

Генезис и география почв

Хитров Н. Б., Горохова И. Н., Панкова Е. И. Дистанционная диагностика содержания карбонатов в орошаемых почвах сухостепной зоны Волгоградской области // Почвоведение. 2021. № 6. С. 657-674. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21060071>

Представлено пространственное распределение карбонатов кальция (CaCO_3) в поверхностном слое и их профильное распределение в орошаемых почвах двух ключевых участков Светлоярской оросительной системы Волгоградской области. Ключевые участки находятся в разных природных районах сухостепной зоны: на возвышенности Ергени и Прикаспийской низменности. Поля на обоих участках имеют пятнистый рисунок на космических снимках как открытой поверхности почвы, так и растительного покрова. Одной из главных причин пятнистого изображения является разное содержание карбонатов в поверхностном слое почвы. Установлено два механизма появления карбонатов возле поверхности орошаемых почв. Первый – срезка почв выпуклых участков микро- и мезорельефа при планировке полей во время строительства оросительной системы с обнажением карбонатных горизонтов средней части почвенного профиля и перемещением срезанного материала, включающего карбонаты, на соседние ареалы. Второй – восходящее подтягивание почвенных растворов в поверхностный слой с осаждением карбонатов при длительном периоде орошения в сухом жарком климате. Совместное использование данных дистанционного зондирования и наземного полевого обследования почв вдоль трансект, пересекающих ареалы с разной пятнистостью и спектральной яркостью на снимках, позволяет выявлять почвы с разным содержанием карбонатов в пахотном горизонте почв.

Ключевые слова: пятнистость орошаемых полей, космические снимки, содержание карбонатов кальция

Химия почв

Гречищева Н. Ю., Ярославцева Н. В., Котельникова А. Д., Остах О. С., Холодов В. А., Заворотный В. Л., Балаба В. Н. Мобилизация почвенного органического вещества ультрапресными водами: его моделирование и оценка влияния на подвижность тяжелых металлов // Почвоведение. 2021. № 6. С. 675-685. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21060058>

Разработаны подходы и проведены эксперименты по мобилизации органического вещества почв в условиях промывки ультрапресными водами на фоне пульсации солевого режима. Эксперименты осуществляли с незагрязненными и искусственно загрязненными Cu(II) почвами: черноземом типичным тяжелосуглинистым (Haplic Chernozem) Центрально-Черноземного государственного биосферного заповедника им. В.В. Алехина Курской области и дерново-подзолистой легкосуглинистой почвой (Albic Glossic Retisol (Loamic, Cutanic, Ochric)) Московской области. Пробы отбирали из верхнего гумусово-аккумулятивного горизонта (A1) на глубине 5–15 см. Показано, что при резком изменении состава промывного раствора с ультрапресного на 0.1 М NaCl и вновь на ультрапресный происходит разрушение почвенных агрегатов под действием осмотического давления. При этом структура дерново-подзолистой почвы более устойчива к разрушению по сравнению с черноземом типичным. Вымывание Cu(II) из почв связано с потоком растворенного органического вещества в случае дерново-подзолистой почвы, а в случае чернозема типичного – с разрушением агрегатов и высвобождением внутриагрегатного органического вещества. Показано, что при построении миграционных моделей Cu(II) для дерново-подзолистой почвы необходимо учитывать количество растворенного органического вещества, в то время как для типичных черноземов – содержание ароматических фрагментов в его структуре. Предложена модель выноса Cu(II) из загрязненных дерново-подзолистых почв и типичных черноземов в условиях промывки ультрапресными водами при пульсации солевого режима на фоне разрушения структуры.

Ключевые слова: почвенные агрегаты, осмотическое давление, солевой режим, колоночные

Артемьева З. С., Данченко Н. Н., Зазовская Э. П., Колягин Ю. Г., Кириллова Н. П., Когут Б. М. Изотопный состав и химическая структура органического вещества типичного чернозема в условиях контрастного землепользования // Почвоведение. 2021. № 6. С. 686-700.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X21060034>

Представлены данные по изотопному составу углерода и химической структуре разных пулов органического вещества (ОВ) типичного чернозема в контрастных вариантах землепользования (степь и длительный чистый пар). Прослежена последовательность разложения ОВ в почвах. Выявлено, что в целинных черноземах под степью при продвижении от свободного к агрегированному ОВ фиксируются изменения химической структуры, характерные для начальных стадий разложения: увеличивается степень ароматичности и гидрофобности ОВ, а также степень его микробиологической переработки. Продукты микробного разложения агрегированного ОВ адсорбируются на глинистых частицах илстой фракции. Они имеют выраженную алифатическую природу со значительным вкладом длинноцепочечных алкилов. ОВ ила характеризуется наибольшей степенью разложенности и максимальным вкладом полипептидов, что согласуется с наибольшей концентрацией ^{13}C среди всех исследованных пулов ОВ. Химическая структура фракции остатка аналогична таковой илстой фракции, обогащена короткоцепочечными алкилами. Практически полное отсутствие поступления свежего органического материала в почву в течение длительного функционирования в режиме чистого пара вызывает резкое увеличение степени микробной переработки имеющегося в почве органического материала во всех исследованных пулах ОВ, что подтверждается “утяжелением” их изотопного состава. Уменьшается количество наиболее легкодоступных и энергетически привлекательных для микробного сообщества фрагментов органического материала (O-Alk), увеличивается степень его разложенности и гидрофобности. Увеличение доли ароматических фрагментов и степени ароматичности ОВ свидетельствует о селективном накоплении химически наиболее устойчивых ароматических соединений. Ключевые слова: грануло-денсиметрическое фракционирование, $\delta^{13}\text{C}$, ^{13}C ЯМР спектроскопия, средний диаметр илстых частиц
<https://doi.org/10.31857/S0032180X21060034>

B. Miloš, A. Bensa The copper content in soil of olive orchards from Dalmatia, Croatia // Eurasian Soil Science. 2021. № 6. **опубликована только в английской версии**

Abstract - The goals of this study were to determine the concentrations of Cu in the soil of olive orchards grown on the Terra rossa and to examine how close the Cu concentration is to contamination limits defined by different soil quality standards. A total of 40 composite topsoil (0-25 cm) samples were collected in the traditional dry farming and highly fragmented olive orchards that covered an area of 3200 ha and located in the Middle Dalmatia, Croatia. The aqua regia Cu concentration was determined by ICP-OES; and basic soil properties (pH, carbonates, SOC, and particle size distribution), by standard analytical procedures. The mean value of Cu concentration of 68.4 mg kg^{-1} was more than twice as high as the mean values of the naturally occurring concentration of Cu in the Terra rossa soil. High mean value and a wide range of copper in the soil ($33.8\text{--}250 \text{ mg kg}^{-1}$) are due to the long-lasting application of Cu-based fungicides related to the fact that the olive growing area and vines overlap. The Cu contamination risk assessment in olive orchards was calculated by comparing the detected concentrations of Cu with the soil quality standards prescribed by the Finnish Decree and Croatian Ordinance and using the threshold value of the regional background data on Cu concentration in Terra rossa soil. According to the Finnish Decree, in 7.5% of cases, Cu concentration in soils exceeded the threshold limit of 100 mg kg^{-1} , which indicates the need for further assessment of the potential contamination of the area. In 7.5% of cases, Cu exceeded the critical limit of 150 mg kg^{-1} that presents an ecological risk. By applying the Croatian Ordinance, in 10% of cases, the concentration of Cu exceeded the maximum admissible concentration of 120 mg kg^{-1} , so that the soil can be considered contaminated and unsuitable for agriculture. The regional threshold value for the background concentration of Cu in the Terra rossa soil amounted to 55 mg kg^{-1} , and its use in 47.5% of

cases indicates the need for further assessment of the potential contamination in the area. The presented results showed significant differences between national soil guideline values (SGVs) and the regional threshold value for Cu and confirmed the fact that there is no general and accurate reference method for soil contamination assessment that can be applied at all sites. The use of threshold values derived for a particular soil type that dominates in a given area would be more reliable than the national soil quality standards. Research has pointed to the problem of soil contamination with Cu under olive orchards and has highlighted the need for studying the given issue in the areas, where olives share space with vines, and in particular, where mixed or consociate cropping system is present.

Keywords: contamination risk assessment, soil guideline value, threshold value, Terra rossa soil

Соколов Д. А., Морозов С. В., Абакумов Е. В., Андроханов В. А. Полициклические ароматические углеводороды в почвах отвалов антрацитовых месторождений Сибири // Почвоведение. 2021. № 6. С. 701-714. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21060125>

Оценены показатели, характеризующие содержание и состав 19-ти приоритетных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в почвах (Spolic Technosol) и почвообразующих породах отвалов Горловского антрацитового месторождения (Новосибирская область). Показано, что содержание полиаренов в исследуемых почвах варьирует в широких пределах (от 100 до 74622 нг/г). Отсутствие статистически значимых связей между концентрацией ПАУ и содержанием углерода и физической глины в исследуемых почвах указывает на специфические процессы образования ПАУ при трансформации углей почвообразующих пород. Результатом этих процессов является формирование на поверхности отвалов специфических техногенных образований – “битумных озер”. Содержание полиаренов в них может достигать до 864.4 мг/г. Использование кластерного анализа позволило сгруппировать исследуемые объекты в зависимости от специфики процессов трансформации органического вещества в почвах (при использовании индекса Жаккара метод одиночной связи), а также выделить те из них, в которых происходит хемогенное преобразование углистых частиц (при использовании метода Варда). Результаты анализа главных компонент показывают, что наиболее тесную положительную связь с первой компонентой имеет фенантрен, а также 5–6-ядерные соединения. Вторая компонента надежно коррелирует с флуорантеном, нафталином, антраценом и пиреном. По результатам анализа главных компонент установлено, что для оценки степени хемогенной преобразованности угля в почвах антрацитовых месторождений наиболее перспективным представляется отношение $\text{Phe}/(\text{Phe} + \text{Chr})$.

Ключевые слова: почвы техногенных ландшафтов, отвалы угольных месторождений, кластерный анализ, метод главных компонент, эмбриоземы, Spolic Technosol

Физика почв

Терлеев В. В., Гиневский Р. С., Лазарев В. А., Топаж А. Г., Дунаева Е. А. Функциональное представление водоудерживающей способности и относительной гидравлической проводимости почвы с учетом гистерезиса // Почвоведение. 2021. № 6. С. 715-724. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21060149>

Целью исследования является моделирование водоудерживающей способности и относительной гидравлической проводимости почвы как капиллярно-пористой среды, а также верификация предлагаемых моделей в сравнении с наиболее известными мировыми аналогами. Указанная цель достигается решением следующих задач: 1) описанием гидрофизических свойств почвы в виде трех систем функций с соответствующими наборами общих параметров; 2) верификацией этих систем путем оценивания относительной гидравлической проводимости, а также сканирующих ветвей водоудерживающей способности с использованием параметров, идентифицированных по данным из

литературного источника о главных ветвях гистерезиса водоудерживающей способности опесчаненного суглинка; 3) применением равенства значений экспоненциального параметра в вычислениях ветвей иссушения и увлажнения гистерезиса водоудерживающей способности почвы для устранения нежелательного искусственного “эффекта помпы”; 4) исследованием влияния аддитивного параметра на погрешности точечной аппроксимации данных о главных ветвях водоудерживающей способности, а также на погрешности оценок относительной гидравлической проводимости и сканирующих ветвей гистерезиса водоудерживающей способности почвы, а также 5) выявлением достоверных различий между погрешностями этих оценок по критерию Вильямса–Клута для выбора лучшей системы функций. В поисках решения проблем точного ирригационного земледелия, таких как прогнозирование влагообеспеченности сельскохозяйственных культур и расчет прецизионных норм орошения, применение предлагаемых авторами моделей представляется наиболее предпочтительным.

Ключевые слова: математическая модель, точечная аппроксимация, “эффект помпы”, гидрофизические свойства почвы

Биология почв

Корнейкова М. В., Никитин Д. А. Качественные и количественные характеристики почвенного микробиома в зоне воздействия выбросов Кандалакшского алюминиевого завода // Почвоведение. 2021. № 6. С. 725-734. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21060083>

Проведена оценка величины биомассы прокариот и грибов методом люминесцентной микроскопии, определено содержание копий рибосомальных генов микроорганизмов методом реал-тайм ПЦР, изучено таксономическое разнообразие культивируемых микромицетов в Al–Fe-гумусовых подзолах на песчаной морене (Albic Podzols) на разном расстоянии от Кандалакшского алюминиевого завода, расположенного на Кольском полуострове. В почве всех участков наибольшее количество копий рибосомальных генов выявлено для бактерий ($4.3 \times 10^{10} \dots 10.3 \times 10^{10}$ копий/г почвы). Для грибов и архей их количество изменялось в пределах $0.4 \times 10^{10} \dots 3.1 \times 10^{10}$ копий генов/г почвы. Отмечено существенное увеличение биомассы актиномицетов вблизи завода, тогда как биомасса бактерий и грибов практически не изменилась на разном расстоянии от источника выбросов. Мицелий и споры грибов преимущественно представлены мелкими формами диаметром 2–3 мкм. На сильнозагрязненном участке (8 км от завода) доля спор составила более половины суммарной биомассы грибов и количество крупных спор было максимальным (33.6%). Длина грибного мицелия изменялась от 92.3 до 206.3 м/г, при этом закономерностей в его распределении по градиенту загрязнения не выявлено. Отмечено сокращение разнообразия почвенных микромицетов на уровне родов и вышестоящих таксонов по градиенту загрязнения выбросами завода. Выявлена смена структуры сообществ с полидоминантной (фоновый участок) на монодоминантную (вблизи завода). *Penicillium spinulosum* доминировал на всех загрязненных участках в 15 км зоне. На фоновом участке, кроме вышеуказанного вида, к доминирующим относились *Trichoderma koningii*, *P. implicatum* и группа грибов со стерильным мицелием.

Ключевые слова: Кольский полуостров, прокариоты, грибы, биомасса, количественная реал-тайм ПЦР

Макаров М. И., Кадулин М. С., Малышева Т. И. Изотопный состав азота микробной биомассы почв альпийских и тундровых экосистем // Почвоведение. 2021. № 6. С. 735-746. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21060101>

Формирование изотопного состава азота микробной биомассы почв ($\delta^{15}\text{N}_{\text{микр}}$) связано с процессами трансформации соединений азота, определяющими изотопный состав элемента в разных азотсодержащих соединениях, и с балансом доступности углерода и азота для микроорганизмов. Изучена зависимость $\delta^{15}\text{N}_{\text{микр}}$ от изотопного состава азота в субстрате ($\delta^{15}\text{N}_{\text{общего}}$ и экстрагируемого азота), а также зависимость $\delta^{15}\text{N}_{\text{микр}}$ и ^{15}N -обогащения микробной биомассы ($\Delta^{15}\text{N}_{\text{микр}} = \delta^{15}\text{N}_{\text{микр}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{субстр}}$) от показателей доступности азота (соотношение C/N в почве, активность N-минерализации,

концентрация экстрагируемого азота и эффективность использования азота) в почвах четырех экосистем альпийского пояса Северного Кавказа и четырех экосистем тундрового пояса Хибин. Показано, что величина $\delta^{15}\text{N}_{\text{микр}}$ варьирует от -0.2 до $+8.4\%$ и может характеризоваться как ^{15}N -обогащением, так и обеднением (отрицательные значения $\Delta^{15}\text{N}_{\text{микр}}$) относительно общего и экстрагируемого азота почвы. Как правило, $\Delta^{15}\text{N}_{\text{микр}}$ составляет $1.5\text{--}3.1\%$ относительно $\text{N}_{\text{общ}}$ и $0.6\text{--}4.8\%$ относительно $\text{N}_{\text{экстр}}$. Однако в наиболее N-дефицитных условиях в почвах горно-тундровых лишайниковых и кустарничковых пустошей $\text{N}_{\text{микр}}$ не накапливает повышенное количество изотопа ^{15}N . Величины $\delta^{15}\text{N}_{\text{микр}}$ и $\Delta^{15}\text{N}_{\text{микр}}$ не показали тесной связи с соотношением C/N. Гораздо лучше аккумуляция тяжелого изотопа азота в микробной биомассе связана с N-минерализацией (положительно) и эффективностью использования азота (отрицательно). Это свидетельствует о роли микробной диссимиляции азота в контроле изотопного состава азота микробной биомассы почв.

Ключевые слова: ^{15}N -обогащение, микробная биомасса, ассимиляция-диссимиляция азота, фракционирование изотопов, N-минерализация, эффективность использования азота

Минералогия и микроморфология почв

M.F. Alvarez, R. M. Poch, M. Osterrieth Bioporosity in thin sections of Luvisc Phaeozems of Southeast of Buenos Aires, Argentina, and its possible role as an indicator of soil quality. An micromorphological approach // Eurasian Soil Science. 2021. № 6 **опубликована только в английской версии**

Abstract—Soil micromorphology, by means of the description and analysis of soil thin sections, provides information about soil microstructure, which includes, among other features, morphological data on the aggregates and the porosity derived from structure formation. Soil porosity may be due to both abiotic factors and biological activity (biopores). The aim of this study is to validate a methodology for the quantification of bioporosity in thin sections of Luvisc Phaeozems of Argentina, for its use as soil quality indicator. Soil samples were taken from the surface horizon in plots with different uses: reserve (R), agricultural (A), *Eucalyptus globulus* forest plantation (E), and *Pinus radiata* forest plantation (P). In each site, bulk density, penetration resistance, structural stability, organic matter, and pH were determined. Three undisturbed samples were taken, impregnated with resin, and treated using routine techniques to obtain soil thin sections. Volume percentages of total porosity and biopores were determined in the thin sections using two methodologies (*I*: irregular polygon on the outline of the biopore and *II*: point counting), in order to obtain an estimation of the biological activity under the different land uses. Plots R, E, and P showed greater porosity and higher bioturbation compared to plot A. In addition, the percentage of biopores in soils of R, E, and P plots reaches almost 80% of the total porosity, while in soil of plot A plot, it is two times lower (40%). This indicates greater biological activity in the natural and forested plots as compared with the cultivated plot. This activity is linked to the high content of organic matter, high structural stability, low bulk density, and low penetration resistance. These results show that the estimation of the bioturbated volume would be a good indicator of soil quality and, in addition, the methodologies used in this study constitute an easy-to-use tool for the determination of bioporosity in soil. However, methodology *II* is preferred, because it requires a shorter time of image edition.

Keywords: porous system, biological activity, bioturbation, micromorphology, structure degradation, soil quality

Деградация, восстановление и охрана почв

LIU Lian, YANG Shuai-bin Characteristics and sources of black carbon and organic carbon in topsoil from different functional zones of Beijing, China // Eurasian Soil Science. 2021. № 6. **опубликована только в английской версии**

Abstract—Considering human activities are the most direct and important factors leading to the accumulation and loss of soil black carbon (BC), a detailed understanding of soil BC in different functional zones and reasonable soil management are the keys to determine whether soil is the carbon source or carbon sink. In this study, carbon concentrations and isotope compositions of black carbon (BC%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{BC}}$) and organic carbon (OC,

$\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$) were determined in topsoil from different functional zones (roadside grass verges, parks, residential areas, mines, arable lands, woodlands and wastelands) in urban and suburban of Beijing, China. The organic carbon (OC) content in soils of the urban area (averaging 1.67%) is higher than in suburban areas (averaging 1.05%). Black carbon is not evenly distributed across different functional zones, but is more concentrated and variable in urban areas (0.11–2.43%, averaging 0.73%) than in suburban areas (0.03–0.70%, averaging 0.18%). The ratios of BC% to OC% in suburban areas (0.04–0.40) are smaller than in urban areas (0.15–0.98). The $\delta^{13}\text{C}_{\text{BC}}$ of topsoil (–26.35...–20.85‰) reflects that coal combustion has a strong impact on soil BC accumulation in Beijing. The carbon isotope differences between OC and BC of the suburban and urban topsoils are positive (averaging +0.56‰) and negative (averaging –0.41‰), respectively. This suggests that urban areas are seriously influenced by human activities which lead to a large amount of fossil fuel combustion, but suburban areas have received a uniform deposition of atmospherically transported finer BC aerosols.

Keywords: biomass burning, fossil fuel burning, urban, suburban

М. Л. Бурдуковский*, В. И. Голов, П. А. Перепелкина, И. В. Киселева, Я.О. Тимофеева Агрогенные и постагрогенные изменения запасов углерода и физических свойств подбелов темногумусовых // Почвоведение. 2021. № 6. С. 747-756. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21060046>

Представлены результаты изучения изменений физических свойств и запасов углерода в темногумусовых подбелах (Luvic Albic Mollic Planosols (Epiloamic, Endoclayic, Aric)) в ходе длительного сельскохозяйственного использования и постагрогенного развития. Работа проведена на стационарном полевом опыте ФНЦ Агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки (Приморский край) в вариантах: контроль, минеральные удобрения, минеральные удобрения с одновременным использованием навоза и извести, а также на залежных участках 15, 20, и 35-летнего возраста. Установлено, что длительное использование минеральных удобрений способствует увеличению плотности пахотного горизонта почвы. Совместное использование органо-минеральных удобрений и извести благоприятно отразилось на плотности почвы и ее структурных характеристиках. При изъятии почвы из сельскохозяйственного использования происходит восстановление ее естественной структуры. В бывшем пахотном слое залежных участков увеличивается количество агрономически ценных агрегатов, уменьшается их средневзвешенный диаметр. В первые годы после вывода полей из сельскохозяйственного оборота в верхнем слое почвы уменьшается содержание и запасы углерода. С увеличением возраста залежи происходит устойчивое накопление почвенного углерода в толще 0–50 см.

Ключевые слова: полевой опыт, удобрения, постагрогенные почвы, структура почвы, темногумусовые подбелы (Luvisols)

Wei Hu, Xingyu Zhai, Shuli Du, Xingyi Zhang Impacts of Slope and Longitudinal Ridge on Soil Organic Carbon Dynamics in the Typical Mollisols Sloping Farmland (China) // Eurasian Soil Science. 2021. № 6.

опубликована только в английской версии

Abstract–Soil organic carbon (SOC) plays an important role in preserving soil fertility. Assessing how topographic factors (slope gradient, slope length, slope shape, and slope position) and their interactions influence the SOC dynamics in the surface soil of longitudinal ridges of sloping farmland is very important for Mollisols protection in Northeast China. The SOC contents and variations were quantified within classes of topographic factors. A total of 39 soil samples were collected at the same sampling points in 13 typical Mollisol sloping farmland in 2004 and 2016. The results indicated that the average annual decrease rate of SOC from 2004 to 2016 was 5.64‰. The SOC stocks were significantly affected by slope gradient, slope length, and slope shape, but only affected by the interaction between slope gradient and slope position. In addition, the SOC stocks decreased with increasing slope gradient ($p < 0.05$). The variation in SOC stocks during 12 years showed a decreasing trend with increasing slope length ($p < 0.05$). The straight slopes had higher variation in SOC stocks than concave and convex slopes ($p > 0.05$); the footslope had higher SOC content than the upper and middle

slope ($p > 0.05$), corresponding to the soil erosion and deposition along the slope. Our findings could offer suggestions for future landscape management.

Keywords: soil organic carbon; slope gradient; slope length; longitudinal ridge tillage; the Mollisols sloping farmland

Терехова В. А., Прудникова Е. Ю., Кирюшин А. В., Карпухин А. И., Плеханова И. О., Якименко В. Н. Фитотоксичность тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности // Почвоведение. 2021. № 6. С. 757-768. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21060137>

Сравнительные исследования воздействия тяжелых металлов (ТМ: Cu 660 + Zn 1100 + Pb 650 мг/кг) на агродерново-подзолистые почвы (Albic Retisols (Loamic, Aric, Cutanic, Ochric)) двух полей (Чашниково, Московская область) разной степени окультуренности с разным содержанием органического углерода (Сорг 3.86 и 1.30%) проведены по показателям острой и хронической фитотоксичности. Установлено, что при одинаковом уровне полиметаллического загрязнения отклики тест-растений на присутствие высоких концентраций ТМ и потенциальных ремедиантов (лигногумата и биоугля) в почвах одного типа с разным содержанием Сорг заметно различаются по ростовым параметрам и накоплению металлов в фитомассе. Загрязнение ТМ слабоокультуренной почвы привело к полной гибели растений в вегетационном опыте, тогда как в сильноокультуренной растения продолжительно развивались до стадии цветения с незначительными отклонениями от контроля. Приведены экспериментальные данные по валовому составу и содержанию водорастворимых форм токсикантов и биофильных элементов в исследованных почвах. Методом главных компонент выявлены взаимосвязи между химическим составом почв и результатами фитотестов. Обсуждается необходимость коррекции нормативов ориентировочно допустимого содержания ТМ для дерново-подзолистых почв с включением градаций содержания Сорг помимо рН и гранулометрического состава.

Ключевые слова: экологическая оценка почв, биотестирование, органический углерод, полиметаллическое загрязнение, нормирование, лигногумат, биоуголь, биодоступность, медь, цинк, свинец