

### Генезис и география почв

О. С. Безуглова, В. Э. Болдырева, С. Н. Горбов, Ю. А. Литвинов Генетические особенности почв на элювии плотных пород Донецкого кряжа // Почвоведение. 2023. № 10. С. 1205-1215.

<https://doi.org/10.31857/S0032180X23600075>

ских свойств почв с черным гумусовым горизонтом, развитых на элювии плотных пород, которые на картах обозначены как черноземы. Исследования проводили на целинных участках заповедных территорий на северо-западе Ростовской области, представляющих собой восточные отроги Донецкого кряжа, где часто встречается выход различных плотных пород на дневную поверхность. Установлено, что морфологические, физические и химические свойства почв на элювии плотных пород Донецкого кряжа подчеркивают их самобытность и специфичность и в то же время указывают на их типовую принадлежность к черноземам по классификации почв СССР (1977). По сравнению с зональными подтипами черноземов – обыкновенным и южным – черноземы на элювии плотных пород характеризуются пониженной мощностью аккумулятивно-гумусовой толщи, повышенным количеством гумуса, щебнистостью нижней части профиля, слабой выраженностью карбонатных новообразований, особенностями фракционного состава гранулометрических компонентов даже при условии принадлежности почв к одной и той же разновидности. Поэтому в классификации почв СССР упоминание подтиповой принадлежности этих почв в названии некорректно. По классификации почв России рассматриваемые почвы на элювии плотных пород относятся к разным типам в зависимости от строения почвенного профиля. В почвенном покрове отрогов Донецкого кряжа распространены темногоумусовые почвы, ранее относимые к черноземам неполноразвитым, отличающиеся от черноземов отсутствием срединных горизонтов и карбонатных новообразований. Черноземы на элювии плотных карбонатных пород характеризуются по сравнению с аналогами на лёссовидных глинах и суглинках пониженной мощностью профиля, а по сравнению с темноцветными почвами наличием срединного горизонта и карбонатных новообразований в нижней части профиля в виде прожилок либо редкой белоглазки.

Ключевые слова: известняки, сланцы, гумус, морфология профиля, гранулометрический состав,

Чернозем

Н.В. Елизаров, В.В. Попов, И.Д. Рыбкина, Б.А. Смоленцев Засоление и осолонцевание почв речных долин Кулундинской равнины // Почвоведение. 2023. № 10. С. 1216-1229.

<https://doi.org/10.31857/S0032180X23600191>

Поверхность Кулундинской равнины расчленена системой древних широких долин, бывших ложбин стока, имеющих очень малый уклон (менее 1°). По этим слабовыраженным долинам текут реки, перераспределяя легкорастворимые соли по территории. Режим этих рек отличается высокой волной половодья и низким (до полного пересыхания) стоком в летнее время года. Цель работы – исследовать ионно-солевую систему почв древних ложбин стока Кулундинской равнины, грунтовых и речных вод для выявления современных процессов засоления почв. Во время половодья речные воды питают близкозалегающие грунтовые воды, оказывая влияние на их химический состав. Исследования трех ключевых участков в долинах р. Баган (Новосибирская область), Бурла и Кулунда (Алтайский край) проводили в 2021–2022 гг. Грунтовые воды различной степени минерализации (от 3.4 до 63.0 г/л) залегают близко от поверхности (2–5 м), что обуславливает широкое распространение засоленных гидроморфных почв на исследуемой территории. Рассмотрены различия в солевом состоянии почв разных долин, грунтовых и речных вод. Степень засоления почв зависела от их гранулометрического состава. Высокое содержание физической глины способствовало подъему солей с грунтовыми водами и аккумуляции их в профиле почв. Большое количество обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе исследованных почв (более 3–5 смоль(экв)/кг), преобладание легкорастворимых натриевых солей в почвенном растворе при невысокой его минерализации, а так же щелочная реакция почвенной

среды указывает на проявление процесса осолонцевания почв.

Ключевые слова: грунтовые воды, уровень грунтовых вод, каштановые почвы (Kastanozems), солонец (Solonetz), луговые почвы (Gleysols)

### Химия почв

С. Б. Сосорова, М. Г. Меркушева, Л. Н. Болонева, И.Н. Лаврентьева Сорбция фосфора засоленными почвами Западного Забайкалья // Почвоведение. 2023. № 10. С. 1230-1243.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X22601414>

В статических условиях изучена сорбция фосфора солончаками сухостепной зоны Республики Бурятия из водного раствора  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  в диапазоне концентрации от 0.25 до 5.0 мМ Р/л. Время взаимодействия 24 ч при соотношении почва : раствор 1 : 10. Количество сорбированного фосфора вычисляли по разности его содержания в исходных растворах и в фильтратах почвенных суспензий. По экспериментальным данным построили изотермы адсорбции фосфора почвой и рассчитывали параметры сорбции по уравнениям Ленгмюра и Фрейндлиха. Относительно высокими сорбционными свойствами по отношению к фосфору обладают солончаки типичный и квазиглеевый. Значение максимальной емкости адсорбции ( $A_{\text{max}}$ ) в гумусовых горизонтах данных почв изменялось в пределах 23.04–42.74 мМ Р/кг, в нижележащих горизонтах – 16.26–30.39 мМ Р/кг. В целом все почвы, за исключением солончака сорового, имели значение  $A_{\text{max}}$  в пределах 17.70–42.74 мМ Р/кг. Низкое сорбционное значение фосфора выявлено у солончака сорового. Константа адсорбции Ленгмюра (KL) варьировала в пределах 0.3–14.0 л/мМ. Солончаки темный и типичный наиболее прочно связывают фосфор. Коэффициент Фрейндлиха (KF) в изученных почвах изменялся в гумусовом горизонте от 5.34 до 63.43 ммоль Р/кг, в минеральных от 1.74 до 22.68 ммоль Р/кг. Коэффициент распределения (Kd) колебался в пределах 1.95–145.04 л/кг с высокими значениями для солончака квазиглеевого и низкими для солончака сорового. Корреляция между Kd и  $A_{\text{max}}$  оценивалась как средняя ( $r = 0.51$ ), Kd и KL – высокая ( $r = 0.84$ ,  $p \leq 0.05$ ). Исследуемые почвы по значениям SPR (количество фосфора, которое должно быть сорбировано почвой для поддержания концентрации  $P = 0.2$  мг/кг (0.0065 мМ/л) в почвенном растворе) от 0.0723 до 3.4836 мМ/кг относятся к слабо сорбирующим фосфор. По способности сорбировать фосфор почвы образуют следующий убывающий ряд: солончак квазиглеевый > солончак типичный > солончак темный > солончак глеевый > аллювиальная светлогумусовая засоленная > солончак соровый.

Ключевые слова: фосфат-ионы, адсорбция, уравнение Ленгмюра, уравнение Фрейндлиха, Solonchaks

Т. Т. Ефремова, С. П. Ефремов, А. Ф. Аврова Сезонная активность почвенной пероксидазы в осушенных болотных сосняках Западной Сибири: системно-экологический анализ // Почвоведение. 2023. № 10. С. 1244-1258. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600774>

84°34'043" E). В торфяных почвах (Histosols) среднезвешенная за сезон активность пероксидазы (базовый уровень) составила в режиме слабой гидромелиорации 14.4, умеренной – 21.9, интенсивной – 70 ед. (мл йода на 1 г сух. навески за 2 мин). Основная закономерность развития сезонных колебаний активности пероксидазы описывается полиномом второго порядка. Значения и знаки параметров параболического тренда показывают, что средняя активность пероксидазы еженедельно снижалась на 4.4, 7.6 и 15.2 ед. с еженедельным средним ускорением на 0.31, 0.59 и 1.54 ед. с июня по октябрь в режиме слабого, умеренного и интенсивного осушения соответственно. Сезонные колебания активности пероксидазы относительно базового уровня характеризуется июньским увеличением прироста, максимальным в слое 0–10 см. В июле наблюдается снижение темпов прироста: в режиме слабого и умеренного осушения процесс охватывает весь почвенный профиль в августе, в условиях глубокого осушения – в октябре. Активность фермента достоверно положительно связана с объемной влажностью и величиной рН, отрицательно – с окислительно-восстановительным потенциалом и разнонаправлено – с температурой почв. При оценке вклада условий почвенной среды в сезонную динамику пероксидазы создается эффект взаимозаменяемости экологических градиентов. Методом канонического анализа установлено, что индексы детерминации объясняют совокупное воздействие обсуждаемого множества на

52–74%, главным фактором, регулирующим сезонную активность пероксидазы, является гидротермический режим: в условиях слабого осушения в боль шей мере под воздействием температуры, интенсивного – влажности, умеренного осушения – влажности и температуры. Активность пероксидазы и глубина гумификации торфяных почв разной степени осушения взаимосвязаны на 87%.

Ключевые слова: осушенные торфяные почвы, оксидоредуктазы, тренд сезонных колебаний, индекс сезонности, окислительно-восстановительный потенциал, гидротермические условия, pH, взаимо обусловленный эффект

M. C. Sá, A. R. M. Campos, A. B. Evaristo, R. S. Silva, and L. B. Dobbss "Quality and Bioactivity of Humic Substances from Soils Grown with Cover Crops," Eurasian Soil Science, <https://doi.org/10.1134/S1064229323600240>

Abstract—This study aimed to evaluate the quality of humic substances isolated from soils managed under a no-tillage system cultivated with different cover crops and to verify their biological activities on the growth of maize seedlings (*Zea mays* L.) in a hydroponic system. Nine different cover crops were grown in the study area giving rise to the different treatments. To obtain the organic matter quality index and proceed with the characterization of humic substances, soil samples from each treatment were collected superficially (0–20 cm). The humic substances were extracted and fractionated and then the material was characterized by chemical and spectroscopic methods. The biological activity of humic substances was evaluated by growing maize seedlings in a hydroponic system whose solutions contained 2.0 mM CaCl<sub>2</sub> (minimum medium) supplemented or not (control) with nine different humic substances at a concentration of 6.25%. In general, the use of different cover crops influenced both the quality and the bioactivity of humic substances in soils managed under no-tillage. The soil cultivated with *Crotalaria spectabilis* stood out for presenting humic substances with a higher degree of humification and chemical stability, as well as for having denoted the best results regarding the growth of corn seedlings.

Keywords: No-tillage system, organic matter, spectroscopy, roots architecture, maize

J. N. Feng, T. Y. Xia, C. Wu, Z. B. Chen, Z. J. Li, Y. J. Bai, L. J. Yang, Y. X. Gong, N. Zhaia, and Z. X. Tang "Current Research and Perspective of Soil Nutrients Spatial Variation Characteristics in Flue-cured Tobacco Planting Soil in China," Eurasian Soil Science, <https://doi.org/10.1134/S1064229322602724>

Abstract—A good soil environment helps to ensure the healthy growth of flue-cured tobacco plants, and the nutrients therein profoundly affect the sustainable development of planted tobacco resources. In exploring the spatial variability characteristics of soil nutrients, visualization methods and the construction of a comprehensive soil fertility evaluation system can provide a scientific reference for determining the nutrient content of tobacco planting soil. Using a bibliometric approach, we collected 90 published papers from 2008 to 2022 from the Web of Science and CNKI databases on the spatial variation in soil nutrient characteristics of flue-cured tobacco planting soil, with a focus on the conditions found in China. The current situation and potential issues were analyzed according to the indicator selection frequency, spatial variation visualization method, and influencing factors. There were 20 indicators reflecting the soil nutrients of flue-cured tobacco planting soil. The frequency of available zinc was the highest at 42.86%, followed by phosphorus, organic matter, pH, alkali-hydrolyzable nitrogen, and available potassium. Among the visualization methods, Kriging interpolation was the most widely used, with an application frequency of 68.80%. The influencing factors were divided into natural and human ones. Principal component analysis was commonly used to screen indicators and determine weights, and the soil fertility suitability index was used to evaluate the spatially integrated fertility of

soil nutrients for flue-cured tobacco planting. Available zinc, available phosphorus, soil organic matter, soil pH, soil alkali-hydrolyzable nitrogen, and available potassium are important evaluation indices for determining the spatial variability of soil nutrients in flue-cured tobacco planting soil. The selection of indicators, the determination of their weights, and method selection all significantly affect the accuracy of soil nutrient evaluation; thus, future work should focus on the development of a comprehensive evaluation system for tobacco planting soil that also considers trends associated with natural and human factors and their effects on spatial variability.

Keywords: bibliometric method, soil assessment indicators, soil fertility assessment, spatial interpolation method

## **Физика почв**

Yingguo Wang, Haiou Zhang, Zenghui Sun, and Jian Wang "Hydrus-3D-Based Study on Water Retention in Chinese Sloping Farmland," Eurasian Soil Science <https://doi.org/10.1134/S1064229323600410>

Abstract—Soil moisture affects the regional water cycles and the processing of afforestation. However, how the soil moisture varied and distributed along the slope remains unclear. The spatial and temporal variation patterns of soil water transport in sloping farmland with different slopes in northern China were simulated using the Hydrus-3D model. During the soybean growth period, with the increase of the slope of the cultivated land, the soil moisture content in the rainy season shows a trend of decreasing with the increase of the soil depth. Still, in the dry season, the soil water content tends to increase with the increase of soil depth, indicating the deeper layer's more robust water storage capacity. In addition, the change of soil interflow accounted for 60.50, 61.32, and 61.50% of the total flux at a depth of 0–40 cm in different slopes, indicating that the greater the slope of cultivated land, the more significant the change of precipitation on soil interflow. In conclusion, the effect of slope on water pressure and transport of sloping farmland is complicated; the more significant the slope, the greater the outflow of soil interflow and the more moisture loss. Therefore, the sloping cultivated land after remediation should ensure that the slope is gentler as soon as possible.

Keywords: sloping farmland, water transfer, soil interflow

J. Leal Villamila, E.A. Avila Pedraza, A.E Darghan Contreras, and D. Lobo Luján "Plant Available Water Capacity in Surface Horizons of Soil with Rock Fragments in an Andean Micro-Watershed: a Spatial Relational Analysis," Eurasian Soil Science <https://doi.org/10.1134/S1064229323600392>

Abstract—Plant available water storage capacity is a vital soil property for vegetation and soil hydrological processes. Different investigations focused on evaluating the influence of rock fragments on the soil plant water storage capacity usually don't involve the spatial component. This work spatially modelled the available water storage capacity for plants of a tropical Andean micro-watershed as response of some soil properties. Hydrological response units were used for the sampling design and 46 sampling sites were established in which disturbed and undisturbed soil samples were taken. The rock fragments content (2 to 20 mm) in soils were determined by sieving method and the sand and clay content were obtained using Bouyoucos method modified by Day. Undisturbed samples in 98.1 cm<sup>3</sup> metal cylinders were taken from the soil to determine the available water retention capacity using the Richards' pressure chamber. For the modelling process, the spatial regression method was used. The results show that the retention of water available for plants is greater on the slopes of the middle and upper part of the studied micro-watershed, and the model created was able to relate the contents of rock fragments, sand, and clay to predict the variable with a good statistical fit. The spatial model developed

allowed estimating the values of the plant available water retention capacity with a high degree of assertiveness ( $r = 0.77$ ). It was established that the gravimetric rock fragments content in the soil surface horizon had a significant influence on the spatial behavior of the plant available water retention capacity. Keywords: field capacity, hydrological response unit, soil physical properties, soil mapping, permanent wilting point

### **Минералогия и микроморфология почв**

A. R. Raheb and A. Heidaria "Comparison of Clay Mineralogy and Micromorphological Image Analysis of Anaerobic and Aerobic Soils in the North of Iran," Eurasian Soil Science  
<https://doi.org/10.1134/S1064229323600355>

**Abstract**—This study aimed to compare the capability of image analysis in recognition and measuring different chemical forms of iron existing in the thin sections. The pedogenic forms of iron in three adjacent agricultural land uses, including paddy (Hydragric Anthrosols), citrus (Arenosols), and kiwi fruit (Cambisols) cultivated soils were determined and compared using the image and chemical analyses methods. Stepwise removal of iron oxyhydroxides from the soil thin sections was carried out using chemical iron oxide extractors, followed by photographing after each treatment using the Olympus AnalySIS software. The results revealed that the Hydragric Anthrosols contain higher amounts of DTPA-extractable (available) Fe and Mn and low P and K contents than the citrus and kiwi fruit land uses. We attributed these to anaerobic conditions caused by artificial anthraquic conditions at the surface and the high ground water table. Mineralogical analyses results indicated that smectite was the most dominant clay mineral in the Hydragric Anthrosols, while in the well-drained Arenosols and Cambisols, vermiculite is the dominant mineral. Also, the micromorphological results showed that after the construction of kiwi orchards in the former paddy fields, the pore volume and redoximorphic features increased, due to better aeration conditions and the cessation of puddling. The use of image analysis techniques helped us better understand the repeated oxidation and reduction processes and quantify the redoximorphic features of the soil. Statistical analysis showed that although there is no significant correlation ( $R^2 = 0.0321$  in  $F_{et}$ ,  $0.0353$  in  $F_{eox}$ , and  $0.2141$  in  $F_{ecd}$ ) between the amounts of iron forms obtained from image analysis and chemical techniques. The citrate dithionate extractable form shows a better correlation compared to the total and oxalate extractable forms.

Keywords: aquic conditions, microscopic technique, silicate clay mineral, submerged soils, fruit orchards

H. Samia, B. Hamdi-Aïssa, and M. Tewfik "Mineralogical and Micromorphological Properties of Oued Righ Region Soils in the Northern Sahara of Algeria," Eurasian Soil Science  
<https://doi.org/10.1134/S1064229322602748>

**Abstract**—Soil resources and their quality in the desert region of Oued Righ, located in northeastern Algerian Sahara, have emerged as unifying concepts to approach the larger issue of sustainability of oasian ecosystems in general, and agriculture in particular. This study aims to characterize and classify using physicochemical, mineralogical and micromorphological analyses, thirteen pedons located in different landscapes positions, including butte, plateau, piedmont, alluvial plain, playa, and claypan, to provide information about the genesis, classification, and properties of the Oued Righ soils. The results showed that the parent materials (calcareous and gypsiferous), as well as the topographic conditions, greatly influence soil development and its distribution in the study area. The soils of the Oued Righ region are generally slightly alkaline and saline, have coarse texture, especially at the soil surface, and are very rich in gypsum accumulations. These soils are classified as Aridisols and Entisols. The clay mineralogy results revealed that detrital input and inheritance are possibly the main sources of

palygorskite, kaolinite, smectite-chlorite, and illite. Thin-section observations revealed that calcite coatings on grains and voids, calcite nodules and gypsum macro- and microcrystals were common pedofeatures observed in the studied soils. Hence, the actual hydrological regime in the study area is not compatible with the data obtained; therefore, the majority of pedons should be considered as paleosols. Keywords: Aridisols, gypsiferous soils, paleoenvironmental conditions, Sahara, pedogenesis, clay mineralogy

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

И.Ю. Савин, А.Г. Тереховс, Е.Н. Амиргалиевс, Г.Н. Сагатдиновс Спутниковый мониторинг засоления орошаемых почв Южного Казахстана // Почвоведение. 2023. № 10. С. 1259-1258.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X23600543>

Приведены результаты апробации новых подходов к мониторингу засоленности почв орошаемых массивов, основанные на косвенном детектировании засоленности почв с использованием много летних архивов спутниковых данных. Исследования выполнены на примере орошаемых земель Мактааральского района Туркестанской области Республики Казахстан. В качестве индикатора уровня засоленности почв используется частота и сроки промывок почв от солей, которые выявляются на основе многолетних архивов спутниковых данных Sentinel-1,2 и Landsat-8 (с 2016 по 2022 гг.). Информация о частоте промывок почв от солей и о годе последней промывки позволила ранжировать поля по степени засоленности почв. Сравнение полученной информации с мелкомасштабной почвенной картой и со статистическими данными, основанными на полевых обследованиях полей, по казало хороший уровень сходства уровня засоленности почв тестового региона. Подобный подход может быть использован для других регионов с орошаемыми почвами, подверженными вторичному засолению, где практикуются зимние промывки затоплением. Он не требует дополнительной адаптации и основан на простых алгоритмах распознавания по спутниковым данным водной поверхности.

Ключевые слова: промывка солей, Sentinel-2, Landsat, засоленные почвы, NDVI

Г. Н. Копчик, И. Е. Смирнова, С. В. Копчик Анализ эколого-генетических особенностей почв для мониторинга лесных экосистем в зоне хвойно-широколиственных лесов // Почвоведение. 2023. № 10. С. 1269-1284. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600592>

Достоверная оценка состава и свойств почв в лесных экосистемах является основой экологического мониторинга, включая мониторинг пулов и потоков углерода, приобретающего особое значение в условиях глобальных изменений природной среды и климата. Проанализированы эколого-генетические особенности и уточнена классификационная принадлежность почв на стационарных участках интенсивного мониторинга в основных типах лесных экосистем государственного природного заказника “Звенигородская биостанция МГУ и карьер Сима” (Московская область, Россия). Мониторинг почв организован и проводится с учетом рекомендаций Международной совместной программы по оценке и мониторингу воздействия загрязнения воздуха на леса (ICP Forests). Доминирующие в почвенном покрове заказника элювоземы и дерново-элювоземы на двучленных отложениях характеризуются легким гранулометрическим составом (содержание илистой фракции <math><0.002\text{ мм}</math> 3.3–7.0%), кислой реакцией (4.6–5.7), низкой емкостью катионного обмена, невысоким содержанием обменных оснований (0.6–7.5 смоль(+)/кг в минеральных горизонтах и 30–52 смоль(+)/кг в подстилках) и низкой степенью насыщенности (11–51 и 49–67% соответственно). Содержание потенциально токсичных металлов (Pb, Cd, Cu, Ni и Zn) в почвах заказника не превышает фоновых уровней. Экологическое состояние почв, оцененное на основании совокупности их химических и физических свойств, улучшается в ряду: элювозем контактно-осветленный – дерново-элювозем псевдофибровый – дерново-элювозем ожелезненный, влияя на функционирование и устойчивость лесных экосистем к внешним воздействиям в условиях нарастающей антропогенной нагрузки и изменения климата.

Ключевые слова: экологическое состояние почв, элювозем, дерново-элювозем, Dystric Cambisol,

Jun Zhang, Shuai Tian, Jinfeng Zeng, and Zuwen Liua "Analysis of the Sources and Risk Assessment of Heavy Metals in the Soil of an Ion-Type Rare Earth Mining Area in Southern Jiangxi," Eurasian Soil Science <https://doi.org/10.1134/S106422932360077X>

**Abstract**—Ion-type rare earth is an important strategic resource, and its unique mining process results in serious pollution of the soil and water environment in the mining area and its surroundings. In this study, an ion-type rare earth mining area in southern Jiangxi was selected as the research object, and a total of 66 sampling points (including rare earth production areas, tailings areas, surrounding residential areas, and farmland) were set up for investigation of heavy metal content in the soil (0–20 cm). Correlation analysis, principal component analysis, and spatial analysis were used to analyze the sources of heavy metals, and the degree of heavy metal pollution and potential ecological hazards in the study area were evaluated. The results showed that heavy metal pollution in the study area was mainly caused by the metal ions associated with rare earth mining. The average contents of heavy metals Cd, Hg, As, Pb, Zn, and Tl were 0.3, 1.0, 32.6, 135.9, 113.2, and 2.3 mg/kg, respectively, which were all higher than the soil environmental background values in Jiangxi Province. The average values of Hg and Pb were 89 and 22 times higher than the background values, respectively. The evaluation results of single pollutant index and Nemerow comprehensive pollution index showed that Cd, Hg, As, Pb, and Zn were accumulated to varying degrees. Referring to the second-class standard of Soil Environmental Quality Standards, the proportion of caution line, slight pollution, moderate pollution, and severe pollution were 14, 42, 12, and 32%, respectively, which had seriously threatened human health. The comprehensive potential ecological hazard coefficient RI showed that the average value of the comprehensive potential ecological hazard coefficient of the five heavy metals (Cd, Hg, As, Pb, and Zn) in the study area was 635, indicating a strong ecological hazard degree of heavy metal pollution in the soil environment.

**Keywords:** potential pollution hazard, principal component analysis, spatial analysis, Nemerow comprehensive pollution index

Р. А. Медведева, О. П. Ермолаев Районирование овражной эрозии в регионе Среднего Поволжья // Почвоведение. 2023. № 10. С. 1285-1298. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600671>

Приведена новая схема районирования овражной эрозии в крупном регионе России с использованием бассейнового и ландшафтного подхода. Автоматизированное ландшафтное районирование проведено средствами искусственных нейронных сетей с целью определения природно-антропогенных условий развития овражной сети. Эрозионное районирование реализовано на базе крупномасштабного геоинформационного картографирования оврагов методом визуального дешифрирования космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения за 2017–2021 гг. В качестве операционно-территориальных единиц взяты бассейны малых рек (всего 1314) со средней площадью 91 км<sup>2</sup>. На территории исследования идентифицировано 22688 оврагов (включая их отвершки), средняя длина которых – 65 м, а общая длина овражной сети около 1500 км. Средняя густота овражной сети по бассейнам составляет 12 м/км<sup>2</sup>, достигая максимума в 301 м/км<sup>2</sup>. При районировании в качестве показателя взята густота овражного расчленения, косвенно отражающая интенсивность оврагообразования в геопространстве. Доминирующими (84% всех бассейнов) являются районы либо с отсутствием овражного расчленения, либо имеющие слабую или очень слабую овражность. Главные причины повсеместного затухания овражной эрозии связаны с изменениями в землепользовании и в климатической системе, а также эволюционным фактором – переходом многих овражных форм в балочную стадию развития.

**Ключевые слова:** динамика овражности, автоматизированное районирование, геоинформационное картографирование, пространственный анализ

M. Rostaminy, S. Jamzadeh, N. Mehrab, S. R. Mousavi, F. Valizadeh-Kakhki, and A. Chabok "Assessment of

Heavy Metal Accumulation Using Soil Pollution Indices in an Industrial Town, Landfill, and Wastewater Treatment Plant of Ilam City, Iran," Eurasian Soil Science <https://doi.org/10.1134/S106422932360029X>

**Abstract**—This study aimed at investigating pollution sources and indicators in three study sites, namely, an industrial town (It), landfill (Lf), and wastewater treatment plant (WTP) in the vicinity of Ilam city, west of Iran. To achieve this objective, the sampling was performed from the topsoil (0–10 cm) of three sites (It, Lf, and WTP) with pollution potential. Some soil physico-chemical properties and total concentration of HMs including Cd, Pb, Ni, Cr, and Co, pollution indicators and sources of pollution were evaluated by statistical analysis. The results of the geoaccumulation index (Igeo), enrichment factor (EF), contamination factor (CF), and pollution load index (PLI) showed that the studied areas were contaminated with HMs. The highest average of Cd and Pb were 1.45 and 440.19 mg kg<sup>-1</sup>, respectively, in the Lf. Whereas, the highest average of Ni and Cr were 106.53 and 43.50 mg kg<sup>-1</sup>, respectively, in the IT, while the highest average of Co was 81.69 mg kg<sup>-1</sup> in the WTP. According to the results of the principal components analysis (PCA) and clustering, a small part of the Pb, Ni, and Co amounts in the soils had the natural origin, while the results confirmed that a significant proportion of Pb, Cd, and Cr concentrations associated with human-caused hazards. Moreover, all areas (especially Lf and WTP sites) were highly contaminated with Cd. Due to the higher mobility of Cd and its human health hazards, this metal should be given more attention in the study sites of Ilam city. In general, based on our results, more paying attention needs to be considered by decision-makers and stakeholders to manage and control pollution production sources in the soils of the study sites.

**Keywords:** contamination assessment, enrichment factor, geoaccumulation index, pollution sources, cadmium