

### Генезис и география почв

Савин И. Ю., Е.В. Савенкова, Д.Е. Кучер, Д.А. Тутукова, С.А. Бербеков Оценка контрастности почвенного покрова пахотных угодий по спутниковым данным Sentinel-2 // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1295-1305. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21110125>

Знания о неоднородностях почвенного покрова пахотных угодий (одним из основных показателей которых является их контрастность) и их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур имеют большое практическое значение. Существующие методы оценки контрастности почв базируются на анализе их свойств, классификационного положения или принадлежности к определенной агрогруппе. Нами предложен новый метод, который базируется на использовании спутниковых данных. В качестве критерия контрастности предложено использовать попарное сравнение значений NDVI для почвенных выделов, рассчитанных по спутниковым данным Sentinel 1-2 за последние 6 лет за все имеющиеся в наличии сцены с изображением посевов. На основе попарного сравнения и протяженности границ между почвенно-картографическими выделами предложено оценивать контрастность почвенного покрова поля в целом. Апробация разработанных подходов на примере двух тестовых полей показала их перспективность и возможность создания системы автоматизированной дистанционной технологии анализа неоднородностей почвенного покрова полей с целью разработки рекомендаций по их использованию.

Ключевые слова: оценка качества почв, NDVI, неоднородность посевов, контрастность почв

D. Fiantis, F. I. Ginting, Gusnidar, M. Nelson, E. Van Ranst, B. Minasny Geochemical Characterization and Evolution of Soils from Krakatau Islands // Eurasian Soil Science. 2021. № 11.

<https://doi.org/10.1134/S1064229321110077> опубликована только в английской версии

The Krakatau islands complex was formed after the huge eruption of the late Mt. Krakatau in 1883. The complex consists of four islands: Rakata, Panjang, Sertung, and Anak Krakatau. While volcanic activity and plant succession have been extensively studied in the Krakatau area, the soils received less attention. This study characterizes the morphology, chemistry, and geochemistry of the soils from the Krakatau islands. Ten sampling sites were selected from Mt. Anak Krakatau, Rakata, Panjang, and Sebesi islands. The elemental concentration of the samples was measured using the X-ray fluorescence (XRF). In addition, chemical weathering indices were calculated from the geochemical elements. Linear discriminant analysis was used to separate materials from the four islands based on their geochemical concentrations (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ti, and Zr). While the four islands were nearby and influenced by the eruption of Mt. Krakatau, the analysis showed that the geochemical characteristics of volcanic ash for each island are distinct. Mahalanobis distance differentiated soils of Anak Krakatau from the others. Base cations loss in Sebesi was larger than in Rakata, Panjang and Anak Krakatau. Meanwhile, desilication was larger in Rakata compared to Sebesi, Panjang, and Anak Krakatau. The following sequence of weathering degree was determined: Sebesi > Rakata = Panjang > Anak Krakatau. Comparison between sites allowed differentiation of origin of the volcanic materials and a calculation of a relative weathering sequence. This study suggests that the geochemical characteristics of the volcanic materials on these islands are unique and can be used to assess its weathering process and pedogenesis. Keywords: Volcanic soils, geochemistry, discriminant analysis, tephra, Indonesia

Нестерук Г. В., Хохлова О. С., Ильина Л. П., Сверчкова А. Э., Сушко С. В. Палеоэкологические условия Кубано-Приазовской низменности в эпоху бронзы и раннего железного века на основе изучения погрбенных почв // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1306-1321. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21110095>

На основании проведенных палеопочвенных исследований получены уточненные данные по направленности изменений климата во второй половине голоцена на территории Кубано-Приазовской низменности, которые дополняют опубликованные результаты. Период атлантического оптимума

голоцена сменился в начале III тыс. до н. э. непродолжительным периодом аридизации. В XXVII/XXVI–XXII/XXI вв. до н. э. произошла гумидизация климата, прервавшаяся теплым и сухим периодом, который пришелся на XXII/XXI–XVI вв. до н. э. В раннем железном веке, со второй половины II в. до н. э. до начала II в. н. э., реконструирована резкая аридизация климата, пик которой пришелся на рубеж эр. Палеопочвы второй половины III тыс. до н. э. характеризуются высокой гумусированностью, выщелачиванием карбонатов из верхних горизонтов, пропиткой карбонатным мицелием профиля, наличием прожилок карбонатов, дезинтеграцией или отсутствием белоглазки, зоотурбириванностью профиля, что служит признаками гумидных климатических условий. На рубеже эр (вторая половина II в. до н. э.–первая половина II в. н. э.) при увеличении засушливости климата черноземы приобрели черты более южных подтипов, но смены типов и подтипов почв в этот период не произошло.

Ключевые слова: палеопочвы степных ландшафтов, морфологические характеристики почв, гумусовый профиль почв, карбонатный профиль почв, изменение климата

### **Химия почв**

Артемьева З. С., Данченко Н. Н., Кириллова Н. П., Масютенко Н. П., Дубовик Д. В., Кузнецов А. В. Изменение компонентного состава органического вещества макро- и микроагрегатов типичного чернозема под воздействием эрозионных процессов // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1322-1331. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21110022>

Дана количественная оценка содержания и состава органического вещества (ОВ) структурных отдельностей агрочерноземов, расположенных в разных эрозионно-аккумулятивных зонах. Исследования проведены на типичном черноземе в условиях длительного многофакторного полевого опыта на водораздельном плато и склоне северной экспозиции. Показано, что эрозионные процессы приводят к существенным потерям ОВ водоустойчивых структурных отдельностей, выделенных мокрым просеиванием из воздушно-сухих макроагрегатов размером 2–1 мм. Отмечены основные черты характера восстановления содержания углерода в агрегатной структуре агрочернозема аккумулятивной зоны. Проведено детальное сравнительное изучение количественного и качественного состава пулов ОВ разной локализации в водоустойчивых макро- (2–1 мм) и микро- (<0.25 мм) агрегатах, выделенных из воздушно-сухих макроагрегатов размером 2–1 мм. Выявлена общая тенденция уменьшения количества дискретного ОВ, вызванного как эрозионными процессами, так и распашкой агрочерноземов, приуроченных к разным зонам денудации–аккумуляции на склоне, на фоне включения в состав пахотного горизонта эродированных почв материала нижележащего слоя.

Ключевые слова: эрозия, водоустойчивая структура, грануло-денсиметрическое фракционирование, свободное органическое вещество, агрегированное органическое вещество, илистая фракция

А. А. Дымов, В. В. Старцев, Н.М. Горбач, И. В. Паюсова, Д. Н. Габов, О. Доннерхак Сравнение методов определения соединений углерода пирогенно измененных органических соединений // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1332-1345. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2111006X>

На примере торфяной почвы (Rheic Hemic Histosol (Lignic)), расположенной на юге средней тайги Республики Коми, проведено исследование почвенного органического вещества (ПОВ) с целью поиска биомаркеров и особенностей органического вещества, связанных с воздействием пожаров. Показано, что пожары оказывают существенное влияние на органическое вещество торфов. Пирогенную активность определяли по содержанию макроуглей. Органическое вещество исследовали методом твердотельной <sup>13</sup>C-ЯМР-спектроскопии, определяли концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и бензолполикарбонатовых кислот (БПКК). Показано, что данные методы позволяют диагностировать влияние пожаров на состав ПОВ. В составе горизонтов с признаками пирогенеза возрастает доля углерода, представленного ароматическими фрагментами, существенно увеличивается концентрация ПАУ, преимущественно за счет нафталина, фенантрена и хризена. По результатам оценки содержания БПКК впервые для территории европейского севера оценены запасы углерода пирогенно-измененных соединений (P<sub>у</sub>C), которые составляют 4.4 кг/м<sup>2</sup>. Показатели, характеризующие соединения и молекулярные фрагменты пирогенно измененных органических соединений, полученные

различными методами, хорошо коррелируют между собой. Коэффициенты корреляции Пирсона между содержанием углерода, входящего в состав ароматических соединений (Caryl) и СБПКК, составляют  $R = 0.84$  ( $p < 0.05$ ), с индивидуальными БПКК  $R = 0.81-0.90$  ( $p < 0.05$ ).

Ключевые слова: торф, пожары, ЯМР, БПКК, Histosols

Yubing Wang, He Huang and Xiangyu Chen Predicting Organic Matter Content, Total Nitrogen and pH Value of Lime Concretion Black Soil Based on Visible and Near Infrared Spectroscopy // Eurasian Soil Science. 2021. № 11. <https://doi.org/10.1134/S1064229321110144> опубликована только в английской версии

Lime concretion black soil is a kind of ancient cultivated soil and exhibits highly-localized distributions in China's important commodity grain base and fruit/vegetable production base. However, lime concretion black soil is currently poor in fertility and crop output. Visible and near-infrared (VIS/NIR) diffuse reflectance spectroscopy appears as an effective tool of gaining in-depth knowledge of soil properties. This study focused on lime concretion black soil samples, collected their VIR/NIR spectra and correlated the spectral characteristics with the measured organic matter content (OMC), total nitrogen (N) and pH value using chemical methods for establishing the prediction models of soil properties. Different spectral pretreatment, sample selection and wavelength optimization methods were applied for improving the accuracy and robustness of the prediction models. Results show that, after appropriate spectral processing and selection of representative samples, the established principal component regression genetic algorithm (PCR-GA) models can accurately predict the contents of OMC and N as well as pH values of lime concrete black soil samples, with the correlation coefficients of 0.91, 0.97 and 0.92, respectively. The present study proved great potential of VIS/NIRS in real-time detection of lime concretion black soil properties.

Keywords: visible and near infrared spectroscopy, principal component analysis (PCA), genetic algorithm (GA), variable-rate fertilization, soil nutrients prediction

### Биология почв

Никитин Д. А., Лысак Л. В., Кутовая О. В., Грачева Т. А. Эколого-трофическая структура и таксономическая характеристика сообществ микроорганизмов почв северной части архипелага Новая Земля // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1346-1362. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21110101>

С помощью метода посева на селективные среды оценены численность и таксономическое разнообразие микроорганизмов в почвах северной части архипелага Новая Земля. Содержание аэробных и анаэробных азотфиксаторов, а также денитрификаторов низкое (десятки и сотни КОЕ/г почвы). Численность сапротрофных бактерий варьировала от  $3.3 \times 10^4$  до  $1.2 \times 10^6$  КОЕ/г почвы; актиномицетов – от  $1.3 \times 10^3$  до  $4.0 \times 10^5$  КОЕ/г почвы; микромицетов – от  $2.5 \times 10^2$  до  $1.5 \times 10^4$  КОЕ/г почвы. Численность всех изученных групп микроорганизмов (кроме аэробных азотфиксаторов) исследованных почв резко уменьшается вниз по профилю, что положительно коррелирует с содержанием органического углерода и общего азота. В сообществе почвенных микроорганизмов доминируют бактерии родов *Arthrobacter* и *Bacillus*, актиномицеты родов *Streptomyces* и *Micromonospora*, а также микроскопические грибы родов *Goffeauzuma*, *Phoma*, *Pseudogymnoascus* и *Thelebolus*. В целом численность и таксономическое разнообразие микроорганизмов исследованных почв меньше по сравнению с почвами Земли Франца-Иосифа. Этот феномен связан с иссушающим и охлаждающим влиянием самого крупного ледника в России на Новой Земле.

Ключевые слова: Арктика, экстремальные экосистемы, численно

Z. Tóth, I. Király, V. Mihálka, E. Hornung Mulch application results in higher functional diversity and connectivity of soil nematode assemblages in a strawberry field experiment // Eurasian Soil Science. 2021. № 11. <https://doi.org/10.1134/S1064229321110132> опубликована только в английской версии

Healthy soils are of pivotal importance in sustainable production of fruits and vegetables, as majority of soil functions rely on the diversity and complexity of soil food webs. A five-month field experiment was conducted under an organic strawberry production system to better understand soil food web dynamics indicated by changes in soil nematode communities after two commonly used mulch treatments (grass hay and black geotextile). In addition to the traditional methods (diversity and community indices) in nematode ecology, we applied network analysis to identify the key relationships between nematode taxa/feeding groups under different mulching systems. Soil nematodes were significantly influenced by sampling time and mulch treatments during the study period. Total density of nematodes was lower in both non-mulched and covered soils compared to pre-plant levels. Effective species number (Hill's number) of soil nematodes was higher in plots covered with geotextile as a result of the treatment. Significant difference was observed in community composition among treatments and sampling times. Although bacterial feeders dominated in almost all samples, relative abundance of fungivores increased by the end of summer. Organic mulched soils had the highest proportion of herbivores, significantly differing from untreated plots. Soil food web analysis showed that nematode assemblages became less structured and more degraded in all soils compared to the initial conditions. However, mulch applications enhance functional diversity and connectivity of assemblages, regardless of mulch type. These changes suggest a more stable soil ecosystem with higher functional resilience and adaptive capacity which is crucial to ensure viability and sustainability of agricultural production.

Keywords: agrobiodiversity, geotextile, microfauna, Nematoda, soil food web

#### **Агрехимия и плодородие почв**

В.И. Кирюшин, Н.Н. Дубачинская, А.Ю. Юрова Комплексная оценка сельскохозяйственных земель на примере Южного Урала // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1363-1375.

<https://doi.org/10.31857/S0032180X21110083>

Задача комплексной оценки сельскохозяйственных земель сводится к выявлению их общностей по агроэкологическим и экономическим условиям, определяющим направления и эффективность их использования. Она решается в иерархии: природно-сельскохозяйственная зона, провинция, группа, вид земель и показана на примере Южного Урала в пределах Оренбургской области. Эта территория располагается в лесостепной, степной и сухостепной зонах, представленных различными провинциями. В каждой провинции выделены агроэкологические группы плакорных, полугидроморфных, эрозийных, солонцовых, литогенных, пойменных земель, для которых разработаны адаптивно-ландшафтные системы земледелия. В пределах групп выделены виды земель, к которым приурочены дифференцированные агротехнологии. На основе обобщения данных многолетних полевых экспериментов и агроклиматических моделей дана оценка продуктивности основных видов земель и экономической эффективности их использования при трех уровнях интенсификации земледелия. На основе предложенной методологии оценки земель рассматривается задача оптимизации сельскохозяйственного природопользования.

Ключевые слова: агроэкологическая группировка земель, агроклиматическая оценка, адаптивноландшафтные системы земледелия, экономическая эффективность использования земель

А.А. Черкашина, В.А. Голубцов, Е.В. Бережная Применение методики оценки качества почв для горно-котловинных территорий Прибайкалья // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1376-1391.

<https://doi.org/10.31857/S0032180X21110034>

Приведен усовершенствованный вариант методики бонитировки почв, предложенной В.Д. Ивановым в 1986 г. и основанной на равноценной балльной оценке разных факторов плодородия путем подсчета среднеарифметической всех частных балльных оценок. Имеющиеся оценочные шкалы переработаны и адаптированы с целью учета особенностей почвообразования в горно-котловинных условиях Байкальского региона, таких как сложность гидротермических условий, неоднородность литологической основы, эрозийная опасность, укороченность почвенных профилей, характер почвенного органического вещества. Введены дополнительные критерии оценки с использованием общеизвестных в отечественном



почвоведении классификаций. Апробация методики на примере естественных и агрогенно-преобразованных почв Тункинской котловины (Юго-Западное Прибайкалье) показала приемлемые результаты оценки почвенного плодородия и позволила выявить факторы, лимитирующие тот или иной тип землепользования. В первую очередь при размещении сельскохозяйственных угодий и выборе выращиваемых культур на территории исследования следует учитывать морозоопасность и недостаточное атмосферное увлажнение в начале вегетационного периода, подверженность активному воздействию водно-эрозионных процессов на склонах, крутизна которых превышает 2°, укороченность гумусовых горизонтов и сильную степень каменистости почв подгорных шлейфов, засоление гидроморфных почв в днище котловины. Необходимо ограничить использование высококочувствительных почв песчаных массивов, а также перегнойных и торфяных почв низинных болот во избежание процессов деградации. Представляется оправданным возврат в сельскохозяйственный оборот почв, приуроченных к пологим участкам склонов на нижних частях предгорных равнин и речных террасах с почвообразующими породами суглинистого или супесчаного состава, мощность которых превышает 50 см. Наиболее высоким бонитетом здесь обладают естественные темногумусовые и серогумусовые почвы и их агрогенно-преобразованные аналоги. Для увеличения достоверности результатов оценки целесообразно производить отбор оцениваемых характеристик в соответствии с величинами коэффициента корреляции, характеризующего связь почв с урожайностью той или иной культуры на каждой отдельно взятой территории. Это позволит учесть долю участия в урожае каждого диагностического признака.

Ключевые слова: бонитировка почв, показатели плодородия, залежи, горно-котловинный рельеф

S. J. Ding, X. F. Zhang, W. L. Yang, X. L. Xin, A. N. Zhu, and S. M. Huang Soil nutrients and aggregate composition of four soils with contrasting textures in a long-term experiment // Eurasian Soil Science. 2021. № 11. <https://doi.org/10.1134/S1064229321110041> опубликована только в английской версии

Soil texture, coupled with environmental factors, plays an important role in soil nutrient conservation. In order to evaluate the effect of soil texture on soil fertility of fluvo-aquic soil, a long-term experiment that included four fluvo-aquic soils with different textures (sand, sandy loam, sandy clay loam and loamy clay) was established in 1990. In 2017, soil samples were collected from the 0–20 cm depth to measure soil organic carbon (SOC), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), total potassium (TK), alkali-hydrolysable nitrogen (AN), available phosphorus (AP) and available potassium (AK) concentrations, water-stable aggregate distribution, and aggregate-associated carbon and nitrogen. After 27 years of the experiment, the sand content decreased and the silt and clay content increased in sand and sandy loam, while the sand content increased and the silt content decreased in loamy clay. The SOC, total and available N, P and K (except TK) increased more in coarse-textured soils than in finely textured soils, while the concentrations of SOC, TN, TP, AN and AK increased significantly with a decrease in the sand content. The SOC, TN, AN and AK concentrations in loamy clay were 2 to 3 times higher than those in the sand treatment. The mass percentage of each aggregate fraction, especially the content of macroaggregates, increased significantly with a decrease in the sand content. Soil aggregates play an important role in SOC and TN storage. 75–84% of SOC and 67–81% of TN were stored in macroaggregates and microaggregates. It was concluded that soil particle composition was affected by long-term cultivation. The finely textured soils had higher SOC, TN and TP storage capacity and provided more AN and AK. The formation and stability of aggregate structures were limited by the high content of sand particles, which led to a negative influence on the storage and supply of SOC and N in the fluvo-aquic soils.

Keywords: fluvo-aquic soil, soil texture, aggregates, Cambisol, nutrient accumulation

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

И. А. Дубровина, Е. В. Мошкина, В. А. Сидорова, А. В. Туюнен, А. Ю. Карпечко, Н. В. Генникова, М. В. Медведева, А. В. Мамай, О. В. Толстогузов, Л. М. Кулакова Влияние типа землепользования на свойства почв и структуру экосистемных запасов углерода в среднетаежной подзоне Карелии // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1392-1406. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21110058>

Исследовано влияние типа землепользования на свойства легкосуглинистых подзолистых почв нормального увлажнения и экосистемные запасы углерода в среднетаежной подзоне Карелии. Проанализированы изменения в строении почвенных профилей, основные агрохимические и микробиологические показатели верхних горизонтов, запасы Сорг и Смик почвы в метровом слое и структура углеродных пулов участков. Исследовали 110-летний ельник в качестве контроля, пашню, сенокос, а также молодой березняк 20 лет и средневозрастной ельник 65 лет естественного лесовозобновления на бывших сельскохозяйственных угодьях. На пашне почва уплотнена до 1.5 г/см<sup>3</sup>, имеет величину рН 5.2 и высокое содержание элементов питания. В почвах пашни и сенокоса содержание Сорг находится в пределах 1.6–2.1%, Нобщ 0.2%. В лесных почвах зафиксировано уменьшение плотности до 1.1–0.9 г/см<sup>3</sup>, величины рН до 4.0–3.2, ухудшение общего агрохимического фона при увеличении содержания Сорг до 2.2–4.6%. Для почв пашни и спелого леса характерно пониженное содержание Смик (50–60 мг С/кг почвы). На участках сенокоса, молодого и средневозрастного лесов содержание Смик составляет около 250 мг С/кг почвы. Запасы Смик в метровом слое почвы максимальны на участке молодого леса и составляют 88.9 г С/м<sup>2</sup>, для пашни, сенокоса и средневозрастного леса запасы Смик находятся в пределах 52–61 г С/м<sup>2</sup>, в спелом лесу 23.6 г С/м<sup>2</sup>, при этом в лесной подстилке накапливается 14.5 г С/м<sup>2</sup>. Общие экосистемные запасы углерода максимальны на лесных участках и минимальны на сенокосе. Запасы Сорг почвы в метровом слое пашни составляют 138 т С/га, на участках молодого и средневозрастного лесов уменьшаются до 101–91 т С/га, минимальны под спелым лесом и сенокосом и составляют 67–68 т С/га. Ключевые слова: изменение землепользования, почвенные функции, запасы углерода, органический углерод почвы, углерод микробной биомассы, подзолистые почвы

Прудникова Е. Ю., Савин И. Ю., Лебедева М. П., Волков Д. С., Рогова О. Б., Варламов Е. Б. Трансформация поверхностного слоя пахотного горизонта почв под влиянием атмосферных осадков // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1407-1420. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21110113>

Целью исследований явился анализ особенностей трансформации поверхностного слоя пахотных горизонтов черноземов, серых лесных и дерново-подзолистых почв под воздействием атмосферных осадков. Исследования проводили с использованием образцов почв, отобранных на ключевых участках, полевых наблюдений, а также результатов модельного эксперимента. Анализировали состояние поверхности почв, ее цвет, микроморфологическое и микротомографическое строение и химический состав. Установлено, что воздействие атмосферных осадков приводит к изменению свойств поверхностного слоя пахотного горизонта почв. Изменения минералогического состава выражаются в перераспределении минералов между гранулометрическими фракциями. Чем дольше почва остается открытой под воздействием чередования осадков и высыхания, тем более выражено формирование поверхностных микрослоев вымывания (элювиальных) и микрослоев вмывания (иллювиальных), различающихся содержанием тонкодисперсных органико-минеральных веществ и их структурной организацией. Исходное состояние гумуса и гранулометрический состав почвы определяют специфику формирующихся на поверхности микрогоризонтов. При этом в верхней части образуется слой из пылеватого или песчаного материала с минимальным количеством микроагрегатов и тонкодисперсного вещества, а ниже отчетливо увеличивается размер и количество агрегатов. Выявленные закономерности следует учитывать при дистанционном мониторинге и картографировании свойств почв. Для определения содержания гумуса в пахотном горизонте необходимо проводить съемку свежеспаханных и проборонованных полей. Минералогический состав, в свою очередь, будет лучше детектироваться по изображениям трансформированной поверхности пашни. Ключевые слова: пахотные почвы, спектральная отражательная способность, деградация почв, бесконтактные методы изучения почв, почвенная корка, Albic Retisols, Luvisols, Luvic Chernic Phaeozems, Luvic Greyzemic Phaeozems