

Генезис и география почв

Десяткин Р. В., Лесовая С. Н., Оконешникова М. В., Иванова А. З. Криоземы и палевые слабодифференцированные почвы тундры и тайги Якутии: свойства, минералогический состав и классификация // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1423-1436. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21120042>

Изучены свойства, минералогический состав илистых фракций и профильное распределение глинистых минералов в слабодифференцированных почвах Якутии, сформированных в условиях холодного ультраконтинентального климата. Объекты представлены криоземами тундры, редколесий и северной тайги (Анабарское плато и Алазейское плоскогорье) и палевой мерзлотной почвой подзоны средней тайги (Центрально-Якутская равнина). Выявлено, что профильная дифференциация глинистых минералов в почвах выражена слабо из-за криогенной гомогенизации. Несмотря на изменение кислотно-щелочных условий профиль палевой почвы слабо дифференцирован по минералогическому составу. Однако анализ полученных данных позволяет предположить, что выветривание минералов в палевых почвах Центральной Якутии является более значительным, чем считалось ранее. Это предположение согласуется с наличием в профиле мощного гумусового горизонта, характерного для почв гумидных регионов. Целесообразно эти почвы Центральной Якутии классифицировать как дерново-палевые.

Ключевые слова: криогенные почвы, глинистые минералы, ультраконтинентальный климат

J. Chudecka, T. Tomaszewicz, M. Podlasiński Heavy Metals Content and other Properties of the Anthropogenic Layer of the City of Szczecin (Poland) // Eurasian Soil Science, 2021. № 12.

<https://doi.org/10.1134/S1064229321120036> опубликована только в английской версии

The aim of the study was to establish the diversity of heavy metals content and other properties of the anthropogenic layer covering the areas of Szczecin city with different history and time of settlement. The thickest anthropogenic layer, up to 6.2 m, covers the oldest area of this city—the Old Town. In the area earlier occupied by Fort Wilhelm, intensively inhabited from the 1730s, this layer reached the maximum thickness of 2.2 m. In these two oldest areas of Szczecin city, the anthropogenic layer was made by debris and highdebris materials. In the younger area of Szczecin city, settled at the end of the 19th century, the anthropogenic layer reached a thickness of up to 0.8 m, with no debris deposits. The most contaminated with heavy metals was the anthropogenic layer of the Old Town, and the least contaminated was the anthropogenic layer of younger districts of Szczecin city. In the Old Town the contents of Pb, Zn and Cu were higher than admissible by Polish legal regulations, indicative of pollution. The area of Fort Wilhelm was polluted only by Pb and Zn. In these two oldest areas, the maximum contents of metals were found often in deeper parts of the anthropogenic layer (<25 cm)—in debris and high-debris materials. The younger districts of Szczecin city were not contaminated with any of the analyzed metals. In these areas the frequent occurrence of maximum amounts of metals in the top layer (0–25 cm) suggests their contemporary origin. The anthropogenic layer of the oldest areas of Szczecin city was characterized also by higher degree of salinity and alkalization in relation to that in the younger districts of this city.

Keywords: anthropogenic layer, technogenic admixtures, artefacts, urban soils, salinity, heavy metals

Ельцов М. В., Овчинников А. Ю., Алексеев А. О., Митенко Г. В. Отклик почв на изменение климата в степной зоне европейской части России за последние десятилетия // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1437-1448. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21120066>

Проведены исследования свойств почв степной зоны, приуроченных к естественным пастбищам Волго-Донского междуречья и Северного Прикаспия. Объектами исследований послужили

светло-каштановые почвы, каштановые почвы и солонцы (Calcic Cambic Kastanozems, Salic Gypsic Solonetz), расположенные на участках, прилегающих к археологическим памятникам (курганам, могильникам). Показано, что повторные обследования изученных 20–40 лет назад почв не зафиксировали заметных изменений их свойств. Распределение по профилю почв карбонатов, содержания Сорг и обменного Na^+ в солонцовых горизонтах практически не изменилось. На уровне общей тенденции отмечено незначительное (не более 0.5% величины плотного остатка водной вытяжки) увеличение засоленности верхней метровой почвенной толщи. На территории Северных Ергеней возросшая за последние 20 лет пастбищная нагрузка вызвала увеличение площади эрозионных микропонижений, занятых корковыми солонцами. Выполнено моделирование пространственного распределения значений индекса аридности с построением изолиний, проанализировано смещение границ степной зоны на территории Нижнего Поволжья в зависимости от динамики климата за последние 60 лет. Тенденция усиления засушливости в начале XXI в. после этапа повышенного увлажнения второй половины XX в. выявлена практически для всей территории юга Восточно-Европейской равнины.

Ключевые слова: степь, изменения климата, каштановые почвы, солонцы, Calcic Cambic Kastanozems, Salic Gypsic Solonetz

Ju-Hyon Thak, Tong-Kwon Ryu, Jong-Sim Sin, Myong-Gil Choe Digital terrain analysis approach to improve soil depth prediction with parent material dataset // Eurasian Soil Science, 2021. № 12.

<https://doi.org/10.1134/S1064229321120139> опубликована только в английской версии

Soil depth (depth of soil) is a key factor to evaluate the potential of land for farming. Observation of soil depth has been performed by field work over the long term, consuming enormous time and huge labor. Prediction of the soil depth using digital terrain analysis could be conducted not only with less time and labors, but without solum destruction, compared to conventional field observation. In the present study, we analyzed various relationships between soil depth and digital terrain attributes with parent materials dataset, and established a useful model for spatial prediction of the soil depth in the Pongsang Creek Watershed. Prediction models for soil depth were built based on simple linear regression (SLR) and selection-wise non-linear regression (SWNR), respectively, and their results were compared with each other. Use of the SWNR significantly improved the SLR, for every parent material. Globally, the SWNR improved validation performance by 0.36 for R^2 and 23.21 for RMSE ($R^2 = 0.65$, $\text{RMSE} = 5.95$), compared to the SLR. This finding confirms high potential of parent material dataset and the SWNR in digital terrain analysis for soil depth prediction.

Keywords: terrain attribute, digital elevation model, selection-wise non-linear regression, digital soil mapping, statistical modeling, cross-validation

Химия почв

А. Г. Заварзина, Н. Н. Данченко, В. В. Демин, З. И. Артемьева, Б. М. Когут Гуминовые вещества – гипотезы и реальность (обзор) // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1449-1480.

<https://doi.org/10.31857/S0032180X21120169>

Гуминовыми веществами (ГВ) называют совокупность гетерогенных темноокрашенных полидисперсных веществ, распространенных в почвах, торфах, природных водах и донных осадках. Согласно гипотезам, ГВ образуются в результате деградации биополимеров органических остатков и реакций свободнорадикальной конденсации (процесс называется гумификацией). ГВ принято относить к особой категории специфических природных соединений, которые не имеют аналогов в живых организмах, отличны от биомолекул растительных и микробных тканей и обладают устойчивостью к биодеструкции.

При этом ГВ выделяют из природных объектов щелочами и на основе растворимости делят на гуминовые кислоты (ГК, растворимы, осаждаются при $\text{pH} < 2$), фульвокислоты (ФК, растворимы при всех значениях pH) и гумин (нерастворимый остаток). В обзоре дан критический анализ гуминовой терминологии, номенклатуры, способа извлечения ГВ из природных объектов, а также гипотез, описывающих их образование. Показана неоднозначность и двойственность понятия ГВ (специфические соединения и сумма операционных фракций), а также условность разделения органического вещества (ОВ) на темноокрашенные соединения неопределенной структуры (ГВ) и вещества известного строения (не-ГВ). Трактровка ГВ как специфических продуктов вторичного синтеза требует пересмотра. Возможность протекания свободнорадикальных внеклеточных реакций в почвах высока, но количественный вклад продуктов этого процесса в природное ОВ пока не установлен. Традиционную щелочную экстракцию следует рассматривать как способ извлечения гидрофильных полярных веществ, осаждение кислотой – как их концентрирование для дальнейшего изучения. Исторические названия гумусовых фракций (ГК, ФК, гумин) следует сохранить как устоявшиеся групповые понятия и названия препаратов, полученных определенным способом, не придавая этим фракциям значения особых специфических веществ. Соотношения $\text{C}_{\text{гк}}/\text{C}_{\text{фк}}$ (или $\text{C}_{\text{гк}}/\text{C}_{\text{орг}}$) являются простым и удобным показателем типов гумуса, отражающим биоклиматические условия его образования.

Ключевые слова: природное органическое вещество, неживое органическое вещество, органическое вещество почв, вещества щелочных экстрактов, гумусообразование, гумус, гумификация, гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумин

Пуртова Л. Н., Тимофеева Я. О., Характеристика мелкозема и ортштейнов агрогенных почв юной части Приморского края: физико-химические, оптические свойства, каталазная и каталитическая активность // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1481-1492. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21120091>

На основе комплексного изучения двух типов почв, широко используемых в системе земледелия региона, с активным проявлением процесса ортштейнообразования установлены различия физикохимических, оптических свойств и параметров биологической активности. Уровень обогащенности каталазой исследованных почв был низким. Почвы с большим содержанием Собщ характеризовались низкими значениями параметров интегрального отражения. Выявлены различия в оптических показателях исследуемых почв и ортштейнов в системе $\text{CIE-L}^*a^*b^*$. В ортштейнах отмечено усиление взаимосвязи между оптическими параметрами, а также уменьшение значения L^* и увеличение b^* по сравнению с почвенной массой. Ортштейны двух типов почв характеризовались высоким уровнем проявления каталитической активности. Между значениями каталитической активности и интегрального отражения установлена тесная отрицательная корреляционная связь. На основе полученных результатов отражена потенциальная роль ортштейнов в накоплении углерода в почвах. Спецификой ортштейнов агротемногумусовых глеевых почв являлась активизация каталазной и каталитической активности и формирование многочисленных зон аккумуляции углерода внутри ортштейнов. Обогащенные углеродом зоны представляли собой активные центры окисления элементов с переменной валентностью, что способствовало формированию ортштейнов более крупных размеров в этих почвах.

Ключевые слова: агротемногумусовые подбелы глееватые, Albic Stagnosols (Aric), агротемногумусовые глеевые почвы, Eutric Gleysol (Aric), железо-марганцевые конкреции, гумус

Старцев В. В., Дымов А. А. Амфифильные свойства и водорастворимое органическое вещество почв Приполярного Урала // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1492-1505. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21120121>

Охарактеризованы гидрофильно-гидрофобные свойства щелочерастворимого органического вещества, содержание и распределение водорастворимого органического вещества почв Приполярного Урала. Выявлено, что преобладающий тип растительности высотного пояса определяет поступление и характер почвенного органического вещества. Мохово-лишайниковый напочвенный покров горнотундрового пояса способствует поступлению растительного опада, обогащенного гидрофобными соединениями (до 24.0%). В травяных сообществах подгольцового пояса преобладают гидрофильные фракции почвенного органического вещества (первая фракция 42.4–77.0%; вторая 0.3–12.6%). Древесная растительность горно-лесного пояса способствует увеличению содержания гидрофобных лигнинсодержащих фракций (16.4–34.8%). Для горно-тундровых почв с многолетнемерзлыми породами характерно увеличение степени гидроморфизма, в результате в минеральных горизонтах происходит накопление (до 75.4%) соединений, связанных с Fe и Al. Расчет запасов углерода водорастворимого органического вещества показал, что они привносят в общие запасы углерода от 0.3 до 9%.

Ключевые слова: хроматография гидрофобного взаимодействия, фракционирование, многолетнемерзлые породы, water soluble organic matter, Podzol, Umbrisol, Cryosol

Биология почв

Чернов Т. И., Семенов М. В. Управление почвенными микробными сообществами: возможности и перспективы (обзор) // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1506-1522.

<https://doi.org/10.31857/S0032180X21120029>

Рассмотрены возможности регулирования почвенных микробных сообществ при помощи различных сельскохозяйственных практик и внесения микробных препаратов. С помощью агроприемов можно регулировать общую биомассу, разнообразие и активность микроорганизмов, а также интенсивность отдельных процессов, например, превращений азота. Проблемой остается комплексное, неизбирательное влияние этих приемов на микробное сообщество, а также высокая вариабельность их воздействия. Эффективность микробных препаратов определяется выживаемостью вносимых микроорганизмов в почве, разнообразием почвенно-климатических условий и конкуренцией с нативными почвенными микроорганизмами. Необходима более строгая проверка эффективности микробных препаратов и биоудобрений по аналогии с медицинскими препаратами. Для разработки действенных микробиологических препаратов требуется интеграция агробиотехнологий с современными концепциями микробной экологии на базе молекулярно-биологических методов исследования почвенных микробных сообществ.

Ключевые слова: вспашка, севооборот, микробные инокулянты, биоудобрения, органические удобрения, минеральные удобрения, цикл азота, плодородие почвы, стимуляторы роста, супрессивность почвы

M. F. A. Halmi, and K. Simarani Responses of Soil Microbial Population and Lignocellulolytic Enzyme Activities to Palm Kernel Shell Biochar Amendment // Eurasian Soil Science, 2021. № 12.

<https://doi.org/10.1134/S1064229321120073> опубликована только в английской версии

The ameliorant effect of biochar on the physicochemical properties of tropical acidic soil has been reported in many studies. However, the study of its effect on soil microbiota in the tropical soil remained limited. A controlled 70 days microcosm experiment was conducted to assess soil microbial responses to palm kernel shell (PKS) biochar (pyrolysed at 400°C) treatment in a tropical Acrisol. Biochar was added with a percentage application of 2% (w/w) (B2) and 5% (B5). The soil was destructively sampled biweekly and was analysed for physicochemical properties (pH, CEC, organic C, active C) and microbial lignocellulolytic enzyme (total cellulase, β -glucosidase, endoglucanase, phenol oxidase, peroxidase). Total soil genomic DNA was extracted and subjected to absolute quantification of bacterial 16S rDNA and fungal ITS gene. The PKS biochar significantly improved the acidic soil condition in all measured soil physicochemical properties. Cellulolytic enzymes were significantly stimulated, while ligninolytic enzymes were unaffected. Both bacterial and fungal

abundance were stimulated by PKS biochar treatment with respective increment of 221 to 334 and 208 to 277% than control. No significant changes of microbial population between the different amounts of biochar applied. The PKS biochar alters the microbial population mainly by enhancing the acidic tropical soil to a more favourable condition through elevation of soil pH and CEC.

Keywords: cellulase, highly weathered soil, microbial abundance, soil enzyme, qPCR

Y. M. Xiong, L. Ruan, Z. Q. Li, S. P. Dai, Y. J. Pan, Y. Qiao, Y. Q. Qi, and L. Hu Changes in metabolic functions of the soil microbial community in eucalyptus plantations along an urban–rural gradient // Eurasian Soil Science. 2021. Т. 66. № 12. <https://doi.org/10.1134/S1064229321120152> **опубликована только в английской версии**

Urbanization has been shown to influence the composition and diversity of soil microbial communities. However, the functional response of the soil microbial community to urbanization is not well studied. In this study, we used the Biolog Microplates method to characterize microbial catabolic profiles in Eucalyptus plantations of soil samples from urban, suburban and rural sites in Guangzhou, China. The results showed that there were significant differences in the average well-color development (AWCD) of all carbon sources among the three urban–rural plantations microbial communities, and the Simpson functional diversity index showed significant differences. Soil microbial metabolic activity showed a significantly negative correlation with soil variables (pH, total nitrogen, available Cu, available Zn, total Pb, total Cr and total Cd) except bulk density and organic carbon. Additionally, the three urban–rural plantations microbial communities differed significantly in the metabolic utilization of carbohydrates, phenols, amino acids and amines, however there were no significant differences in the carboxylic acids and polymers. Furthermore, the principal component analysis revealed that the microbial communities of three urban–rural plantations had obviously different metabolic functions. These results revealed that urbanization distinctly decreased soil microbial activities and affected soil microbial function.

Keywords: urbanization, soil microbes, suburban sites, Biolog Microplates method

T. G. Weldmichael, D. Márton, B. Simon, E. Michéli, G. T. Reda, F. Adiyah, and M. Cserhádi Bacterial Community Characterization and Microbial Respiration of Selected Arable Soils of Ethiopia // Eurasian Soil Science, 2021. № 12. <https://doi.org/10.1134/S1064229321120140> **опубликована только в английской версии**

Soil microbial communities are considered a prominent soil fertility component since they highly influence soil processes. Despite the current challenges of soil fertility in Ethiopia, the biological properties of soils have been rarely incorporated into soil management decisions and research. The present study describes the bacterial community structure, pattern of soil microbial respiration (SMR), and their relationship with soil physicochemical properties in selected arable soils from four sites, with Luvisols, Cambisols, Vertisols, and Nitisols in the Tigray Regional State of Ethiopia. We employed amplicon sequencing and basal respiration methods to investigate the bacterial community structure and microbial respiration rate, respectively. SMR was higher in the Nitisol samples with a high amount of P₂O₅, soil organic carbon (SOC), and exchangeable Mg²⁺. Amplicon sequencing results (400 bp/OTU reads) revealed that the bacterial community was dominated by Actinobacteria, Chloroflexi, and Proteobacteria phyla. The highest ratio of Actinobacteria was found in Vertisol, while that of Chloroflexi and Proteobacteria was detected in Luvisol and Nitisol, respectively. Among the Alphaproteobacteria, order Rhizobiales (including Rhizobiaceae, Beijerinckiaceae, Xanthobacteraceae, Devosiaceae family) was the most abundant nitrogen-fixing bacteria in the soil samples. From the known P-mobilizing and Indole Acetic Acid (IAA) bacteria, members of Bacillus and Pseudomonas were found in low abundance (<1%). Overall, this study highlighted that P₂O₅, SOC, and Mg²⁺ probably influenced the variations of bacterial community structure and SMR. The relatively low abundance of important plant growth promoting bacteria (PGPB) in the investigated sites suggests the need for appropriate soil management practices for better

crop yield. We recognized that this study was preliminary research, and much work still needs to be done to get a comprehensive view of the agrobacterial community structure and SMR of soils in the study area.

Keywords: agroecosystem, amplicon sequencing, basal respiration, soil microbes, soil fertility

Агрохимия и плодородие почв

И. А. Дубровина Влияние биоугля на агрохимические показатели и ферментативную активность почв средней тайги Карелии // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1523-1534.

<https://doi.org/10.31857/S0032180X21120054>

Исследовали пролонгированное влияние внесения древесного биоугля в дозе 1.5 кг/м² на динамику изменений и тренды основных агрохимических показателей, а также ферментативную активность в почвах различного гранулометрического состава в среднетаежной подзоне Карелии. Участки двухлетнего мониторинга площадью 5 м² были заложены рандомизированно в четырехкратной повторности на пашне. Почвы участков – агрозем альфегумусовый иллювиально-железистый супесчаный (Umbric Podzol) и агрозем текстурно-дифференцированный типичный среднесуглинистый (Umbric Retisol). Анализировали следующие показатели: рНКСl, К₂O, Р₂O₅, Сорг, Нобщ, С/Н – ежемесячно в течение вегетационных периодов, а также плотность, активность каталазы, инвертазы и уреазы ежегодно. Отмечен достоверный рост показателей рНКСl, К₂O и минерального азота при внесении биоугля в агрозем альфегумусовый. Биоуголь оказывал заметное влияние на содержание Р₂O₅ в первый год наблюдений. В почве легкого гранулометрического состава для показателей рНКСl, К₂O и Сорг отмечен расходящийся линейный тренд, демонстрирующий значительный эффект последствия внесения биоугля на второй год исследований. В агроземе текстурно-дифференцированном биоуголь оказывал достоверное влияние лишь на значение . В почве тяжелого гранулометрического состава значительно уменьшалось содержание нитратного азота при незначительных колебаниях содержания аммонийного азота. Плотность почв менялась слабо. Для обеих почв характерен достоверный рост содержания Сорг и соотношения С/Н при неизменных показателях Нобщ, создающий условия для иммобилизации азота. Внесение биоугля не влияло на активность уреазы и каталазы. Наибольшей отзывчивостью отличалась инвертаза, диагностирующая изменение содержания углерода в почвах.

Ключевые слова: почвенная кислотность, доступный калий и фосфор, общий азот, минеральный азот, органический углерод, каталаза, инвертаза, уреазы

Деградация, восстановление и охрана почв

Семенюк О. В., Стома Г. В., Бодров К.С. Оценка стоимости экосистемных услуг элементарных городских ландшафтов (на примере г. Москвы) // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1535-1548.

<https://doi.org/10.31857/S0032180X21120108>

На примере г. Москвы с учетом функционального использования территории, взаимосвязи экосистемных сервисов с экологическими функциями и свойствами отдельных компонентов ландшафта впервые определена стоимость парково-рекреационных, селитебных и селитебно-транспортных городских ландшафтов. На основе ранее предложенной авторами методики оценен широкий спектр экосистемных услуг ландшафтов, в основном ассоциированных с почвами и их экологическим состоянием. На урбанизированной территории стоимость экосистемных сервисов, осуществляемых почвой, в 20–30 раз выше по сравнению с зелеными насаждениями, а некоторые почвенные услуги можно считать бесценными в связи со сложностью возобновления данного природного ресурса. Стоимость экосистемных услуг ненарушенных почв парково-рекреационных ландшафтов в 1.5–2 раза превышает таковую антропогенно-преобразованных почв селитебных и селитеботранспортных. Основной вклад вносят сервисы: “депонирование углерода”, “сохранение генетического материала биоты”, “фильтрации и аккумуляции химических элементов в экосистеме”, которые можно рассматривать как перспективные при монетизации экосистемных услуг городских ландшафтов. Снижение стоимости экосистемных услуг от парково-рекреационных ландшафтов к селитебным и селитеботранспортным в значительной мере

определяется ухудшением экологического состояния почв. Выгоды, предоставляемые природным блоком ландшафтов, сопоставимы или имеют большую ценность по сравнению с культурными. По отношению к общероссийской оценке особенностью городской территории является значительное долевое участие в стоимости экосистемных услуг блока культурных (в среднем 25%) и снижение регулирующих (на 30%). Результаты экономической оценки экосистемных услуг городских ландшафтов свидетельствуют о недооценке природных составляющих, весомом вкладе почвы в природный блок, необходимости поиска упрощенных интегральных показателей ее состояния, наличии проблем стоимостного расчета. Методические подходы и полученные оценочные результаты могут быть использованы в практической градостроительной деятельности, способствовать сохранению почвенного покрова и оптимизации функционирования городских ландшафтов.

Ключевые слова: экосистемные сервисы, функции городских ландшафтов, экологическое состояние почв, Albic Retisols, Albic Luvisols, Urbic Technosols

Собакин П. И., Чевычелов А. П., Горохов А. Н. Радиогеохимия почв и песков в монацитовой россыпи в Южной Якутии // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1549-1563. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2112011X>

Обсуждаются результаты полевой радиометрической съемки, проведенной на территории добычи монацита из россыпи Васильевка в южной части Якутии. Показано, что естественная фоновая радиоактивность почв обследованной территории зависит от особенностей ее геологического строения и ландшафтно-геокриологических условий. На исследованном участке месторождения величина мощности эквивалентной дозы γ -излучения на поверхности почв в зависимости от изменений в них концентраций ^{40}K , ^{238}U и ^{232}Th варьирует в широком диапазоне от 0.04 до 0.50 мкЗв/ч и более. Радиогеохимические особенности почв изученной площади хорошо отображаются на радиометрических картах, представленных в виде изолиний мощности дозы и содержаний радионуклидов. Минимальные концентрации ^{40}K , ^{238}U и ^{232}Th отмечены в торфяно-болотной почве и торфянике верховом, развитых на водораздельных участках, сложенных кристаллическими сланцами и гнейсами, а максимальные – в подбурях и аллювиальных почвах, сформированных соответственно на продуктах выветривания гранитизированных пород и монацитоносных аллювиальных отложениях долины р. Васильевка. Изученные почвы характеризуются невысокими средними содержаниями ^{40}K и ^{238}U , соответствующими их фоновым значениям в почвах Якутии. Для ^{232}Th в исследованных почвах свойственна повышенная по сравнению с геохимическим фоном средняя концентрация. Помимо состава почвообразующих пород на содержание и распределение радионуклидов в почвах существенно влияют почвообразовательные процессы, химические свойства элементов и техногенное воздействие. По эффективной удельной активности радионуклидов материал почв соответствует первому, второму и третьему классам строительных материалов. На отдельных участках техногенных ландшафтов почвогрунты и обогащенные пески по удельной активности тория относятся низкорadioактивным производственным отходам, для которых требуется утилизация. Выявленные участки естественной концентрации тория в аллювиальных отложениях, имеют строгие ограничения в использовании в качестве строительных материалов.

Ключевые слова: Алданское нагорье, изотопы калия, урана, тория, аллювиальная темногумусовая почва, Naplic Fluvisols, подбур типичный, Entic Podzols

А. Неаман, К. Яньез Фиторемедиация почв, загрязненных выбросами медеплавильного производства в Чили: результаты десятилетних исследований // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1564-1572. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2112008X>

Обобщены авторские исследования по фиторемедиации почв на техногенно-загрязненной территории вблизи медеплавильного предприятия в области Вальпараисо центрального района Чили за десятилетний период. Проанализирован риск воздействия загрязненной почвы на здоровье населения. Рассмотрены

фитостабилизация и фитоэкстракция как основные методы фиторемедиации почв. Установлено, что устранение лимитирующих факторов роста растений путем внесения в почву мелиорантов привело к самопроизвольному восстановлению растительности на исследованной техногенно загрязненной территории вокруг медеплавильного предприятия. Показано, что однократное внесение мелиорантов (известки или смеси известки и компоста) позволило создать самодостаточную систему, стабильную, по крайней мере, в течение 6 лет. Отмечено, что недостатком метода фитоэкстракции является длительное время, необходимое для извлечения металлов из почвы. Практическая реализация метода фитоэкстракции невозможна из-за отсутствия растений-гипераккумуляторов меди в Чили. Ключевые слова: иммобилизация металлов *in situ*, фитостабилизация, фитоэкстракция, медь, Dystric Arenosols (Toxic)