

### Генезис и география почв

И. Н. Горохова, Н. Б. Хитров, Л. А. Тарнопольский Выделение поверхностно-карбонатных почв и диагностика почв на пестрых подстилающих породах юга Приволжской возвышенности с помощью обработки космического снимка // Почвоведение. 2024. № 8. С. 1047-1060.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X24080016>

Цель работы – установить связи между спектральными характеристиками открытой поверхности почвы на снимке Pleiades (25.04.2020) и почвами на ключевом участке со сложной структурой почвенного покрова на территории южной части Приволжской возвышенности Волго-Донской оросительной системы, Волгоградская область. Территория характеризуется высокой литологической неоднородностью: палеогеновые и неогеновые пески и суглинки перекрыты чехлом четвертичных бурых суглинков переменной мощности от 1–2 м до полного выклинивания. Почвенный покров представлен светло-каштановыми солонцовыми комплексами, осложненными мозаикой литологических вариантов и эрозионно-аккумулятивными сочетаниями. На основе цифровых методов обработки спектральных характеристик космического снимка и использования наземной информации о почвах выделено восемь групп почв и построена карта их распространения на ключевом участке площадью 343 га. Группы почв различаются по общим особенностям поверхности почвы, обусловленным наличием и количеством щебня и камней, гранулометрическим составом поверхностного горизонта (от песка до среднего суглинка), наличием осветленных корочек на поверхности, наличием или отсутствием вскипания от НСІ с поверхности в зависимости от мощности первого литологического слоя. Внутри отдельных групп объединены почвы с разным строением профиля (агрокаштановые, агроземы, агросолонцы). Почвы одного типа и иногда подтипа попадают в разные группы по спектральным характеристикам. Это обусловлено неполным соответствием свойств поверхности почвы, которые влияют на спектральные характеристики, и внутреннего строения почвенного профиля в целом.

Ключевые слова: спектральная яркость, каменистые почвы, песчаные почвы, вскипающие с поверхности почвы, пестрые суглинки, агрокаштановые почвы, агросолонцы

С. А. Сычева, О. С. Хохлова, Е. Г. Ершова, Т. Н. Мякшина, П. А. Украинский Криогенно-латеральная гипотеза образования материнской породы дерново-подзолистых почв на примере строения рышковской палеопочвы в Танеевском карьере Курской области // Почвоведение. 2024. № 8. С. 1061-1076.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X24080028>

Изучены палеопочва (МИС 5e), позднемосковский лёсс (МИС 6), погребенные малые эрозионные формы в Танеевском карьере Курской области. Определение возраста и условий образования материнской породы и текстурно-дифференцированной почвы сделано на примере изучения рышковской палеопочвы микулинского межледниковья (МИС 5e) в центре Восточно-Европейской равнины. Проведены макро- и микроморфологический анализ выбранного профиля, спорово-пыльцевой анализ, определен возраст методом оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ) и основные физико-химические свойства, а также проделан катенно-фациальный анализ, позволяющий детализировать историю развития малых эрозионных форм рельефа, почв и ландшафтов. Результаты позволяют заключить, что дифференциация профиля изученной палеопочвы на горизонты Ah–E–Bt – продукт микулинского межледниковья. Предпосылки для такой дифференциации – формирование неоднородной материнской породы – создавались склоновыми и мерзлотными процессами еще в московское позднеледниковье. Литологическая матрица рышковской палеопочвы не оставалась неизменной вследствие разной истории взаимодействия таких групп процессов, как эоловое, склоновое (солифлюкционное и делювиальное) осадконакопление, инициальное и межледниковое почвообразование.

Ключевые слова: текстурно-дифференцированные палеопочвы, склоновый перенос, московский лёсс, инициальные почвы, криогенез

## Химия почв

И. Е. Багдасаров, М. В. Конюшкова, Ю. А. Крюкова, Д. В. Ладонин, М. А. Цейц, П.В. Красильников  
Микроэлементы в маршевых почвах Поморского берега Белого моря // Почвоведение. 2024. № 8. С. 1077-1086. <https://doi.org/10.31857/S0032180X24080032>

Почвы морских побережий функционируют на контакте терригенного стока и воздействия морской воды, что обеспечивает уникальную геохимическую обстановку. Отчасти процессы миграции и аккумуляции элементов могут обеспечиваться процессами формирования и окисления сульфидов железа. Исследовали содержание и пространственное распределение Fe и Mn и микроэлементов в почвах маршей Поморского берега Белого моря. Работы вели вблизи села Колежма, Беломорский район, Республика Карелия. Исследование показало, что для изученных почв характерно повышенное содержание таких микроэлементов, как As и Se, которые обычно ассоциируют с наличием сульфидов металлов в морских отложениях. Отмечено высокое содержание Fe (до 27 300 ppm) и Mn (до 1500 ppm), что типично для таежных ландшафтов. При этом в почвах побережий геохимическая судьба Fe и Mn расходится, вероятно, отчасти за счет участия Fe в минеральных переходах из сульфидов в сульфаты. Такие микроэлементы, как Ni и Cr, присутствуют в почвах в концентрациях, сравнимых с фоновыми в зональных почвах региона. Только As и Se могут представлять потенциальную опасность в случае использования томболо под сенокос.

Ключевые слова: тяжелые металлы и металлоиды, кислые сульфатные почвы, приморские луга, Tidalic Fluvisols, Gleysols, Stagnosols

В. А. Голубцов, А. А. Черкашина, Ю. В. Вантеева, С. М. Турчинская Оценка динамики органического углерода в почвах юга Восточной Сибири по данным анализа состава стабильных изотопов углерода // Почвоведение. 2024. Т. 69. № 8. С. 1087-1101. <https://doi.org/10.31857/S0032180X24080042>

Оценена пространственная и внутрипрофильная вариабельность значений  $\delta^{13}\text{C}$  почв, выявлены основные контролирующие ее факторы в Байкальском регионе – обширной территории на юге Восточной Сибири, отличающейся значительным разнообразием физико-географических условий. Анализ значений  $\delta^{13}\text{C}$  выполнен для 95 почвенных разрезов, репрезентативных для основных ландшафтных поясов региона и расположенных в высотном градиенте 403–2315 м. Органическое вещество почв демонстрирует значительное варьирование по изотопным соотношениям  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , охватывающим значительную часть диапазона значений  $\delta^{13}\text{C}$ , характерных для C3-фотосинтеза. Органическое вещество гумусовых горизонтов почв имеет значения  $\delta^{13}\text{C}$  от  $-29.50$  до  $-22.98\%$ . Изменения величины  $\delta^{13}\text{C}$  в высотном профиле хорошо соотносятся со сменами ландшафтов. Наибольшими значениями  $\delta^{13}\text{C}$  характеризуются почвы гольцовых и степных ландшафтов. В таежных почвах наблюдается уменьшение доли тяжелых изотопов. Выявлена сниженная интенсивность оборота углерода в почвах степей и гольцового пояса в силу их лимитированности по условиям влаго- и теплообеспеченности, соответственно. Более интенсивный оборот углерода ( $\beta$ ) отмечен для почв, формирующихся в таежных ландшафтах при более благоприятном соотношении температур и осадков. В таких условиях значения  $\beta$  коррелируют с изменениями pH, содержанием C и N, а также вариациями отношения C/N в почвах. Это может свидетельствовать о значительном влиянии характера поступающего опада и микробиологической активности на оборот углерода в почвах региона, формирующихся в более благоприятных климатических условиях.

Ключевые слова: горные области, круговорот углерода,  $\delta^{13}\text{C}$ , гольцы, степи, тайга

## Биология почв

В. Д. Мигунова, С. Б. Таболин, Л. Б. Рыбалова Эколого-трофическая структура сообществ почвенных нематод Южной Чукотки // Почвоведение. 2024. № 8. С. 1102-1113. <https://doi.org/10.31857/S0032180X24080056>

Проведен анализ почвенных нематодных сообществ типичных тундр Южной Чукотки. Исследовали пять

типов кустарничковых и травяно-кустарничковых биотопов, сформированных на криоземах, аллювиальных, торфяных и дерново-криометаморфических почвах. Животных экстрагировали из почвы методом Бермана с последующим определением таксономического разнообразия, общей и относительной численности и принадлежности к эколого-трофическим группам. Наибольшие численность (7044 особей/100 г почвы) и биомасса (12.15 мг) нематод зарегистрированы в торфяной почве, а минимальные (1000 особей/100 г почвы; 1.96 мг) – в верхних горизонтах криозема. Для всех исследованных почв отмечено преобладание бактериоядных нематод. Максимальная доля бактериоядных нематод (94%) зафиксирована в подстилке дерново-криометаморфической почвы. Доля грибоядных нематод в исследованных почвах находилась в пределах от 1 до 42%. Хищные и нематоды со смешанным типом питания присутствовали практически во всех почвах, за исключением подстилочного горизонта дерново-криометаморфической почвы, их доля в исследуемых сообществах изменялась в диапазоне 2–32%. Фитонематоды были немногочисленны и достигали максимума в верхних органических горизонтах торфяно-глеезема (18%). Фаунистический состав нематодных сообществ исследованных почв сильно отличался. Наибольшее разнообразие нематод отмечено для торфяного горизонта аллювиальной почвы, наименьшее – для подстилки дерново-элювиально-метаморфической. Индекс зрелости сообществ изменялся от 2 до 3. Индекс обогащения принимал в основном низкие и средние значения (1.40–41.02), а структурный индекс – высокие (59.51–84.07). Во всех типах почв отмечены *Eudorylaimus* и *Plectus*, как роды эудоминанты. Почвенные пищевые сети, формирующиеся в исследованных биоценозах, за исключением ольховника мертвопокровного, можно охарактеризовать как стабильные и структурированные.

Ключевые слова: почвенные животные, численность, биологическое разнообразие, Nematoda, Cryosol, Fluvisol, Histosol, Gleysol, Cambisol

А. В. Назаров, Ю. И. Нечаева, Е. С. Корсакова, А. А. Пьянкова, Е. Г. Плотникова Бактериальные сообщества почв в зоне воздействия солеотвала города Соликамска (Пермский край) // Почвоведение. 2024. № 8. С. 1114-1124. <https://doi.org/10.31857/S0032180X24080066>

С использованием метода высокопроизводительного секвенирования гена 16S рРНК проанализирован таксономический состав бактериальных сообществ почвы (Technosol и Retisol) вблизи солеотвала калийного предприятия, г. Соликамск, Пермский край. Исследованы образцы почвы без растений и ризосферы растений вида вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) с участков, расположенных в 1–1.5, 8 м, 780 м и 11 км от солеотвала. Обнаружено, что во всех почвенных образцах преобладали бактерии филумов Pseudomonadota, Bacteroidota, Actinomycetota, Acidobacteriota, Verrucomicrobiota, Gemmatimonadota. Наибольшее влияние на таксономический состав бактериальных сообществ галитовые отходы оказывали на почвы участков в зоне засоления, расположенных на расстоянии 1–1.5 м. В образцах почвы без растений, отобранных на данных участках, относительно почв без засоления (на расстоянии 8, 780 м, 11 км от солеотвала), преобладали бактерии порядка “Candidatus Actinomarinales”, снижалась доля в бактериальных сообществах представителей филумов Acidobacteriota, Verrucomicrobiota, класса Actinobacteria и семейства Chitinophagaceae, увеличивалась доля бактерий семейства Xanthomonadaceae. В бактериальных сообществах ризосферы растений, произрастающих в зоне засоления, уменьшалась доля представителей филума Acidobacteriota и семейств Chitinophagaceae, Enterobacteriaceae, повышалась доля семейств Xanthomonadaceae и Flavobacteriaceae. Выявлено влияние солеотвала на бактериальные почвенные сообщества участков, находящихся на расстоянии 8 и 730 м от солеотвала, включали представителей порядка “Candidatus Actinomarinales” (1.4–1.6%), семейств Nitrosomonadaceae (3.0–6.1%), Saprospiraceae (1.0–1.9%), рода *Plumatobacter* (1.6–2.8%) и некультивируемых бактерий семейства Rhodanobacteraceae (1.3–1.5%).

Ключевые слова: техногенное засоление, ризосфера, секвенирование ампликонных библиотек гена 16S рРНК, калийные предприятия

### Агрохимия и плодородие почв

М. Т. Васбиева, Н. Е. Завьялова, Д. Г. Шишков Влияние длительного применения азотных, фосфорных и калийных удобрений на содержание форм соединений фосфора в дерновоподзолистой почве Предуралья

Изучено влияние длительного применения минеральных удобрений на изменение содержания в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве (Albic Retisol (Abruptic, Aric, Loamic)) общего фосфора, его органических, минеральных и подвижных соединений. Исследования проведены в многолетнем стационарном опыте, заложенном в Пермском крае в 1978 г. Варианты – 0 (без удобрений), N90, P90, K90, N90P90, N90K90, P90K90, N90P90K90, N30P30K30, N60P60K60, N120P120K120, N150P150K150. В опыте применяли аммиачную селитру или мочевины, двойной или простой суперфосфат и калий хлористый. Установлено, что длительное применение суперфосфата в течение пяти ротаций полевого восьмипольного севооборота (P90, P90K90, N90P90, N90P90K90) привело к достоверному увеличению в пахотном слое почвы (0–20 см) общего содержания фосфора, его минеральной части в 1.3–1.8 раза, содержания подвижных соединений в 1.9–2.7 раза. Применение азотных удобрений (N90, N90K90, N90P90, N90P90K90) влияло на накопление в почве органических соединений фосфора. Достоверное увеличение в почве содержания и запасов, как минеральных соединений фосфора, так и органических, наблюдали только при применении полного минерального удобрения N90P90K90. Различное сочетание суперфосфата с азотными удобрениями и калием хлористым, а также доза удобрений влияли на интенсивность накопления подвижных соединений фосфора в почве по ротациям и изменению его количества по профилю. Внесение невысоких доз (NPK)30–60 привело к увеличению подвижных соединений фосфора в основном в пахотном слое почвы, при использовании более высоких доз (NPK)90–150 изменения отмечены в слое 0–80 см. Длительное применение азотных и калийных удобрений с течением времени приводит к увеличению в пахотном слое почвы подвижных соединений фосфора.

Ключевые слова: длительный опыт, минеральные удобрения, баланс фосфора, подвижный фосфор, органический и минеральный фосфор

F. F. Pan, S. Pan, J. Tang, and B. H. Chen "Continuous Biogas Slurry Substitution of Chemical Fertilizer with Wheat/Maize Straw Return Alters Surface and Subsoil Physicochemical and Aggregate Properties Differently," *Eurasian Soil Science*, 57 (8), 1369-1380 (2024). <https://doi.org/10.1134/S1064229324600258>

Biogas slurry is increasingly adopted as a substitute for chemical fertilizer to improve soil fertility and control soil degradation. But little is known about its long-term effects on different soil layers. This study aims to test if biogas slurry substitution alters soil nutrients and aggregates differently in different layers and how the effects are influenced by straw return. A five-year field trial of a winter wheat–summer maize rotation was established to evaluate the effects of biogas slurry substitution [treatments: control without fertilizer (CK); chemical fertilizer (CF); 50% biogas slurry substitution (BSCF); 100% biogas slurry substitution (BS)] on two soil layers (0–20 and 20–40 cm) under equal N, P, and K fertilization in a Fluvisol. The result showed that compared with CK, fertilization was necessary to maintain soil available nitrogen (AN) and available potassium (AK) in the 0–20 cm layer. Also, fertilization had positive effects on soil EC, TN, and AP, especially in the topsoil. In terms of increasing the degree of water-stable macroaggregation, improving aggregate stability and reducing their crushing rates, CF was superior to biogas slurry substitution because of the greater accumulations of soil N, the most important physicochemical factor regulating soil macroaggregation and stability. The effects of biogas slurry substitution changed with soil layers. In surface soil, BD, water-stable macroaggregates, and aggregate stability significantly increased due to the positive regulatory effects of straw, AP, and EC; whereas in subsoil, they decreased. Inorganic fertilization with straw return functions well in soil structural degradation control and N fertility improvement, especially in the topsoil. Whereas in fields without straw return, biogas slurry substitution may be a feasible and economical choice to improve topsoil structure and also an excellent supplement to provide P and K.

Keywords: Liquid organic fertilizer, crop residue, winter wheat-summer maize rotation, soil fertility, macroaggregates, structural stability

## Эрозия почв

D. Mrad, S. Boukhari, S. Dairi, and Y. Djebbar "Mapping the Potential for Erosion Gullies Using Frequency Ratio and Fuzzy Analytical Hierarchy Process: Case Study Medjerda Basin, Northeast Algeria," *Eurasian Soil Science*, 57 (8), 1381-1397 (2024). <https://doi.org/10.1134/S1064229323603530>

Soil erosion poses a significant problem in the Mediterranean region, posing serious threats to the environment and natural resources. The objective of this study is to identify and evaluate the risks associated with gully erosion in the Medjerda watershed in the northeastern part of Algeria. To accomplish this goal, two models were utilized: the fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP) and the frequency ratio (FR). Twelve factors that contribute to soil erosion were considered in the study: slope, elevation, distance to streams, land use and land cover, drainage density (DD), topographic wetness index (TWI), rainfall, soil groups, lineament density, soil power index (SPI), sediment transport index (STI), and plan curvature. The results indicate that sediment transport index (STI), rainfall, and slope are the most influential factors in predicting erosion in the Medjerda Basin. To validate the models used, the area under the receiver operating characteristics curve (AUC) was employed. The AUC values obtained for the FR and F-AHP models were 75.5 and 73.7%, respectively, indicating their excellent accuracy in identifying the erosion susceptibility area. The accuracy ratings of both models demonstrate their outstanding predictive capabilities. Thus, the results of soil erosion susceptibility maps with a better success rate and forecast could be beneficial and effective for implementing various policy measures to safeguard soil. They could be useful for managing gully erosion risks in different parts of the river basin.

Keywords: frequency ratio, fuzzy analytic hierarchy process, gully, erosion, Medjerda

## Деградация, восстановление и охрана почв

Н. В. Гончаров, Т. В. Прокофьева, Д. И. Потапов, Г. Н. Федотов Твердые атмосферные выпадения как источник гидрофобности городских почв и материал для их образования // *Почвоведение*. 2024. № 8. С. 1133-1144. <https://doi.org/10.31857/S0032180X24080085>

В городских условиях почва подвергается влиянию ряда неблагоприятных воздействий, оказывающих большое влияние на ее гидрофобно-гидрофильные свойства. Определены водоотталкивающие свойства образцов городской пыли и почв методом WDPT-теста, смоделирован процесс гидрофобизации дерново-подзолистых почв в условиях мегаполиса и оценена его скорость. В исследовании использовали три образца пыли с различными показателями WDPT-теста от 420 до 850 с. По результатам модельного опыта показано, что с увеличением количества твердых атмосферных выпадений в материале дерново-подзолистой почвы увеличивается и уровень ее гидрофобности. Скорость увеличения зависит от водоотталкивающих свойств образца пылевых выпадений. При загрязнении наиболее гидрофобной пылью максимальная гидрофобизация образца достигается при 70-летней нагрузке. Для других образцов пыли наблюдалось увеличение времени впитывания капли вплоть до максимального срока аэрального загрязнения почвы в рамках модельного опыта (200 лет). Показатели WDPT-теста для исследованных горизонтов почв составили от 2.4 с для фоновой почвы до 1493.5 с для городской почвы, сформировавшейся около крупной автомагистрали в течение 90 лет. В почве жилой застройки 40-летнего возраста показатель составил 237.1 с. Соответствие уровней гидрофобности, степени антропогенной нагрузки и времени пребывания участков в городской среде в модельном опыте и в образцах реальных городских почв на участках исследования свидетельствует о том, что твердые атмосферные выпадения являются составляющей гумусово-аккумулятивных горизонтов городских почв и оказывают существенное влияние на их водоотталкивающие свойства.

Ключевые слова: урбостратозем (Urbic Technosols), дерново-подзолистые почвы (Albic Retisols), водоотталкивающая способность почв, антропогенное воздействие на почвы, городская пыль, WDPT-тест