

Генезис и география почв

Чернова О. В., Голозубов О. М., Алябина И. О., Щепашенко Д. Г. Комплексный подход к картографической оценке запасов органического углерода в почвах России // Почвоведение. 2021. № 3. С. 273-286. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030047>

Опробован подход к раздельному картографированию запасов органического углерода в относительно однородных группах почвенных горизонтов (минеральных и органогенных, включая подстилки, торфяные залежи, торфянистые горизонты полугидроморфных почв). Предложены алгоритмы расчета, позволяющие использовать разномасштабные, пространственно- и атрибутивно-разреженные данные различной достоверности, взаимно дополняющие друг друга. Использованный подход позволил создать и совместить несколько карт различной точности, мелкомасштабных на всю территорию страны и более детальных для хорошо обеспеченных фактической информацией регионов. На основе этих карт оценены общие запасы и соотношение основных пулов органического углерода в толще почв 0–30 см для территории страны и трех административных областей Европейской России. Запасы углерода в минеральных горизонтах почв России достигают 101 Гт, что составляет 62% углерода, аккумулярованного в 30-сантиметровой почвенной толще; 38% сосредоточено в органогенных горизонтах: на наиболее легкоминерализующийся пул – подстилку – приходится 9% общих запасов углерода, в торфяных залежах вместе с торфянистыми и перегнойными горизонтами полугидроморфных почв сосредоточено 29% запасов углерода. Показано увеличение удельных запасов углерода в слое почв 0–30 см в направлении с севера на юг от 87 т/га в Вологодской области к 91 т/га – в Московской и далее до 109 т/га – в Ростовской области. В этом же направлении снижается вклад органических горизонтов в общие запасы углерода. Сведения о величине и структуре запасов углерода в почвах позволяют увеличить обоснованность оценок устойчивости почвенного покрова к изменению природных условий и антропогенным воздействиям, а также адаптировать стратегии землепользования к условиям конкретных регионов.

Ключевые слова: структура запасов углерода в почвах, плотность горизонтов, раздельное картографирование

Химия почв

Курганова И. Н., Телеснина В. М., Лопес де Гереню В. О., Личко В. И., Караванова Е. И. Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции // Почвоведение. 2021. № 3. С. 287-303. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030102>

Возобновление естественной растительности на бывших пахотных почвах запускает процессы постагрогенного восстановления экологических функций, присущих почвам той или иной биоклиматической зоны. На примере хроноряда агродерново-подзолов (южная тайга, Костромская область), выведенных из сельскохозяйственного использования 15, 20 и 45 лет назад, проанализирована постагрогенная динамика комплекса почвенных характеристик для верхней части старопашотного горизонта (слои 0–5 и 5–10 см): значений рНКС1, содержания органического углерода (SOC), общего азота (TN), водорастворимых форм углерода и азота (DOC и DON), скорости базального дыхания (BR), углерода микробной биомассы (Cmic) и относительных показателей состояния микробного сообщества. Для почв хроноряда были также оценены абсолютный (НІХ1) и относительный (НІХ2) индексы гумификации водорастворимого органического вещества (BOB) в слое 0–5 см и стратификационное отношение SR(0–5 : 5–10) для некоторых почвенных характеристик. Показано, что за 45 лет постагрогенной сукцессии в верхней части старопашотного горизонта наблюдается: 1 – достоверное уменьшение величины рНКС1 и индекса гумификации BOB; 2 – рост содержания SOC, TN, Cmic, величины BR; 3 – заметная стратификация по содержанию SOC, TN и микробным свойствам. Самых высоких значений величина SR (0–5 : 5–10) достигала в почве старовозрастного леса для SOC и TN, а в

почве 45-летней залежи значения SR (0–5 : 5–10) были максимальными для микробных свойств. Таким образом, в ходе вторичной залежной сукцессии на агродерново-подзолах южно-таежной зоны происходит постепенное восстановление их основных характеристик и экологических функций.
Ключевые слова: органическое вещество, базальное дыхание, микробная биомасса, индекс гумификации НІХ, стратификационное отношение, Retic Albic Podzol, естественное лесовосстановление

Куликова Н. А. Наночастицы серебра в почве: поступление, трансформация, токсичность // Почвоведение. 2021. № 3. С. 304-319. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030096>

Обзор посвящен представлению и анализу количественных данных по поступлению и содержанию наночастиц серебра (AgНЧ) в почве, их возможной трансформации и токсичности. Показано, что опубликованные значения содержания AgНЧ в почве основаны исключительно на результатах моделирования и варьируют в широком диапазоне от 5.33×10^{-6} до 7.4 мкг/кг при скорости поступления AgНЧ от 1.2×10^{-3} до 9.68 мкг/кг в год. Описаны основные превращения AgНЧ в почве (взаимодействие с твердой фазой, почвенными коллоидами, растворенным органическим веществом и окислительно-восстановительные процессы), приводящие к преимущественному закреплению AgНЧ в верхнем слое почвы. Сопоставление данных о содержании AgНЧ в почве и условий проведения токсикологических экспериментов показало, что в большинстве случаев токсичность исследована при содержании AgНЧ 102–105 мкг/кг почвы, что превышает оценочные значения этого показателя в реальных условиях в 10 и более раз. На основании анализа существующих представлений о транслокации AgНЧ из почвы в растения сделан вывод об отсутствии риска загрязнения сельскохозяйственной продукции AgНЧ в настоящее время. Приведены данные о возрастании регистрируемых негативных эффектов AgНЧ на микроорганизмы при увеличении времени экспонирования.

Сделан вывод о необходимости исследований, направленных на оценку последствий поступления AgНЧ в почву в условиях долгосрочных экспериментов продолжительностью более 90 сут при содержании AgНЧ, не превышающем 10 мкг/кг.

Ключевые слова: осадки сточных вод, загрязнение почв, гетероагрегация, сульфидирование

Холодов В. А., Ярославцева Н. В., Яшин А. А., Фарходов Ю. Р., Ильин Б. С., Лазарев В. И. Содержание органического углерода и азота в размерных фракциях агрегатов типичных черноземов // Почвоведение. 2021. № 3. С. 320-326. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030072>

Оценены особенности содержания и накопления органического углерода и азота в агрегатах типичных черноземов многолетних опытов разного землепользования. Рассматривали размерные фракции агрегатов: >10, 10–3, 2–1, 1–0.25 и <0.25 мм. Содержание углерода и азота значимо зависели от вида использования почв. Из семи изученных видов использования (бессменный черный пар, залежь после бессменного черного пара, монокультуры кукурузы и картофеля, лесополоса и ежегодно косимая степь) для пяти показана зависимость содержания углерода от размеров агрегатов. Для азота подобная взаимосвязь выявлена в трех случаях. Особенности содержания углерода и азота в размерных фракциях агрегатов зависели от вида землепользования. Под травянистой растительностью (степь) содержание углерода увеличивается с уменьшением размеров агрегатов и достигает максимума во фракции 1–0.25 мм. В случае древесной растительности (лесополоса) максимумы содержания углерода наблюдаются во фракциях >10 и <0.25 мм. В восстанавливаемом черноземе под травянистой растительностью во всех агрегатах <2 мм было значимо больше углерода, чем в более крупных фракциях. Содержание азота в размерных фракциях в степи и лесополосе повторяло зависимости, выявленные для углерода.

Ключевые слова: структура почв, органическое вещество почв, восстановление почв, многолетние опыты, Naplic Chernozems

Физика почв

Смагин А. В., Карелин Д. В. О влиянии ветра на газообмен почвы и атмосферы // Почвоведение. 2021. № 3. С. 327-337. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030138>

Глобальные климатические изменения последних десятилетий сопровождаются ростом температуры и потенциальным усилением циклонической активности с мощными воздушными потоками. Как они отражаются на почвенном дыхании? Можно ли ожидать при этом усиление эмиссии CO₂ и, как следствие, положительную обратную связь с глобальными климатическими изменениями через парниковый эффект? На эти вопросы невозможно дать ответ без исследований реакции газообмена почв и атмосферы на воздействие ветра с разной скоростью в различных ландшафтах. В статье обобщаются результаты многолетних наблюдений за эмиссионными потоками CO₂ в черноземах типичных лесостепной подзоны (Курская обл.) в природных и антропогенных ландшафтах под лесной и травянистой растительностью в зависимости от скорости ветра, а также излагается физически-обоснованный кинетический подход к количественному описанию такой зависимости. Подход предполагает возможность линейного, прямо пропорционального воздействия скорости ветра на интенсивность конвективно-диффузионного транспорта и изменение концентрации газообразного углерода в биологически-активном слое почвы фиксированной мощности. Полученная на его основе модель в форме обратной параболической зависимости эмиссионного потока CO₂ от скорости ветра адекватно описывает эмпирические данные и предполагает двукратное увеличение эмиссии при повышении скорости ветра до критической величины около 3 м/с с последующей релаксацией до исходного уровня при дальнейшем усилении ветра до 6–7 м/с. Скорость вынужденной конвекции почвенного воздуха содержащего CO₂ оказывается на 6 порядков меньше скорости ветра, но не уступает интенсивности обычной изотермической диффузии CO₂, что говорит о важности учета этого механизма в моделях газообмена почвы и атмосферы.

Ключевые слова: типичные черноземы (Haplic Chernozem, Luvic Chernozem), эмиссия CO₂, скорость ветра, турбулентная диффузия, вынужденная конвекция, агроландшафты

Кулешова Т. Э., Галль Н. Р. Динамика биоэлектрического потенциала в прикорневой зоне растений при поливах // Почвоведение. 2021. № 3. С. 338-346. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030084>

Проведено сравнение двух способов измерения биоэлектрических потенциалов (БЭП) растений: основанного на инвазивной установке электродов и на неинвазивном способе обеспечения контакта. Показано, что введение игольчатых электродов в ткань растений приводит к снижению разности потенциалов с 70 мВ до уровня шума в течение ~30–45 мин и означает измерение потенциалов, генерируемых растительным организмом на основе стресса, вызванного травмой. Для долговременных измерений БЭП в прикорневой зоне, отражающих функциональное состояние растений и электрофизиологический сигнал растительного организма непосредственно в условиях нормальной жизнедеятельности, разработана эквивалентная схема измерений БЭП с учетом электрических свойств растений в ризосферной зоне и установка для автоматизированного получения электрофитограмм на основе предложенного метода обеспечения неинвазивного контакта корней растений с электродной системой за счет их прорастания. Измерены БЭП в условиях варьируемой влажности корнеобитаемой среды и организации распространения воды вдоль и против направления роста корней. При влажности почвенного субстрата на уровне 60–70% от полной влагоемкости биопотенциал в среднем постоянен и флуктуирует стохастически в интервале от 245 до 275 мВ. При высыхании грунта значения БЭП уменьшаются почти в два раза, он восстанавливается после полива, причем время задержки его восстановления увеличивается с ростом вододефицитного периода. Предложена модель, описывающая эффекты, протекающие в системе при вододефицитном режиме и при поливе.

Ключевые слова: электрофитограмма, корнеобитаемая среда, ризосфера, неинвазивные измерения, водный поток

R. Soleimani, E. Chavoshi, H. Shirani, I. Esfandiar pour Evaluation of intelligence models to estimate the least limiting water range using conveniently measurable soil properties // Eurasian Soil Science. 2021. № 3.

опубликована только в английской версии

Direct measurement of the least limiting water range (LLWR) is costly and time-consuming. In this study, genetic algorithm based neural network (ANN-GA), artificial neural network (ANN) and stepwise multivariate regression (SMR) were used to estimate the LLWR of soil using easily measurable soil properties in Khanmirza plain. Then, depending on the location of each area, a total of 250 points were randomly identified as approximate sampling sites. Results showed that the accuracy of the SMR model with the percentage of clay, organic carbon and fine sand had a coefficient of determination of 0.42. The ANN-GA and ANN model with the highest coefficient of determination ($R^2 = 0.98$) and mean square error (MAE=0.0538) were suitable for estimating the least limiting water range. Therefore, the efficiency of models showed that the ANN and ANN-GA predicted the LLWR more accurate compared to the SMR and their results were close to the measured ones.

Keywords: Khanmirza plain, Genetic Algorithm, Neural Network, least limiting water range, soil properties.

A. Y. Mady and E. V. Shein Optimizing Pedotransfer functions for predicting soil moisture of wetting curve based on an effective degree of saturation // Eurasian Soil Science. 2021. № 3. **опубликована только в английской версии**

Hysteresis of soil water retention curve (SWRC hysteresis) is widely used for modeling water flux at unsaturated soil during infiltration and irrigation processes. The aim of the work was to predict soil moisture of a wetting curve from the main drying branch based on an effective degree of saturation for the drying branch by suggesting pedotransfer functions (PTFs). Furthermore, the efficiency of the proposed PTFs (M-1) was estimated by comparing it with a model has the same purpose such as a model of Mualem (1977) (M-77). The drying and wetting branches were measured using capillaremeter at soil water pressure heads lower than -1000 mbar. The effective degree of saturation for drying $S_d^e(h)$ and wetting $S_w^e(h)$ curves was estimated at different values of soil water pressure heads. The proposed PTFs (M-1) $S_w^e(h) = \frac{\sqrt{3}}{2} S_d^e(h)$ was derived by dividing the mean values of $S_w^e(h)$ to the mean values of $S_d^e(h)$. The results show that the estimation error for the proposed PTFs (M-1) and a model of Mualem (M-77) was less for estimating soil moisture of a wetting curve at the higher values of soil water pressure heads as -500, -700 and -900 mbar than their values calculated at the lower values of soil water pressure heads as -50, -150, and -300 mbar and the near of saturation. While the proposed PTFs (M-1) was more accurate than a model of Mualem (M-77) for calculating soil moisture of a wetting branch at a saturation point and at the lower values of soil water pressure heads as -50, -150, and -300 mbar. The proposed PTFs (M-1) $S_w^e(h) = \frac{\sqrt{3}}{2} S_d^e(h)$ can be used for simulating soil moisture of wetting branch during infiltration and irrigation processes at soil water pressure heads lower than -1000 mbar and a near of saturation for agro soddy podzolic soil with soil texture silt loam and silty clay loam.

Keywords: Hysteresis of soil water retention curve; soil water pressure head; drying and wetting curves; mathematical models; irrigation and drainage processes.

Биология почв

Manouchehr Gorji, Maryam Bakhosh, Mohammad Sohrabi, Ahmad Ali Pourbabaie, Burkhard Büdel Assessing the function of biological soil crusts on soil fertility: Case study: Kiamaky Wildlife Refuge, East Azerbaijan, Iran // Eurasian Soil Science. 2021. № 3. **опубликована только в английской версии**

Biological soil crusts (BSCs), are common on soil surface in arid and semiarid regions. They consist of cyanobacteria, algae, fungi, lichens and bryophytes associated with soil particles. BSCs have significant influence on primary ecosystem processes and are known as ecosystem engineers in drylands. In this study, the effect of BSCs on different soil properties in Kiamaky Wildlife Refuge in Jolfa county, East Azerbaijan province, Iran was investigated. Soil sampling was done in adjacent locations with BSCs, and bare substrate. The results showed that BSCs significantly increase the soil organic carbon, total nitrogen, microbial community population, soil respiration and microbial biomass carbon & nitrogen, as well as significantly decrease CaCO_3

content. In addition, BSCs lightly increased electrical conductivity and availability of micronutrients in soil. The effect of BSCs significantly decreased along increasing depth. Generally, it was revealed that BSCs enhance the soil fertility, which can improve soil quality and ecosystem productivity in arid and semiarid regions.

Keywords: Arid and semi-arid regions, Soil organic carbon, Soil quality, Ecosystem productivity, Desertification.

В. С. Чепцов, Е. А. Воробьева, Н. А. Манучарова, М. В. Горленко, А. К. Павлов, М. С. Розанова, В. Н. Ломасов, А. А. Белов, А. Е. Чумиков Прокариотное сообщество древней мерзлоты Антарктиды после облучения гамма-излучением в модельных условиях Марса // Почвоведение. 2021. № 3. С. 347-354.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X21030035>

Исследовано влияние облучения гамма-излучением дозой 100 кГр в условиях низкого давления (1 торр) и низкой температуры (-50°C) на микробное сообщество древней мерзлой осадочной породы Антарктиды. Установлено, что общая численность клеток прокариот, определяемая методом эпифлуоресцентной микроскопии, как и численность метаболически активных клеток бактерий и архей, обнаруженных с помощью метода флуоресценции *in situ* гибридизации, после облучения сохраняется на контрольном уровне, в то время как число культивируемых гетеротрофных бактерий снижалось на порядок. Методом мультисубстратного тестирования показано, что микробный комплекс сохранил высокую потенциальную метаболическую активность и функциональное разнообразие после воздействия совокупности экстремальных физических факторов. Устойчивость, продемонстрированная микробным сообществом, существенно превышает общепринятые оценки радиорезистентности прокариот и свидетельствует о недооценке радиорезистентности микроорганизмов в естественных местообитаниях, важной роли минеральной гетерофазной среды и условий облучения (давления, температуры). Исследование подтверждает потенциальную возможность длительной криоконсервации жизнеспособных микроорганизмов земного типа в реголите Марса, а также возможность переноса анабиотических форм жизни в составе малых тел в космической среде.

Ключевые слова: ионизирующая радиация, микробное сообщество, астробиология, многолетнемерзлые породы, криоконсервация, некультивируемое состояние

Агрохимия и плодородие почв

Мерзлая Г. Е. Исследование устойчивости агроценозов при длительном применении удобрений на дерново-подзолистой почве // Почвоведение. 2021. № 3. С. 355-363.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X21030126>

В длительном полевом опыте, проведенном в западной части нечерноземной зоны России (Смоленская область), на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве – Albic Glossic Retisol (Loamic) – при сравнительном изучении действия органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях выявлена их эффективность во всех исследуемых вариантах, кроме одностороннего внесения фосфорных удобрений. Установлено, что органо-минеральная система – N90P90K90 + навоз 9 т/га – в действии обеспечивала бездефицитный баланс гумуса в почве и устойчивую продуктивность севооборота (в среднем за 30 лет) на уровне 3.79 т/га кормовых единиц, или на 37% выше контроля без удобрений. Минеральная система удобрения – N90P90K90 – к концу четвертой ротации севооборота по продуктивности не уступала органо-минеральной системе, однако уменьшала содержание гумуса в почве и рНКСІ. Органическая система с ежегодной дозой навоза 9 т/га занимала среднее положение по продуктивности севооборота, обеспечивая сбор кормовых единиц 3.41 т/га, а также по воспроизводству почвенного плодородия. В последствии достоверные прибавки урожайности культур севооборота достигнуты только в вариантах органической и органо-минеральной систем удобрений, то есть при насыщении их органическим веществом за счет подстилочного навоза. Почва в вариантах этих систем удобрения характеризовалась высокими значениями общей численности микроорганизмов.

Ключевые слова: длительный полевой опыт, органические и минеральные удобрения, агрохимические

свойства почвы, микробиологическая активность, устойчивость агроценозов

Hadis Hatami, Amir Fotovat*, Akram Halajnia Availability and uptake of phosphorus and zinc by maize in the presence of phosphate containing Zn-Al-LDH in a calcareous soil // Eurasian Soil Science. 2021. № 3.

опубликована только в английской версии

In this research the potential application of phosphate containing zinc aluminum layered double hydroxide (Zn-Al-P-LDH) to enhance the availability of P and Zn compared to triple superphosphate (TSP) in a calcareous soil was investigated. First, soil availability of P and Zn in two P levels (18 and 45 mg kg⁻¹) of Zn-Al-P-LDH and TSP were compared in a 70-day incubation time. Second, a pot experiment was performed to study the effect of these treatments on growth and P and Zn uptake by maize. Incubation experiment showed that, in contrast to the TSP, addition of both P levels of LDH increased available P during the incubation period. Furthermore, the soil available Zn in LDH was significantly enhanced compared to TSP and control treatments. This observation suggested ion exchange accompanied by partial dissolution mechanism possibility happened for studied LDH. However, the values of shoot dry weight and leaves P uptake were significantly higher for LDH than TSP treatment just at 18 mg P kg⁻¹ level probably due to its effect on adequate Zn supply along with P. Therefore, Zn-Al-P-LDH might be a candidate as dual-purpose fertilizer if its limitations in terms of high Zn content to be overcome.

Keywords: Controlled release fertilizer, Ion exchange, Phosphorus, Solubility, Zn-Al-LDH

Деградация, восстановление и охрана почв

Цветнов Е. В., Макаров О. А., Строков А. С., Цветнова О. Б. Роль почв в оценке деградации земель (обзор) // Почвоведение. 2021. № 3. С. 363-371. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030163>

В рамках существующих концепций оценки деградации земель сформулированы основные представления о ее причинах и последствиях, определены методологические положения по изучению интенсивности деградационных процессов, разработаны конкретные методики оценки экономической составляющей деградации. Проблема экономической оценки деградации земель осложняется различиями в понимании сути деградационных процессов и роли почв в их протекании. Самую значительную роль почвенные показатели играют в концепции экономической оценки ущерба/вреда от деградации земель. Однако данная методология фактически не предполагает использование современных представлений об экосистемных услугах. Напротив, методология экономики деградации земель, использующая широкий спектр экосистемных услуг, во многом игнорирует необходимость учета динамики собственных свойств почв. Выработка единой методологии позволит решить множество проблем, среди которых важное место занимает необходимость ухода от законодательно-регламентированных формульных оценок деградации. *Ключевые слова:* экосистемные услуги почв, ущерб от деградации, нейтральный баланс деградации земель, экономика деградации

В. А. Терехова, Е. В. Прудникова, С. А. Кулачкова, М. В. Горленко, П. В. Учанов, С. В. Сушко, Н. Д. Ананьева Микробиологические показатели агродерново-подзолистых почв разной гумусированности при внесении тяжелых металлов и углеродсодержащих препаратов // Почвоведение. 2021. № 3. С. 372-384. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030151>

В условиях модельного вегетационного эксперимента (30 суток) изучен отклик микробного сообщества: углерод микробной биомассы (Смик), базальное дыхание (БД), функциональное разнообразие (ФР), агродерново-подзолистой почвы (Albic Glossic Retisols (Loamic, Aric Cutanic, Ochric)) двух участков (Чашниково, Московская область) с разным содержанием органического углерода (Сорг 3.86 и 1.30%) на загрязнение тяжелыми металлами (ТМ: Cu 660, Zn 1100, Pb 650 мг/кг) и обогащение углеродсодержащими препаратами (биоуголь, 5%; лигногумат, 0.25%). Смик определяли методом субстрат-индуцированного дыхания, ФР – мультисубстратным тестированием (47 субстратов). Внесение ТМ снижало Смик в среднем на 49–57%, БД – 23–52% и ФР – 45%, однако микробный метаболический коэффициент ($qCO_2 = БД/Смик$) повышало в среднем на 9–46%. Наибольшие изменения отмечены на

бедной Сорг (1.30%) почве. Углеродсодержащие препараты показали низкую эффективность в обеих почвах с ТМ и не способствовали изменению Смик, БД и qCO_2 , хотя увеличивали ФР. Сделано заключение об индикаторной значимости изученных микробиологических показателей для оптимизации оценки качества почв, среди которых к наиболее чувствительным отнесены функциональное разнообразие и микробная биомасса Смик, к менее чувствительным – БД и qCO_2 .

Ключевые слова: биоиндикация, оценка качества почв, органический углерод, микробное дыхание, микробная биомасса, функциональное разнообразие микроорганизмов, химическое загрязнение, лигногумат, биочар