

### Генезис и география почв

А. Э. Сверчкова, О. С. Хохлова, А. О. Макеев, Е. Н. Асеева, П.Г. Куст, Т. Н. Мякшина, И. А. Козмирчук  
Георхеологический анализ почв и земляных конструкций крупного кургана бронзового века, Краснодарский край // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1303-1326.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X23600129>

Изучен хроноряд палеопочв, погребенных под разновозрастными конструкциями крупного ( $h - 3.5$  м,  $d - 74$  м) кургана Шумный в Краснодарском крае. Курган сооружен представителями катакомбной (4800–4200 л. н. или XXVIII–XXII вв. до н. э.) и срубной (3500–3000 л. н. или XV–X вв. до н. э.) культур бронзового века. В кургане выявлено пять конструкций, сооруженных из местных почв и антропогенных примесей, при этом каждая из последующих перекрывала предыдущую и выходила за ее пределы, погребая все новое пространство; под каждой конструкцией изучена погребенная почва. За время строительства кургана (4800–3000 л. н. или XXVIII–X вв. до н. э.) в почвах увеличилось содержание органического углерода и показатели магнитной восприимчивости, уменьшились степень нарушенности профиля землероями, сократилось содержание карбонатов и обменного натрия в составе обменных оснований. Такая же направленность изменений морфологических, а также основных физико-химических свойств обнаружена и в материалах курганных конструкций, от ранней к поздней. Почвы, использованные для возведения разновозрастных конструкций кургана, имели разные свойства на момент сооружения той или иной конструкции и собирались с существенно большей, чем занимает курган, площади, что повышает достоверность проведенных исследований. На основе анализа свойств погребенных почв и материалов конструкций предложена схема изменения климатических условий за период строительства кургана: от раннекатакомбного к срубному времени – увеличилось атмосферное увлажнение и снизилась среднегодовая температура. Для погребенных почв проведен палинологический анализ, который независимо от палеопочвенных данных подтверждает выводы об изменениях климата. На основе морфологических и аналитических исследований раннекатакомбное время дополнительно охарактеризовано как аридное. Такие климатические условия привели к растрескиванию, дегумификации и окарбоначиванию верхних горизонтов палеопочв в финале этого времени. Техничко-технологические приемы, использованные при строительстве кургана, включали трамбовку земляного материала в сухом и влажном виде, грубое замешивание, добавление речного ила, углей и костей.

Ключевые слова: эволюция почв, реконструкция климата, погребенные почвы бронзового века, микроморфология почв, курганные конструкции, палинология

Н. А. Аветов, Е. А. Шишконокова Сфагновый очес – важнейший генетический горизонт в профиле торфяных почв бореальных болот // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1327-1339.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X23600622>

Торфяные почвы таежной зоны Западной Сибири исторически относительно слабо изучены. В диагностике торфяных почв вопрос о принадлежности горизонта сфагнового очеса к почвенному профилю, а также о выделении его нижней границы остается не решенным. В Международной классификации WRB и классификации почв России сфагновый очес рассматривается в качестве напочвенного растительного покрова, в то время как в советской классификации он считается составной частью почвенного профиля. Последней из приведенных точек зрения придерживается и большинство российских исследователей-болотоведов. С использованием материала, полученного при изучении торфяных почв в бассейне р. Казым (правый приток Оби, подзона северной тайги, Западная Сибирь), проведена сравнительная характеристика горизонта сфагнового очеса (0–20 см) и подстилающего его торфяного горизонта (20–50 см) по трем параметрам: ботаническому составу торфа, степени его разложения и окраске торфяной почвы. Все почвы дифференцированы на горизонт очеса и торфяной горизонт хотя бы по одному параметру (5% профилей), но в 71% случаев – по трем. Степень дифференциации профиля на два горизонта имеет тенденцию к увеличению в ряду почв, формирующихся в олиготрофных сосново-кустарничково-сфагновых, олиготрофных комплексных

грядово-мочажинных и мезотрофных биогеоценозах. В подавляющем большинстве торфяных олиготрофных почв переход от горизонта очеса к торфяному горизонту имеет постепенный характер, не позволяющий воспроизводимо оценить положение границы в почвенном профиле. Предлагается установить фиксированную мощность очеса в 20 см, отнеся его к поверхностному горизонту торфяной почвы.

Ключевые слова: диагностика торфяных горизонтов, граница почвенного горизонта, болота Западной Сибири, классификация почв, Histosols

И. Н. Горохова, Н. Б. Хитров Распознавание каменистых, песчаных и карбонатных с поверхности почв на юге Приволжской возвышенности (Волгоградская область) по космическим снимкам // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1340-1356. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600609>

Исследовали почвы Волго-Донской оросительной системы, в пределах опытной станции “Орошаемая”. Распознавание проводили по спектральной яркости космического изображения (Pleiades) открытой поверхности почв в 4 каналах, из которых наиболее ранжированные значения отмечены в канале В1 (0.43–0.55 мкм). Изучены три катены, вдоль которых получена полевая информация о почвах. Установлено, что наибольшую яркость (В1) создают разбросанные по поверхности камни, щебень и песок (970–1100 ед.). Далее следуют поверхностно-вскипающие почвы с сильнощебнистыми породами на глубине около 1.5 м и супесчаные почвы (710–830 ед.), вскипающие с поверхности почвы на пестрых суглинках и песках около полуметра (до 700 ед.), а также поверхностно-карбонатные почвы, где пестрые суглинки и пески расположены глубоко (более 70 см), или наблюдается отсутствие карбонатного материала в поверхностных горизонтах, с яркостью 560–670 ед. Использование такого подхода позволит более детально проводить распознавание почв по материалам космических съемок и разделять поверхностно-каменистые и песчаные почвы от поверхностно-карбонатных почв, отображающихся на снимках похожей пятнистой неоднородностью, но отличающихся спектральной яркостью.

Ключевые слова: космическое изображение, спектральная яркость, почвенно-геоморфологический профиль, спектральный профиль, каменистость почв, карбонатность почв, открытая поверхность почвы

### **Химия почв**

Чинилин А.В., Виндекер Г.В., Савин И.Ю Vis-NIR спектроскопия для целей оценки содержания органического углерода почв (метаанализ) // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1357-1370. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600695>

Выполнен обзор и метаанализ научных статей, посвященных оценке содержания органического углерода почв с применением подходов Vis-NIR спектроскопии. В обзор вошло 134 исследования, опубликованных в период с 1986 по 2022 гг. с общей выборкой в 709 значений количественных метрик. Поиск статей проводили в научных поисковых системах: РИНЦ, Science Direct, Scopus, Google Scholar по ключевым словосочетаниям: “спектроскопия почв” и “Vis-NIR spectroscopy AND soil organic carbon”. В процессе метаанализа при помощи непараметрического одностороннего дисперсионного анализа Краскела–Уоллиса в совокупности с непараметрическим методом попарного сравнения выполняли определение наличия статистически значимой разницы между медианными значениями принятых количественных метрик предсказательной силы моделей (коэффициента детерминации, корня среднеквадратичной оценки (RMSE) и отношения производительности к отклонению (performance to deviation, RPD)). В результате выявлена наилучшая эффективность метода предварительной обработки спектральных кривых. Проведено сравнение результатов оценки содержания органического углерода почв между методом спектроскопии в лаборатории и в полевых условиях.

Ключевые слова: бесконтактное зондирование, прогноз, алгоритмы, калибровка моделей, валидация

И. А. Дубровина, Е. В. Мошкина, А. В. Туюнён, Н. В. Геникова, А. Ю. Карпечко, М. В. Медведева Почвы и пулы углерода на шунгитовых породах Южной Карелии при разных типах землепользования //

Исследованы азональные органо-аккумулятивные почвы на шунгитовых породах и влияние типа землепользования на их свойства и экосистемные запасы углерода. Проанализированы изменения в строении почвенных профилей, основные химические и микробиологические показатели верхних горизонтов, запасы Сорг и Смик почвы в метровом слое и структура углеродных пулов участков. Исследовали сосняк в качестве контроля, пашню, сенокос, а также молодой ольшаник и средневозрастной смешанный лес. В отличие от зональных почв изменение землепользования не ведет к значительной трансформации свойств шунгитовых почв. Наибольшее влияние оказывает удаление камней, способствующее образованию развитых пахотных горизонтов. Для почв характерны высокая скелетность, слабодифференцированный маломощный профиль, низкие значения плотности и близкая к нейтральной реакция среды. Большой разброс значений содержания Сорг от 1.6 до 11.7% обусловлен неоднородным составом почвообразующих пород. Сельскохозяйственное освоение способствует накоплению обменных оснований, подвижных калия и фосфора, содержание которых в шунгитовых почвах повышено изначально. Для всех участков характерна высокая скорость минерализации органического вещества ( $C/N$  не выше 17). В почвах отмечено небольшое содержание Смик (84–245 мг С/кг), что может быть следствием малой доступности субстрата вследствие литогенного происхождения углерода и повышенных концентраций тяжелых металлов и лантаноидов в шунгитовых породах. Запасы органического углерода почв колеблются в пределах 17–251 т С/га, а запасы Смик – в пределах 6–43 г С/м<sup>2</sup>. Общие экосистемные запасы углерода (надземная и подземная фитомасса, дбрис, подстилка и почва) максимальны на сенокосе (259 т С/га) и минимальны в молодом лесу (74 т С/га). Общий запас углерода на участках пашни, средневозрастного и контрольного лесов находится в пределах 169–211 т С/га.

Ключевые слова: изменение землепользования, почвенные функции, запасы углерода, органический углерод почвы, углерод микробной биомассы, органо-аккумулятивные почвы

Zhichao Han, Feifei Wang, Dongxu Liu, Yuting Bai, Yuxin Zhou, Chunmei Sai, and Yunjiang Liang "Spatial Distribution of Different Forms of Soil Phosphorus of a Pingguoli (*Pyrus bretschneideri*) Orchard in Yanji, China," *Eurasian Soil Science*, (), - (). <https://doi.org/10.1134/S1064229323601245>

The distribution of phosphorus in permanent cropping systems such as orchards soil differs from that of other agricultural soils because of the developed root system with a large biomass and long-life cycle of fruit trees. However, our understanding of soil phosphorus in orchards remains poor. This study applied chemical and spectroscopic analyses to compare differences in soil phosphorus between different slope positions and soil horizons of a *Pyrus bretschneideri* orchard. The results suggested that soil phosphorus of the *Pyrus bretschneideri* orchard exceeded that in wasteland. Moderately labile organic phosphorus and orthophosphate are the main forms of soil phosphorus in *Pyrus bretschneideri* orchard and play an important role in phosphorus cycle of *Pyrus bretschneideri* orchard soil, the continuous supplementation of them can meet the phosphorus nutrient needs of *Pyrus bretschneideri* trees. Moreover, *Pyrus bretschneideri* trees mainly obtain nutrients from horizons AB to B, there should be further focus to the depth of 20–80 cm of fertilizer application approximately in Haplic Luvisols. Keywords: 31Phosphorus-Nuclear Magnetic Resonance, Bowman-Cole method, Haplic Luvisols, slope position, soil horizon

Minxia Liu, Jiale Mi, Siyuan Wang, Shirui Xiao, Le Li, and Yindi Xiao "Characteristics of Soil Organic Carbon Distribution in Different Economic Forests in Gangu County, Gansu Province, China," *Eurasian Soil Science*, (), - (). <https://doi.org/10.1134/S1064229323700242>

In this study, five types of economic forest plots were selected as sample plots (*Malus pumila*, *Juglans regia*, *Zanthoxylum bungeanum*, *Prunus persica*, and *Prunus armeniaca*) in Gangu County, Gansu Province, and wasteland was used as a control to investigate the changes of soil organic carbon content in 0–100 cm of different economic forests in Gangu County. The results showed that the soil organic

carbon content of different economic forests in Gangu County ranged from  $12.65 \pm 0.09$ ... $7.20 \pm 0.13$  g/kg in layer 0–10 cm. The soil organic carbon content at 0–100 cm depth ranged from high to low: apple (*Malus pumila*), pepper (*Zanthoxylum bungeanum*), walnut (*Juglans regia*), apricot (*Prunus armeniaca*), peach (*Prunus persica*) and wasteland. The SOC content of the five forest types and the wasteland showed apparent surface aggregation, with the highest SOC content of 17.20 g/kg for *Malus pumila* and the lowest SOC content of 12.65 g/kg for the wasteland in the 0–10 cm surface layer; in the 80–100 cm deep layer, the highest SOC content of 14.90 g/kg for *Juglans regia* and the lowest SOC content of 9.17 g/kg for the wasteland. SOC content was positively correlated ( $p < 0.05$ ,  $n = 126$ ) with soil water content, soil enzyme activity and soil microbial population, and significantly negatively correlated ( $p < 0.05$ ,  $n = 126$ ) with pH and soil bulk density. Overall, the mean value of SOC content in 0–100 cm soils of *Malus pumila* and *Zanthoxylum bungeanum* is higher among the five economic forest species in Gangu County. The mean SOC content of *Malus pumila* and *Zanthoxylum bungeanum* in 100 cm soil is relatively high among the five economic forest species, therefore *Malus pumila* is the preferred choice for economic forest planting in Gangu County, and in the future economic development and ecological restoration practice of Gangu County, it is recommended to plant a mixed forest planting pattern of *Malus pumila* and *Zanthoxylum bungeanum*, which is conducive to improving the potential carbon sink function of economic forests in the area.

Keywords: economic forest vegetation, soil properties, structural equation modeling, Calcic Cambisols

#### Физика почв

М.В. Корнейкова, В.И. Васенев, Н.В. Салтан, М.В. Слуковская, А.С. Сошина, М.С. Заводских, Ю.Л. Сотникова, А.В. Долгих Анализ эмиссии CO<sub>2</sub> городскими почвами в условиях Крайнего Севера // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1385-1399. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600373>

Исследования динамики эмиссии CO<sub>2</sub> ( ) с параллельным наблюдением температуры и влажности почвы проводили в селитебных зонах городов Мурманск и Апатиты (Мурманская область) по сравнению с ненарушенными фоновыми участками с мая по октябрь 2021–2022 гг. Средние городскими почвами составили 5–7 г C/(м<sup>2</sup> сут) в летний период и 1–2 г C/(м<sup>2</sup> сут) в весенний и осенний периоды. Температура была основным абиогенным фактором, определяющим сезонную динамику почвенного дыхания ( $R^2$  от 0.4 до 0.7,  $p < 0.05$ ; температурный коэффициент Q<sub>10</sub> до 2.5), при этом избыточная влажность оказывала лимитирующее воздействие, особенно на фоновых участках. Неоднородность гидротермических условий и содержание биофильных элементов определили различия средней между фоновыми и городскими почвами. Для фоновых почв средняя температура была ниже, а влажность выше, чем для городских участков, что определило наименьшие значения эмиссии. Среди городских почв более высокая была показана для участков с древесно-кустарниковой растительностью. Ключевые слова: урбанизация, Арктика, зеленая инфраструктура, экологические функции почв, сезонная динамика, почвенное дыхание, Albic Podzol, Urbic Technosol

Д. А. Хорошаев, И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гереню Отклик гетеротрофного почвенного дыхания на режим выпадения летних осадков и мощность снежного покрова в условиях умеренно-континентального климата // Почвоведение. 2023. Т. 68. № 11. С. 1400-1418. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600749>

Режим выпадения осадков наряду с температурными условиями являются ключевыми факторами, определяющими скорость разложения органического вещества почв в наземных экосистемах. Цель работы – оценка влияния продолжительности засушливых периодов летом и разной глубины снежного покрова зимой на гетеротрофное дыхание почвы. Исследования проводили в рамках двухлетнего полевого имитационного эксперимента, организованного на серой почве (Haplic Luvisol) в зоне умеренно-континентального климата (южное Подмосковье), включающего 3 варианта: (1) имитация мягких погодных условий с равномерным поливом почвы летом и отсутствием ее промерзания зимой, (2) имитация двух летних сухих периодов продолжительностью 1–2 мес. с естественным режимом снежного покрова, (3) имитация экстремальных погодных условий с одним длительным (~3 мес.) сухим периодом летом и полным удалением снежного покрова зимой. Гетеротрофное дыхание почвы определяли методом закрытых камер на площадках под бессменным черным паром в течение двух лет непрерывного

эксперимента и одного года после его окончания. Медианные значения гетеротрофного почвенного дыхания за весь период эксперимента в трех вышеупомянутых вариантах опыта составили 38, 27 и 19 мг С/(м<sup>2</sup> ч) соответственно. Имитация непродолжительных сухих периодов привела к усилению суммарного гетеротрофного дыхания почвы за период летнего эксперимента на 7–10%, что может быть связано как с циклами высушивания и увлажнения почвы, так и с повышением средней летней температуры 20-сантиметрового почвенного профиля на 1.5°C. Имитация продолжительного сухого периода привела к снижению суммарного гетеротрофного дыхания почвы за тот же период на 12–16% как результат низкой влажности почвы. Промерзание почвы явилось причиной снижения суммарного гетеротрофного дыхания почвы за период зимнего эксперимента на 34–72%. Доля морозного периода (ноябрь–март) в годовом потоке CO<sub>2</sub> из почвы составила 25–34% в варианте, где почва не промерзала, и 14–19% – в вариантах с промерзающей почвой. Сделано заключение, что отсутствие промерзания почвы, вызванное увеличением глубины снежного покрова, привело к более существенному изменению величины годового гетеротрофного дыхания почвы, чем недостаток осадков в летний сезон.

Ключевые слова: эмиссия CO<sub>2</sub> из почвы, засухи, оттепели, температурный режим почвы, промерзание почв, черный пар, экстремальные погодные явления, Haplic Luvisol

Xin Zhang, Baowei Zhao, Hui Liu, Yue Zhao, and Liujun Li "Mechanisms of Sludge Biochar Effects on Thermal Properties of a Loess Soil (Sierozem)," *Eurasian Soil Science*, ( ), - ( ).

<https://doi.org/10.1134/S1064229323600689>

The purpose of this study was to analyze the effects of sludge biochar (BC) application (2, 5, 10, 15% w/w) on the physico-chemical and thermal properties (thermal capacity, thermal conductivity and thermal diffusion) of loess and the mechanism of action. The results showed that the application of BC changed the soil particle size distribution, reduced the soil bulk density, increased the soil total porosity (1.19– 11.51%), organic matter content (10.94–85.02%), saturated water content (1.85–7.15%) and field water capacity (0.09–13.00%), and decreased the soil thermal capacity, thermal conductivity and thermal diffusivity, with an average decreasing amplitude of 2.13, 5.45 and 7.54%, respectively. Soil bulk density and water content (<30%) were positively correlated with soil thermal capacity, thermal diffusivity and thermal conductivity. The mechanisms are mainly that the negative impact of changing soil solid composition and increasing total porosity by biochar with low density and thermal parameter values; and the positive effect of raising water content by improving soil water holding capacity. Sludge biochar shows great potential in soil improvement and can realize sludge sustainable management.

Keywords: bulk density, soil porosity, soil water, thermal capacity, thermal conductivity

A. R. Kacimov, and S. S. Al-Ismaily "Indented Interfaces between Soil Strata: Analytical and HYDRUS2D Modeling of 2-D Seepage Towards a Wedge," *Eurasian Soil Science*, ( ), - ( ).

<https://doi.org/10.1134/S1064229323600707>

Formation of soil horizon boundaries are commonly qualitatively described, their formation and time evolution are rarely quantified by adequate mathematical modeling. In this paper, analytical (using conformal mappings) and numerical (involving HYDRUS2D simulations) methods are employed to model 2D infiltration-induced Darcian flows within a layered fine/coarse soil substrate system featuring a wedged-shaped interface, considering both saturated and unsaturated conditions. Initial-boundary value problems to the Richards (in particular, Laplace's) partial differential equations are set in domains with geometry of interfaces more complex than in regular soil profiles. The patterns of 2D distribution of physical characteristics (streamlines, isobars, velocities, etc.) are found in two variants of such a system (loam/gravelly non-capillary material, loam/sand), with comparison of analytical and numerical models. The novelty of the results is in the analysis of concentrating streamlines with maximum water flow rates and fastest travel time of advected marked particles at the tops of the jagged interface of the soil textures

and the unsaturation of the underlying coarse-dispersed substrates during pressure infiltration of water in such systems. Also, if the soil surface is subject to small infiltration fluxes, the opposite phenomenon of capillary barrier, i.e. diversion of the infiltration flux from the top of the interface of the coarse substratum, is demonstrated in HYDRUS2D simulations. Prediction of morphological variations of SPs with non-horizontal interfaces, which undergo time-factor controlled anthropogenic drivers, is important for theoretical soil hydrophysics and hydrological and soil/geotechnical engineering.

Keywords: horizons boundaries, soil layering, conformal mappings, Zhukovsky's holomorphic function, soil water velocity and travel time

### **Биология почв**

А. В. Богородская, Е. А. Кукавская, О. П. Каленская, Л. В. Буряк Изменение микробиологических и физико-химических свойств почв после пожаров в сосновых и берёзовых лесах центральных районов Забайкальского края // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1418-1436.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X23600245>

Исследованы микробиологические и некоторые физико-химические свойства дерново-подбуров иллювиально-железистых (Entic Rustic Podzols) сосновых и серогумусовых типичных легкосуглинистых почв (Umbrisols) производных березовых лесов центральных районов Забайкальского края. После пожаров в сосновых насаждениях в дерново-подбуровых почвах отмечается уменьшение содержания суммы обменных оснований, валового азота, подвижных соединений калия и фосфора, увеличение соотношения С : N; для березняков характерно увеличение названных показателей и сужение соотношения С : N в профиле серогумусовых типичных почв. Содержание гумуса в верхнем почвенном горизонте снижается только на свежей гари в сосняке после высокоинтенсивного пожара, тогда как на других участках оно увеличилось. Уменьшение кислотности почв отмечено на всех пройденных пожарами участках. Высокоинтенсивные пожары приводят к достоверному снижению содержания микробной биомассы и увеличению базального дыхания, а также к изменению структуры экологотрофических групп микроорганизмов в профиле почв до глубины 10 см минерального горизонта. Низкоинтенсивные пожары затрагивают в основном подстилку. Коэффициент  $qCO_2$  увеличивался в 2–5 раз после пожаров в подстилке и в 1.5–2 раза в гумусовом горизонте только после высокоинтенсивных пожаров. На свежих гарях в сосняках значительно сокращались запасы микробной биомассы и микробная продукция  $CO_2$  до глубины 10 см минеральной части почвенных профилей. На остепненном участке, сформировавшемся после воздействия пожаров в сосняке и в березняке, в гумусовом горизонте запасы углерода микробной биомассы сокращались на 15–20%, а микробная продукция  $CO_2$  увеличивалась на 10–20%. Рассматриваемая послепожарная трансформация структурно-функциональных параметров микробиоценоза почв и снижение на 20–40% суммарных запасов углерода микробной биомассы на всех участках определяют длительный период восстановления почв после пожаров в светлохвойных и лиственных насаждениях центральных районов Забайкальского края.

Ключевые слова: Entic Rustic Podzols, Umbrisols, лесные пожары, микробная биомасса, базальное дыхание,  $qCO_2$

Xue He, Wei Wang, Xiaohui Wang, Bo Zhang, Feng Shi, A. V. Kurakov, and Fuqiang Song "The Potential of Mycorrhizal Fungi to Increase Terrestrial Ecosystem Carbon Sink: a Review," Eurasian Soil Science, ( ), - ().  
<https://doi.org/10.1134/S1064229323601178>

Increasing terrestrial ecosystem carbon sink is an effective way to mitigate the rise of atmospheric carbon dioxide ( $CO_2$ ) concentration and achieve the goal of "carbon neutrality". Mycorrhizal fungi are beneficial microorganisms that can form symbiotic relationships with 90% of plants in terrestrial ecosystems, and the symbiont contributes significantly to soil and plant carbon sink. In the review, we take arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and ectomycorrhizal fungi (EMF), which are the most extensively studied currently, as the narrative objects, and discuss the carbon sink enhancement

potential of mycorrhizal fungi from the following four aspects. The first, mycorrhizal fungi indirectly increase the plant carbon sink by promoting photosynthesis and increasing biomass in the host plant, and this advantage can be maintained even under stressful conditions. The second, the process of carbon source transportation between AMF-plant symbionts and EMF-plant symbionts is described in this paper. The third, review describes that mycorrhizal fungi contribute to soil carbon sink by increasing carbon input as well as decreasing carbon output. The fourth, we point out the shortcomings of the current study and provide a prospect for future research, with the aim to provide theoretical support for increasing terrestrial carbon sink.

**Keywords:** arbuscular mycorrhizal fungi, ectomycorrhizal fungi, plant carbon sink, soil carbon sink

Ya-Qi Fan, Qi Liu, Rui-Xuan Huo, Ya-Nan Wang, Lai-Chun Guo, Zhen-Ping Yang, Ting-Miao Huang, Zhi-Qiang Gao and Yue-Jing Qiao Effects of Nitrogen Addition on Rhizosphere Soil Microbial Community and Yield of Wheat in Loess Plateau // *Eurasian Soil Science*, ( ), - (). <https://doi.org/0.1134/S1064229323600847>

The soil microbial community diversity of wheat rhizosphere was affected by the amount of nitrogen fertilizer. In addition to bacterial community, ammonia-oxidizing archaea, nitrogen-fixing bacteria and denitrifying bacteria also play important roles in nitrogen cycle. At present, the microecological mechanism of its response to nitrogen application is still unclear. In this study, the rhizosphere soil microorganisms of winter wheat were used as the research object. The changes of soil bacteria, ammonia-oxidizing archaea, nitrogen-fixing bacteria and denitrifying bacteria communities under five nitrogen rates of 0 – N(0), 90 – N(6), 180 – N(12), 240 – N(16), 300 – N(20) kg N ha<sup>-2</sup> were studied by high-throughput sequencing technology. Under N(12) treatment, the Alpha diversity index of bacteria, AOA and nifH nitrogen-fixing bacteria and the Shannon and Simpson indices of nirK denitrifying bacteria were significantly increased. N(12) treatment significantly increased the relative abundance of Proteobacteria, but no significant difference was found at the nifH and nirK bacterial phyla levels. Under the high nitrogen treatment of N(16) and N(20), the dominant bacteria of nirK-type denitrifying bacteria increased significantly compared with N(12) treatment, there was no significant difference in microbial community distribution between N(20) and the control group. Therefore, the nitrogen addition under N(12) treatment was most conducive to the absorption and utilization of nitrogen fertilizer by soil microorganisms. The effect of nitrogen addition on microbial community was weaker than that of soil properties and wheat yield, and nitrogen addition was significantly correlated with yield, reaching the highest yield at 300 kg ha<sup>-2</sup>.

**Keywords:** nitrogen fertilizer, winter wheat, functional microbial community, soil properties, Cinnamon soil (Carbonatic, Calcifracic)

### **Минералогия и микроморфология почв**

A. Bakhshi, A. Heidari, M. H. Mohammadi, and E. Ghezelbash "Estimation of Water Retention at Low Matric Suctions Using the Micromorphological Characteristics of Soil Pores," *Eurasian Soil Science*, ( ), ( ). <https://doi.org/10.1134/S1064229323600549>

The objectives of this study were to characterize the soil pore area distribution (SPAD) and estimate the high energy soil-water characteristic curve (SWCC) using the two-dimensional (2D) image analysis method. Totally, 24 undisturbed soil samples taken from different horizons of six soil profiles (from surface to 1 m), were studied for micromorphological and physical characteristics including SWCC. The undisturbed samples were impregnated with a mixture of polyester resin plus fluorescent dye diluted with styrene. To determine the SPAD, the 2D images were analyzed using ImageJ software. The Laplace equation was also used to transform the estimated SPAD to SWCC using the mean equivalent diameter for each pore area class, and the estimated SWCC was compared to the SWCC which had been measured by a pressure plate/membrane apparatus. The results showed that, in matric suctions from 0 to 1000 cm of water column, the 2D image analysis method could determine the quantity of the pores which retain water. The macro-pores had almost circular shapes, while the finer pores exhibited more elliptical shapes and less circularity. The Feret diameter (R) and minimum Feret diameter (r) of the

pores were significantly different from the Feret diameter of a circular cross-section. Therefore, the assumption of circularity of soil pores, which links SWCC to SPAD, could add uncertainty to the obtained results, particularly at high matric suctions resulting from thin pores. More accurate assessment and pore visibility techniques seemed to be necessary for better determination of the soil pores characteristics such as orientation, connectivity, and functioning and the differences in diameter, volume of the pores throughout the pores.

Keywords: soil porosity, 2D image analysis, Laplace equation, pore circularity

### **Агрохимия и плодородие почв**

В.П. Самсонова, Ю.Л. Мешалкина, В.А. Добровольская, М.И. Кондрашкина, С.Е. Дядькина, О.И. Филиппова, Д.Г. Кротов, Т.М. Морозова, П.В. Красильников Исследование неопределенности оценок запасов органического углерода в масштабах угодий // Почвоведение. 2023. № 11. С. 14371449. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600725>

Проведено исследование источников неопределенности оценки запасов органического углерода в слое 0–30 см в масштабах площадки опробования (100 × 100 м), заложенной на дерново-подзолистой окультуренной почве (Albic Glossic Retisol (Aric, Loamic, Ochric)). В эксперименте использовали два способа отбора проб: классический по 10-сантиметровым слоям из прикопок и буром на глубину 0–30 см. Плотность почвы определяли методом Качинского, содержание углерода – методом Тюрина. Часть проб дополнительно проанализировали в Брянском государственном аграрном университете. Оценены неопределенности, связанные с природным варьированием, пробоподготовкой и собственно аналитическим процессом. Аналитическая неопределенность измерения плотности в условиях проведенного эксперимента не зависела от глубины опробования и составляла около 6%. Аналитическая погрешность по методу Тюрина не отличалась в разных лабораториях. Ее вклад составлял 5–9% от общей дисперсии содержания органического углерода почвы на участке. Неопределенность пробоподготовки обуславливала от 11 до 26%, природное варьирование – от 49 до 68% от общей дисперсии соответственно. Определение содержания углерода в пробах, отобранных буром, когда образец отбирается сразу на 0–30 см, выигрывает в уменьшении промежуточных операций и дает сопоставимые результаты по сравнению с послойным отбором почвенных проб.

Ключевые слова: аналитическая погрешность, вклад пробоподготовки, запасы гумуса в условиях воспроизводимости, точность при расчете запасов, доверительный интервал содержания гумуса, дерново-подзолистые почвы

E. L. C. Inovejas, A. F. Waje, Ch. O. Llait, and T. J. Bajas "Delineation of Micronutrient Deficient Zones in Agricultural Soils of Sta. Ignacia, Tarlac," *Eurasian Soil Science*, ( ), - ( ).

<https://doi.org/10.1134/S1064229323600719>

Abstract—Delineation of nutrient-limited zones in agricultural soils is delicate in achieving balanced fertilization and appropriate land management. Due to the lack of detailed information regarding micronutrient availability in Sta. Ignacia, Tarlac, Central Luzon Philippines, a study was conducted to investigate the spatial distribution of Zn, Cu, Fe and Mn in the municipality. Soil test results were subjected to descriptive statistics and geo-analytical technique through best fit semivariogram based on highest coefficient of determination. Then, ordinary kriging was employed using the optimum model to generate spatial variability maps and eventually delineate nutrient limited areas. Micronutrient concentration in the area followed the order Fe > Mn > Cu > Zn with moderate to strong variability. Spatial dependence factors (SDF) were found to be moderate for Zn and Cu, while strong SDF were recorded for Fe and Mn. Zn deficient zones accounting to 2.517 ha were delineated in the extreme northern and southern region of the municipality. Cu deficient zone covering 1.893 ha was delineated at the east-central region of the study area. Meanwhile, no limited zones were delineated for Fe and Mn indicating the relative abundance of these nutrients in Sta. Ignacia, Tarlac. Therefore, interventions to



increase Zn and Cu availability in deficient zones are recommended to further improve crop yields in the municipality.

Keywords: kriging, micronutrient, semivariogram, spatial variability, Inceptisols

### **Деградация, восстановление и охрана почв**

Замотаев И.В., Грачева Р.Г., Конопляникова Ю.В., Долгих А.В. Карелин Д.В. Белоновская Е.А. Добрянский А.С., Михеев П.В. Почвообразование на отходах сахарной промышленности в Центральном Черноземье // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1450-1471. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2360052X>

Исследовали почвы, формирующиеся на очистных сооружениях сахарных заводов в лесостепной зоне Курской области. Рассмотрены техногенные факторы почвообразования, связанные с производственной свеклосахарной деятельностью, и посттехногенные процессы, действующие в периоды дренирования карт и при забрасывании очистных сооружений. Чередование карт (прудов-отстойников, чеков) и разделяющих их земляных валов определяет своеобразный ячеистый рисунок почвенного покрова. Режим поступления и спуска сточных вод, их состав, а также длительность забрасывания карт обуславливают специфику почв, формирующихся в днищах карт. В действующих картах при периодическом воздействии сточных вод в смеси с другими отходами развиваются перегнойно-гумусовые квазиглеевые арти-стратифицированные почвы. При забрасывании карт с предварительно удаленным известковым осадком сточных вод (дефекатом) при наличии верховодки за 30 лет формируются перегнойно-темногумусовые квазиглеевые почвы, а в условиях переменновлажного режима увлажнения за 40 лет формируются черноземы квазиглеевые зоотурбированные. В заброшенных картах с сохранившимся дефекатом почвообразование за 20 лет заметно охватывает только верхние 10–15 см; ниже сохраняются свойства слоистого осадка. Здесь выделены темногумусовые техногенные арти-стратифицированные почвы на артифимострате. На валах, сложенных смешанным материалом исходных почв и лёссовидных суглинков, через 50–60 лет формируются темногумусовые типичные почвы; а на валах, перекрытых известковым осадком, выделены пелоземы гумусовые на артииндустрате, в которых материал осадка сохраняется практически неизменным. Почвы полей фильтрации щелочные и сильнощелочные, обогащены органическим веществом, карбонатами, фосфатами, питательными элементами и некоторыми тяжелыми металлами, поступающими из сточных вод. По сочетанию свойств и признаков почвы очистных сооружений сахарной индустрии не имеют прямых природных аналогов в Центральном Черноземье и являются ярким примером почв, развивающихся в экстремальных условиях “избытка ресурса”.

Ключевые слова: техногенез, сточные воды, поля фильтрации, педогенные новообразования, Cambisols, Gleysols, Technosols

Т. А. Парамонова, Г. М. Черногаева Н. Н. Лукьянова, М. С. Парамонов Тяжелые металлы в городских почвах Приволжского федерального округа: сопряженный анализ официальных данных // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1472-1488. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600300>

На основании сопряженного анализа официальных данных Росгидромета по содержанию приоритетных тяжелых металлов (Cd, Pb, Zn, Cu, Ni) в почвах 23 городов Приволжского Федерального округа, а также данных Росстата по социально-экономическим показателям муниципальных образований оценены эколого-геохимические характеристики городских почв (Urbic Technosols). С помощью многомерных статистических анализов (кластерного и факторного) были выявлены возможные связи параметров загрязнения почв с урбанистическими особенностями населенных пунктов. Для почв большинства городов региона со среднестатистическими социально-экономическими показателями установлены допустимые уровни накопления Cd, Pb, Zn и Cu, которые по средним значениям концентраций близки к кларкам городских почв России. В малых и средних городах Республики Башкортостан фиксируются превышения ОДК Ni в урбопочвах, что отражает наличие в восточной части Приволжского Федерального округа региональной геохимической аномалии природного и антропогенного характера, однако взаимосвязей никелевого загрязнения с социально-экономическими показателями населенных

пунктов не выявляется. Умеренно-опасный уровень комплексного загрязнения урбопочв с доминирующим накоплением Cd и существенно меньшими коэффициентами концентрации других тяжелых металлов (города Белебей, Давлеканово, Дзержинск) не обнаруживает корреляций с демографическими показателями населенных пунктов. При более сложном профиле загрязнения урбопочв (Cd–Zn в Пензе или Cu–Cd–Zn в Медногорске) отмечаются меньшие значения общего коэффициента рождаемости и большие – коэффициента смертности населения (по сравнению со среднерегionalными показателями). На примере городов Приволжского Федерального округа показаны разнонаправленность градиентов увеличения концентраций в почвах Cd, Pb, Zn, Cu, а также суммарного показателя загрязнения почв Zс с индексами естественного прироста населения при отсутствии на ординационной диаграмме заметной связи эколого-геохимических характеристик почв с возрастом города, численностью и плотностью населения, плотностью уличной автодорожной сети.

Ключевые слова: загрязнение почв, урбопочвы (Urbic Technosols), эколого-геохимическая оценка, кластерный анализ, метод главных компонент