

УДК 613.432

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ УИЛСКОГО РАЙОНА АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Сатыбалдин Максат Амантаевич, главный проектировщик, ТОО “Janinvest”, Республика Казахстан, 030000, г. Актобе, ул. Локомотивная, 10А; аспирант, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, satybaldin.maksat@mail.ru

В работе приводятся обобщённые результаты исследований влияния лесомелиоративного воздействия на изменения агрохимические свойства почв аридных территорий Уилского района Актюбинской области. Полевые работы были проведены в июле – августе 2021 г. Установлено, что на тёмно-каштановых почвах в горизонте ВС наблюдается увеличение легкорастворимых солей и сульфатов, где сумма солей варьирует от 0,89 до 0,39 %. Использование приёмов лесомелиорации способствует снижению содержания сульфатов на 0,61 %, снижению pH почв до 7,8. Исследования содержания органического вещества почв показали, что наибольшая его концентрация наблюдается на целине и на почвах под лесопосадкой. Это связано с уменьшением антропогенной нагрузки и положительным влиянием лесополосы, которая играет роль барьера. Использование приёмов лесомелиорации на тёмно-каштановых почвах Уилского района Актюбинской области способствует накоплению гумуса, изменению реакции почвенного раствора и улучшению водно-физических свойств почвы.

Ключевые слова: почва, аридная зона, лесомелиорация, химические и физические свойства почв, Уилский район Актюбинской области, Казахстан

REGULARITIES OF CHANGE IN SOIL PROPERTIES IN ARID TERRITORIES UIL DISTRICT OF THE AKTUBINSK REGION UNDER FORESTRY IMPACT

Satybaldin Maksat Amantaevich, Chief Designer, “Janinvest” LTD, 10A Lokomotivnaya St., Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan; postgraduate student, Astrakhan State University, 20a Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, satybaldin.maksat@mail.ru

The paper presents generalized results of studies of the influence of forest reclamation impact on changes in the agrochemical properties of soils in arid areas of the Uil district of Aktobe region. Field work was carried out in July-August 2021. It has been established that on dark chestnut soils in the BC horizon, an increase in easily soluble salts and sulfates is observed, where the amount of salts varies from 0,89 to 0,39 %. The use of forest reclamation techniques helps to reduce the content of sulfates by 0,61 %, reduce soil pH to 7,8. Studies of the content of soil organic matter have shown that its highest concentration is observed on

virgin lands and on soils under forest plantations. This is due to a decrease in the anthropogenic load and the positive impact of the forest belt, which acts as a barrier. The use of forest reclamation techniques on dark chestnut soils of the Uil district of the Aktobe region contributes to the accumulation of humus, changes in the reaction of the soil solution and improves the water-physical properties of the soil.

Keywords: *soil, arid zone, forest reclamation, chemical and physical properties of soils, Uil district of the Aktobe region, Kazakhstan*

Засушливые и полусушливые районы представляют собой основную часть природных экосистем не только в Казахстане, но и во всем мире, и неправильное управление и ненадлежащая эксплуатация этих территорий может привести к дальнейшей постепенной деградации [7; 20–22]. Вследствие внутриконтинентального положения Казахстана на его территории преобладают ландшафты, отличающиеся низкой степенью устойчивости к антропогенному воздействию [8; 12; 18]. Наиболее уязвимыми к техногенезу являются пустынные (45 %) и горные ландшафты (20 % от всей площади республики) [8]. Примерно 76,1 % земель Казахстана считаются чувствительными к опустыниванию территориями и подвержены повышенному риску экологической дестабилизации окружающей среды [13].

Из-за географического расположения на территории Актюбинской области наблюдается резко континентальный климат, нехватка водных ресурсов и их неравномерное распределение, засушливые ландшафты.

Для сухих степей и полупустынной зоны области характерным является комплексный почвенный покров, который формируют тёмно-каштановые почвы вместе с солончаками. На почве активно идут процессы карбонозирования, засоления и солончакования [11]. Солонцы занимают 46 % исследуемого района. В пустынной зоне встречаются массивы или частичные виды интразональных почв.

Успешная защита почв от эрозии и восстановление эродированных земель предусматривает проведение целого комплекса организационно-хозяйственных, агротехнических, гидротехнических и лесомелиоративных мероприятия [9; 19; 23]. Лесные полосы влияют на почвообразование как на территориях, которые они занимают, так и на прилегающих к ним полях. Улучшение проявляется как в агрохимических, так и в агрофизических показателях свойств почв [2; 6; 10].

Согласно данным Р. П. Аманова [1], мощность гумусового горизонта увеличилась на 7 см и грунтового профиля – на 13 см. В зоне воздействия полезащитных полос мощность грунтового профиля увеличилась на 3–6 см, прибавка гумуса в пахотном слое составляла 0,19–0,41 %. Были получены данные, свидетельствующие о некотором увеличении содержания гумуса на опустыненных территориях горных склонов.

Л. Х. Сангаджиева и соавт. [16] указывают, что улучшению качества почвы деградированных земель способствует создание новых лесных плантаций, агролесоводства и лесопастбищных систем, которые улучшают экосистемные свойства почв аридных территорий, такие как гумусная

подстилка, круговорот питательных веществ, инфильтрация воды, борьба с эрозией и увеличение биоразнообразия. Защитные полосы деревьев разного возраста и вида эффективно снижают уровень нитратного азота на 22–60 %, а также регулируют физико-химические свойства почвы, плодородие и связывание углерода. Состав почв по содержанию легкорастворимых солей, степени увлажнения, эрозии, рН почвенной среды также существенно изменяется [17].

При этом степень изменения почвы под воздействием полезащитных лесных полос зависит от природно-климатических особенностей территории, свойств и состава почвы, материнской породы, времени воздействия, лесных насаждений и культур, которые выращиваются под их защитой.

Цель исследования – изучение влияния лесонасаждения на свойства почв на территории Уилского района Актюбинской области.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны почвы территории Уилского района Актюбинской области, где были проведены лесомелиоративные мероприятия и целина. Исследуемая территория представлена тёмно-каштановыми почвами. Почвообразующие породы представляют глинистые и тяжелосуглинистые отложения. В настоящее время почти все почвы распаханы, что сильно повлияло на гумусное состояние. На сегодня для почв, занятых под сельское хозяйство, характерны нехватка и вынос питательных веществ из почвы, что указывает на слабую минерализацию и ухудшение состава гумуса.

Исследования проводились в летний период 2021 г. В процессе закладки почвенных разрезов проведён отбор 27 образцов почв в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-2014 и ГОСТ 25100-2020 [4–5]. Отбор почвенных образцов осуществляли методом конверта в слое 0–20 и 100 см. Пробы почвенных образцов для проведения последующего химического анализа отбирали из средней части каждого горизонта почвенного профиля и высушивали до воздушно-сухого состояния. Лабораторные анализы почвенных образцов проводились по общепринятым методикам и были выполнены лабораторией ТОО «АГЛ-Актобе». Состав и содержание солей в почвах определяли в водных вытяжках. Содержание ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} определяли трилометрическим методом, ионов K^+ и Na^+ – на пламенном фотометре, Cl^- – аргентометрическим методом, SO_4^{2-} – гравиметрическим методом [3]. Сумму солей в водной вытяжке определяли весовым методом, анализ содержания органического вещества – методом Тюрина.

Результаты исследования и их обсуждение

Оценить влияние лесомелиорации на изменение свойств почв можно, изучив их агрохимические показатели (табл.).

Таблица

Результаты анализа водной вытяжки и содержание гумуса в почвенных образцах с территории Уилского района Актыюбинской области

| № ПР | Горизонт, см | Плотный остаток, % | рН | Гумус, % | Содержание ионов, ммоль / 100 г | | | | | | Степень засоления |
|---|------------------------|--------------------|-----|----------|----------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| | | | | | K ⁺ + Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | |
| Тёмно-каштановая почва, целина | | | | | | | | | | | |
| 1. | A ₁ 0–12 | 0,07 | 8,1 | 3,21 | 0,03 | 1,41 | 0,21 | 0,12 | 0,31 | 0,24 | Незасоленная |
| | BC 71–109 | 0,89 | 8,2 | 0,51 | 6,75 | 12,93 | 0,32 | 1,32 | 8,09 | 0,19 | Сильнозасоленные |
| Тёмно-каштановая почва, пашня | | | | | | | | | | | |
| 2. | A _n 0–15 | 0,03 | 8,0 | 2,37 | 0,21 | 0,47 | 0,08 | 0,11 | 0,10 | 0,16 | Незасоленная |
| | BC 80–112 | 0,45 | 8,3 | 0,48 | 0,34 | 0,78 | 0,09 | 0,14 | 0,58 | 0,31 | Незасоленная |
| Тёмно-каштановая почва, под лесонасаждением | | | | | | | | | | | |
| 3. | A ₁ 0–14 | 0,08 | 7,6 | 2,89 | 0,09 | 1,57 | 0,11 | 0,18 | 0,14 | 0,19 | Незасоленная |
| | BC 79–138 | 0,39 | 7,9 | 0,56 | 0,32 | 1,21 | 0,09 | 0,13 | 0,27 | 1,02 | Незасоленная |

Верхние горизонты тёмно-каштановой целинной почвы не имели засоления, в слое 0–12 см содержание солей составило от 0,07 %. В горизонте BC отмечается увеличение легкорастворимых солей до 0,89 %, сульфатов – до 8,09 ммоль / 100 г почвы. По всему профилю наблюдается повышенная щёлочность (рН 8,1–8,2).

Участок тёмно-каштановой почвы под пашню (табл.) характеризуется аналогично целинной почве, где отмечена повышенная щёлочность, верхние горизонты отличаются от нижележащих горизонтов незасоленностью. Преобладание кальция и хлоридов отмечено в горизонте BC. Значение плотного остатка в верхнем горизонте составило 0,03 %. В горизонте BC – 0,05 %. В сравнении с целинным участком пашня выделена как незасоленный участок, рН, как и предыдущем образце, показал щелочную среду.

На тёмно-каштановой почве под лесонасаждением рН составил от 7,6 в верхнем горизонте до 7,9 в горизонте BC, что соответствует слабощелочной реакции среды. По сравнению с предыдущими образцами почв наблюдается снижение рН почвенного раствора. При наличии небольшого количества карбонатов и гидрокарбонатов почву можно отнести к третьей группе лесопригодности согласно шкале Е. С. Мигуновой [15; 14].

Одним из важнейших показателей плодородия является содержание гумуса, который играет значимую роль в обеспечении растений азотом, определяет поглотительные, агрофизические, биологические свойства почв и её экологическую устойчивость. Полученные результаты по содержанию гумуса (табл.) показали, что в верхних горизонтах тёмно-каштановых почв содержание гумуса максимально. Наблюдается резкое снижение содержания гумуса по профилю.

На пашне и в верхних горизонтах почв под лесопосадками наблюдалось несколько меньшее содержание гумуса – 2,37 и 2,86 % соответственно.

Заключение. Сравнительный анализ результатов исследования агрохимического состояния почв на территории Уилского района (где ранее проведены лесомелиоративные мероприятия) показал, что проведение лесомелиоративных мероприятий на территории Уилского района Актюбинской области способствовало повышению содержания гумуса в верхнем горизонте на 0,145 %, снижению содержания сульфатов на 0,61 %, снижению рН почв до 7,8.

Улучшение проявляется в накоплении гумуса, запасов элементов питания, увеличении ёмкости поглощения, изменении реакции почвенного раствора, улучшении водно-физических свойств почвы.

Понимание характеристик аридных территорий и их изменение под влиянием лесомелиорации имеет большое значение для их сохранения и восстановления. Лесомелиорация может успешно выполнять свои функции при условии всестороннего и глубокого изучения современного почвообразовательного процесса, генезиса почв в целях их более рационального использования, охраны и улучшения.

Список литературы

1. Аманова, Р. П. Ауылшаруашылығынегіздері: оқу құралы / Р. П. Аманова, К. П. Аман. – Алматы : Бастау, 2019. – 240 бет.
2. Ахмадиева, Ж. К. К проблемам опустынивания/деградации земель на территории Актюбинской области / Ж. К. Ахмадиева // Гидрометеорология и экология. – 2012. – № 2 (65). – С. 66–80.
3. Воробьева, Л. А. Химический анализ почв / Л. А. Воробьева – Москва : МГУ, 1998. – С. 46–158.
4. ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200116021>.
5. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200174302>.
6. Исанова, Г. Т. Засоленные почвы и определение провинции соленакопления на территории Казахстана / Г. Т. Исанова, Ц. Абудувайли, Ж. У. Мамутов, А. А. Калдыбаев, Г. А. Сапаров, Т. А. Базарбаева // Аридные экосистемы. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 35–43.
7. Клебанович, Н. В. Почвы и земельные ресурсы Казахстана / Н. В. Клебанович, И. А. Ефимова, С. Н. Прокопович. – Минск : БГУ, 2016. – 46 с.
8. Кобегенова, Х. Н. Деградация свойств почвы в результате воздействия природных и антропогенных факторов на территории Республики Казахстан / Х. Н. Кобегенова, Т. К. Шакенова // Вестник ПГУ им. Шолом-Алейхема. – 2017. – № 3 (28). – С. 32–38.
9. Мирхайдарова, Г. С. Изменение некоторых показателей почв под воздействием эрозии и роль биомассы по защите почвы / Г. С. Мирхайдарова, Ф. К. Бекмурадова // Биоэкономика и экобиополитика. – 2016. – № 2 (3). – С. 105–107.
10. Нагиев, П. Ю. Динамика засоления орошаемых земель на основе аэрокосмических снимков и математическое моделирование процесса засоления почв / П. Ю. Нагиев // Прорывные научные исследования как двигатель науки нового времени : сб. тр. конф. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 107–111.

11. Новикова, А. В. Засоленные почвы, их распространение в мире, окультуривание и вопросы экологии / А. В. Новикова. – Харьков : Наука, 2004. – 120 с.
12. Новикова, А. Г. Краткая характеристика почв и земельных ресурсов Актюбинской области / А. Г. Новикова, Д. М. Стороженко ; под ред. чл.-кор. АН КазССР У. У. Успанова. – Алма-Ата : Наука, 1964. – 148 с.
13. Засоленные почвы России. – Москва : Академкнига, 2006. – 854 с.
14. Пискунов, А. С. Методы агрохимических исследований / А. С. Пискунов. – Москва : КолосС, 2004. – 312 с.
15. Приказ и. о. Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 27 апреля 2017 года № 185. «Об утверждении Методики проведения мероприятий по борьбе с деградацией и опустыниванием пастбищ, в том числе аридных». – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1700015128> (дата обращения: 01.12.2022).
16. Самофалова, И. А. Химический состав почв и почвообразующих пород : учебное пособие / И. А. Самофалова ; Мин-во с.-х. РФ ; Пермская ГСХА. – Пермь : Пермская ГСХА, 2009. – 132 с.
17. Сангаджиева, Л. Х. Микроэлементный состав пород и почв аридных территорий / Л. Х. Сангаджиева, Ц. Д. Даваева, О. С. Сангаджиева // Международная научная конференция к Международному году почв. – 2015. – С. 108–110.
18. Сапаров, А. С. Почвенный покров Казахстана, его экология и приоритетные направления почвенных исследований / А. С. Сапаров, Ф. Е. Козыбаева // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 4. – С. 58–64.
19. Ferreras, L. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil / L. Ferreras, E. Gomez, S. Toresani et al. // Bioresource Technology. – 2006. – Vol. 97, № 4. – P. 635–640.
20. Ffolliott, P. F. Arid and Semiarid Land Stewardship: A 10-Year Review of General Technical Accomplishments and Contributions of the International Arid Lands Consortium. – General Technical / P. F. Ffolliott, J. O. Dawson, J. T. Fisher, I. Moshe, D. W. DeBoers, T. E. Fulbright, J. Tracy, A. Al Musa, C. Johnson, J. P. M. Chamie. – Report RMRS-GTR-89. – November, 2001. – 82 p. – URL: https://ialc.world/sites/ialc.world/files/rmrs_gtr089_0.pdf (дата обращения: 12.12.2021).
21. Jifeng, Deng. Fractal scaling of particle-size distribution and associations with soil properties of Mongolian pine plantations in the Mu Us Desert, China / Jifeng Deng, Jinghao Li, Ge Deng, Hangyong Zhu & Ruohan Zhang // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – Article no. 6742. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-06709-8> (дата обращения: 12.12.2021).
22. Liu, Zhen. Occurrence Regularity of Silt–Clay Minerals in Wind Eroded Deserts of Northwest China / Zhen Liu, Hao Sun, Ke Lin, Cuiying Zhou, Wei Huang // Sustainability. – 2021. – Vol. 13 (5), 29998. – P. 2–21. – DOI: <https://doi.org/10.3390/su13052998> (дата обращения: 12.12.2021).
23. Zhang, T. Salt characteristics and soluble cations redistribution in an impermeable calcareous saline-sodic soil reclaimed with an improved drip irrigation / T. Zhang, X. Zhan, J. He, H. Feng, Y. Kang // Agricultural Water Management. – 2018. – Vol. 197. – P. 91–99.

References

1. Amanova, R. P., Aman K. P. *Auylsharuashylygynegezderi: oqıquraly* [Basics of agriculture: textbook]. Almaty, Bastau Publ. House, 2019, 240 p.
2. Akhmadieva, Zh. K. K problemam opustynivaniya / degradatsii zemel na territorii Aktyubinskoy oblasti [To the problems of desertification / land degradation in the Aktobe region]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and ecology], 2012, no. 2 (65), pp. 66–80.

3. Vorobeva, L. A. *Khimicheskiy analiz pochv* [Soil chemical analysis]. Moscow, Moscow State University, 1998, pp. 46–158.
4. *GOST 12071-2014. Grunty. Otkor, upakovka, transportirovanie i khranenie obraztsov* [Soils. Sampling, packaging, transportation and storage of samples]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200116021>.
5. *GOST 25100-2020. Grunty. Klassifikatsiya* [Soils. Classification]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200174302>.
6. Isanova, G. T., Abuduvajli C., Mamutov Zh. U., Kaldybaev A. A., Saparov G. A., Bazarbaeva T. A. Zasolennyye pochvy i opredelenie provintsii solenakopleniya na territorii Kazakhstana [Saline soils and determination of the province of salt accumulation on the territory of Kazakhstan]. *Aridnyye ekosistemy* [Arid ecosystems], 2017, vol. 23, no. 4, pp. 35–43.
7. Klebanovich, N. V., Efimova I. A., Prokopovich S. N. *Pochvy i zemelnye resursy Kazakhstana* [Soils and land resources of Kazakhstan]. Minsk, Belarus State University Publ. House, 2016, 46 p.
8. Kobegenova, KhH. N. Degradatsiya svoystv pochvy v rezultate vozdeystviya prirodnykh i antropogennykh faktorov na territorii Respubliki Kazahstan [Degradation of soil properties as a result of the impact of natural and anthropogenic factors on the territory of the Republic of Kazakhstan]. *Vestnik PGU im. Sholom-Aleykhema* [Vestnik of the Sholom Aleichem Priamursky State University], 2017, no. 3 (28), pp. 32–38.
9. Mirkhaydarova, G. S., Bekmuradova F. K. Izmenenie nekotorykh pokazateley pochv pod vozdeystviem erozii i rol biomassy po zashchite pochvy [Changes in some soil indicators under the influence of erosion and the role of biomass in soil protection]. *Bioekonomika i ekobiopolitika* [Bioeconomics and ecobiopolitics], 2016, no. 2 (3), pp. 105–107.
10. Nagiev, P. Yu. Dinamika zasoleniya oroshaemykh zemel na osnove aerokosmicheskikh snimkov i matematicheskoe modelirovanie protsessa zasoleniya pochv [Dynamics of salinization of irrigated lands based on aerospace images and mathematical modeling of the process of soil salinization]. *Proryvnyye nauchnye issledovaniya kak dvigatel nauki novogo vremeni* [Breakthrough scientific research as a new time science engine]. St. Petersburg, 2016, pp. 107–111.
11. Novikova, A. V. *Zasolennyye pochvy, ikh rasprostranenie v mire, okulturivanie i voprosy ekologii* [Salt soils, their distribution in the world, cultivation and environmental issues]. Kharkov, Nauka Publ. House, 2004, 120 p.
12. Novikova, A. G., Storozhenko D. M. *Kratkaya kharakteristika pochv i zemelnykh resursov Aktyubinskoy oblasti* [Brief description of soils and land resources of the Aktobe region]. Alma-Ata, Nauka 1964, 148 p.
13. *Zasolennyye pochvy Rossii* [Saline soils of Russia]. Moscow, Akademkniga Publ. House, 2006, 854 p.
14. Piskunov, A. S. *Metody agrokhimicheskikh issledovaniy* [Methods of agrochemical research]. Moscow, KolosS Publ. House, 2004, 312 p.
15. *Prikaz i. o. Ministra selskogo khozyaystva Respubliki Kazakhstan ot 27 aprelya 2017 goda № 185. "Ob utverzhdenii Metodiki provedeniya meropriyatiy po borbe s degradatsiyey i opustynivaniem pastbishch, v tom chisle aridnykh"* [Order acting Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated April 27, 2017 No. 185. "On approval of the Methodology for taking measures to combat degradation and desertification of pastures, including arid ones"]. Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1700015128> (accessed: 01.12.2022).
16. Samofalova, I. A. *Khimicheskiy sostav pochv i pochvoobrazuyushchikh porod* [The chemical composition of soils and parent rocks]. Perm, Perm State Agricultural Academy Publ. House, 2009, 132 p.

17. Sangadzhieva, L. Kh., Davaeva C. D., Sangadzhieva O. S. Mikroelementnyy sostav porod i pochv aridnykh territoriy [Microelement Composition of Rocks and Soils in Arid Territories]. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya k Mezhdunarodnomu godu pochv* [International Scientific Conference for the International Year of Soil], 2015, pp. 108–110.

18. Saparov, A. S., Kozybaeva F. E. Pochvennyy pokrov Kazahstana, ego ekologiya I prioritetye napravleniya pochvennykh issledovaniy [Soil cover of Kazakhstan, its ecology and priority areas of soil research]. *Pochvovedenie i agrokimiya* [Soil science and agrochemistry], 2012, no. 4, pp. 58–64.

19. Ferreras, L., Gomez E., Toresani S. et al. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 2006, vol. 97, no. 4, pp. 635–640.

20. Ffolliott, P. F., Dawson J. O., Fisher J. T., Moshe I., DeBoers D. W., Fulbright T. E., Tracy J., Musa A. Al, Johnson C., Chamie J. P. M. Arid and Semiarid Land Stewardship: A 10-Year Review of General Technical Accomplishments and Contributions of the International Arid Lands Consortium. – General Technical. November 2001, 82 p. Available at: https://ialc.world/sites/ialc.world/files/rmrs_gtr089_0.pdf (accessed: 12.12.2021).

21. Jifeng, Deng, Jinghao Li, Ge Deng, Hangyong Zhu, Ruohan Zhang. Fractal scaling of particle-size distribution and associations with soil properties of Mongolian pine plantations in the Mu Us Desert, China. *Scientific Reports*, 2017, vol. 7, article no. 6742. Available at: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-06709-8> (accessed: 12.12.2021).

22. Liu, Zhen, Hao Sun, Ke Lin, Cuiying Zhou, Wei Huang. Occurrence Regularity of Silt–Clay Minerals in Wind Eroded Deserts of Northwest China. *Sustainability*, 2021, vol. 13, 29998, pp. 2–21. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13052998> (accessed: 12.12.2021).

23. Zhang, T., Zhan X., He J., Feng H., Kang Y. Salt characteristics and soluble cations redistribution in an impermeable calcareous saline-sodic soil reclaimed with improved drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 2018, vol. 197, pp. 91–99.