

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.4:631.895

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-73-86

Действие органоминерального мелиоранта при промывках на оздоровление солонцеватых почв Азербайджана

Саттар Камал оглы Ибрагимов¹, Рена Хафиз кызы Джамалова²,
Мустафа Гылман оглы Мустафаев³

^{1,2}Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку,
Азербайджанская Республика

³Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана,
Баку, Азербайджанская Республика

¹sattar_ibragimov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7298-952X>

²rena.camal@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3171-7536>

³meliorasiya58@mail.ru

Аннотация. Цель: изучить воздействие мелиоранта и промывки на свойства засоленных и солонцеватых почв в лабораторных условиях. **Материалы и методы.** Научно-исследовательские работы проводились на основе известных в настоящее время методик, широко применяемых на территории республики. Экспериментальный опыт выполнялся в четырех вариантах: 1) промывка почв обычной водой; 2) промывка почв с применением 5 т/га мелиоранта; 3) промывка почв с применением 10 т/га мелиоранта; 4) промывка почв с применением 15 т/га мелиоранта. Во всех вариантах почва промывалась нормой 15 тыс. куб. м/га. Экспериментальная промывка почв в лабораторных условиях проводилась в 5-кратной повторности в специальных сосудах в следующей последовательности. Воздушно-сухую почву растирали и просеивали через сито с диаметром отверстия 1 мм, к почве добавляли расчетное количество мелиорантов и тщательно перемешивали. Промелиорированной почвой заполняли специальные сосуды с сетчатым дном. Легким простукиванием по сосуду добивались уплотнения почвы до 1,4 г/куб. см, которое определялось по весу почвы. Над почвой в сосуде поддерживали на протяжении промывного периода постоянный слой воды 5 см. **Результаты.** При проведении лабораторного эксперимента выявлено, что при промывке обычной водой нормой 15 тыс. куб. м/га без мелиоранта содержание солей снизилось на 42 % в относительных величинах (с 2,188 до 1,265 %), солонцеватость уменьшилась на 7 % (с 12,24 до 11,34 % по обменному натрию). Лучшим вариантом является промывка + 15 т/га мелиоранта, в нем общее содержание солей снизилось на 76 % (с 2,188 до 0,530 %), а солонцеватость – на 73 % (с 12,24 до 3,35 %). **Выводы.** Мелиорант удобен в применении, создает условия для рассоления и снижения солонцеватости почвы.

Ключевые слова: засоление, солонцеватость, мелиорант, гранулометрический состав, водопроницаемость

Для цитирования: Ибрагимов С. К., Джамалова Р. Х., Мустафаев М. Г. Действие органоминерального мелиоранта при промывках на оздоровление солонцеватых почв Азербайджана // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 73–86. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-73-86>.



LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

The impact of the organomineral ameliorant during washings (leaching) on the alkaline soil improvement in Azerbaijan

Sattar K. Ibragimov¹, Rena Kh. Jamalova², Mustafa G. Mustafayev³

^{1,2}Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan Republic

³Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan Republic

¹sattar_ibragimov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7298-952X>

²rena.camal@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3171-7536>

³meliorasiya58@mail.ru

Abstract. Purpose: to study the impact of ameliorant and leaching on the properties of saline and alkaline soils in laboratory conditions. **Materials and methods.** Research work was carried out on the basis of currently known methods, widely used in the territory of the republic. The experimental experiment was carried out in four variants: 1) soil leaching with plain water; 2) soil leaching using 5 t/ha ameliorant; 3) soil leaching with application of 10 t/ha ameliorant; 4) soil leaching with application of 15 t/ha ameliorant. In all cases, the soil was washed with a norm of 15 thousand cubic m/ha. Experimental soil leaching under laboratory conditions was carried out in 5-fold repetition in special vessels in the following sequence. The air-dry soil was ground and sifted through a sieve with a hole diameter of 1 mm, the calculated amount of ameliorants was added to the soil and thoroughly mixed. The reclaimed soil was filled in special vessels with perforated bottom. By lightly tapping on the vessel, soil compaction was achieved up to 1.4 g/cubic cm, which was determined by the weight of the soil. A constant water layer of 5 cm was maintained above the soil in the vessel during the leaching period. **Results.** When conducting a laboratory experiment, it was revealed that when washing with ordinary water at a rate of 15 thousand cubic m/ha without ameliorant, the salt content decreased by 42 % in relative terms (from 2.188 to 1.265 %), alkalinity decreased by 7 % (from 12.24 to 11.34 % in terms of exchangeable sodium). The best option is leaching with a ameliorant + 15 t/ha, in which the total salt content decreased by 76 % (from 2.188 to 0.530 %), and solonetzization – by 73 % (from 12.24 to 3.35 %). **Conclusions.** The ameliorant is convenient to apply and creates conditions for desalinization and alkalinity reduction.

Keywords: salinization, alkalinity, ameliorant, granulometric composition, water permeability

For citation: Ibragimov S. K., Jamalova R. Kh., Mustafayev M. G. The impact of the organomineral ameliorant during washings (leaching) on the alkaline soil improvement in Azerbaijan. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(1):73–86. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-73-86>.

Введение. Общий объем орошаемых сельскохозяйственных угодий на территории республики сегодня составляет около 3,46 тыс. га [1–3]. Около 42 % этих территорий подвержены слабому и среднему засолению, а 30 % сильно засолены [4, 5]. 23–25 % от общей орошаемой площади составляют солонцеватые почвы. Из этих данных видно, что орошаемые зем-

ли республики с точки зрения качества находятся в очень плохом состоянии. Для обеспечения продовольственной безопасности в республике важным условием является оздоровление, экологическое восстановление этих земель [6–14].

В соответствии с принятой в последние годы госпрограммой по увеличению производства зерновой продукции в республике из земель малопродуктивных зимних пастбищ и государственного фонда для посевного оборота выделено 200 тыс. га. Экологическое улучшение таких земель для развития животноводства и зерноводства на этих территориях является актуальным вопросом и имеет научно-практическое значение.

Цель исследования – изучить воздействие мелиоранта и промывки на свойства засоленных и солонцеватых почв в лабораторных условиях.

Материалы и методы. Научно-исследовательские работы проводились на основе известных в настоящее время методик, широко применяемых на территории республики.

Степень засоленности почв, взятых для осуществления промывки, составляет 2,198 %. Показатели водно-физических свойств почв зимних пастбищ Нефтчалинского района приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели водно-физических свойств почв

Table 1 – Indicators of water-physical soil properties

Глубина, см	Наименьшая влагоемкость почв, %	Плотность почвенного скелета, т/м ³	Плотность твердой фазы почвы, т/м ³	Пористость почвы, %
0–25	29,3	1,3	2,7	47,4
25–50	27,2	1,5	2,6	58,5
50–100	24,9	1,5	2,8	53,5
0–100	27,1	1,43	2,7	53,1

Как видно из данных таблицы 1, наименьшая влагоемкость для слоя территориальных почв 1 м составляет 27,1 %, а плотность почвенного скелета (плотность сложения) – 1,43 т/м³. Плотность твердой фазы почвы равна 2,7 т/м³, а пористость – 53,1 %.

Данные о засолении были получены на основании анализа образцов

почвы, взятых из нескольких скважин на территории зимних пастбищ Нефтячинского района (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты анализа водной вытяжки образцов почвы

Table 2 – Results of the analysis of water extracts of soil samples

Глубина, см	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	Сумма солей, %	Сухой остаток, %
	% мг-экв							
0–25	<u>0,015</u> 0,24	<u>0,817</u> 23,00	<u>1,020</u> 21,25	<u>0,288</u> 14,40	<u>0,072</u> 6,00	<u>0,554</u> 24,09	2,766	2,748
25–50	<u>0,015</u> 0,24	<u>0,632</u> 17,80	<u>0,821</u> 17,10	<u>0,192</u> 9,60	<u>0,065</u> 5,10	<u>0,463</u> 20,14	2,188	2,198
50–100	<u>0,015</u> 0,24	<u>0,714</u> 20,12	<u>1,080</u> 22,50	<u>0,300</u> 15,00	<u>0,071</u> 5,90	<u>0,505</u> 21,96	2,685	2,700

Как видно из данных анализа, степень засоления по горизонтам составляет соответственно 2,748; 2,198 и 2,700 %. Содержание ионов хлора составляет 0,817; 0,632 и 0,714 %, а содержание сульфат-иона в пределах 0,821 и 1,080 %.

Из гипотетического солевого состава почв местности ясно видно, что преимущество имеют соли CaSO₄ и NaCl. Их количество колеблется соответственно в пределах 0,636–1,001 и 1,041–1,345 %. Общая степень засоления составляет 2,186–2,740 % в верхнем слое 1 м. Количество вредных (токсичных) солей равно 1,531–1,782 %, а количество безвредных солей составляет 0,655–1,023 % от общего количества солей (таблица 3).

Таблица 3 – Гипотетический состав солей в образцах почвы

B %

Table 3 – Hypothetical soil composition in soil samples

In %

Глубина, см	Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	NaCl	Сумма солей	в т. ч.	
							вред-ные	безвред-ные
0–25	0,019	0,963	0,360	0,077	1,345	2,764	1,782	0,982
25–50	0,019	0,636	0,324	0,166	1,041	2,186	1,531	0,655
50–100	0,019	1,001	0,354	0,131	1,177	2,685	1,662	1,023

Сведения о гранулометрическом составе, позволяющие также изучать процесс почвообразования, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Гранулометрический состав почв и содержание гумуса
В %

Table 4 – Soil texture and humus content
In %

Глубина, см	1–0,25 мм	0,25–0,05 мм	0,05–0,01 мм	0,01–0,005 мм	0,005–0,001 мм	< 0,001 мм	Физическая глина	Гумус
0–25	0,30	33,70	36,00	4,00	16,00	10,00	30,00	3,89
25–50	0,10	53,90	8,00	12,00	16,00	10,00	38,00	3,85
50–100	0,10	65,90	12,00	8,00	8,00	6,00	22,00	3,70

Гранулометрический состав в слоях 0–25 и 50–100 см представлен суглинком легким и в слое 25–50 см суглинком средним.

Содержание карбонатов составляет 7,22–10,74 %, содержание гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) колеблется в пределах 3,45–6,34 % (таблица 5).

Таблица 5 – Данные химического анализа карбоната и гипса в образце почвы, взятом из Нефтчала
В %

Table 5 – Chemical analysis of carbonate and gypsum in a soil sample taken from Neftchala
In %

Глубина, см	CO_2	CaCO_3	SO_4 общее	SO_4 растворимый в воде	SO_4 гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
0–25	3,18	7,22	4,735	1,193	3,542	6,347
25–50	4,09	9,29	3,896	1,233	2,263	4,772
50–100	4,73	10,74	3,107	1,179	1,928	3,455

В результате проведенных анализов также было определено количество поглощенных оснований в почве Нефтчалинского района (таблица 6).

Таблица 6 – Сумма поглощенных оснований в образце почвы

Table 6 – Total absorbed bases in a soil sample

Глубина, см	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	% от поглощенных оснований		
		Ca	Mg	Na
0–25	83,74	79,24	6,13	14,60
25–50	93,76	82,04	5,72	12,24
50–100	89,80	85,27	4,13	10,60

В результате изучения данных анализа установлено, что почвы подвержены средней степени натриевой солонцеватости. Общее количество натрия колеблется от 14,6 % в слое 0–25 см до 10,6 % в слое 0–50 см.

Все исследовательские работы делятся на полевые, лабораторные и аналитические, выполняемые по заранее разработанной программе и общеизвестным методикам. Степень засоления, состав и запасы солей определялись методом солевых съемок с проведением полного анализа водной вытяжки из почв.

Влажность почвы изучалась термостатно-весовым методом, водопроницаемость – прибором Нестерова, объемная масса сухой почвы (плотность сложения) – методом режущих колец Н. А. Качинского. Механический состав почвы определяли методом Качинского с отработкой 1N раствором соляной кислоты. Поглощенный натрий определяли по методу К. К. Гедройца, а поглощенные кальций и магний комплексометрическим (трилоновым) методом. Валовой гипс изучали весовым методом, почвенные карбонаты – газометрическим методом Шейблера. Гигроскопическая влага устанавливалась с применением термостатно-весового метода. Плотность твердой фазы почвы изучалась пикнометрическим методом С. И. Долгова. Реакция почвенного раствора определялась рН-метром, а общий гумус – методом Тюрина [15].

Экспериментальный опыт выполнялся в четырех вариантах:

- 1) промывка почв обычной водой;
- 2) промывка почв с применением 5 т/га мелиоранта;
- 3) промывка почв с применением 10 т/га мелиоранта;
- 4) промывка почв с применением 15 т/га мелиоранта.

Во всех вариантах почва промывалась с промывной нормой 15 тыс. м³/га.

Экспериментальная промывка почв в лабораторных условиях проводилась в 5-кратной повторности в специальных сосудах в следующей последовательности. Воздушно-сухую почву растирали и просеивали через сито с диаметром отверстия 1 мм, к почве добавляли расчетное количество

мелиорантов и тщательно перемешивали. Промелиорированной почвой заполняли специальные сосуды с сетчатым дном. Легким простукиванием по сосуду добивались уплотнения почвы до $1,4 \text{ г/см}^3$, которое определялось по весу почвы. Над почвой в сосуде поддерживали на протяжении опыта постоянный слой воды 5 см.

Результаты обработаны статистически по Б. А. Доспехову.

Результаты и обсуждение. Поскольку патент на готовое химическое мелиоративное вещество задокументирован, информация о технологии его приготовления в данной статье не раскрывается. Изучается его мелиоративное воздействие на засоленные почвы. Коротко о химическом мелиоранте можно сказать, что в составе его в основном органические вещества, такие как зольный остаток от сжигания твердого бытового отхода, древесные опилки, гипс и малое количество кальция нитрата. Кроме этого, в составе имеется азотная кислота в определенном количестве, которой пропитаны древесные опилки.

Влияние разработанного мелиоративного вещества на засоленные и солонцеватые почвы, т. е. на повышение плодородия почв и экологическое восстановление, изучалось в лабораторных условиях. Для проведения опыта были отобраны образцы почвы из верхнего слоя местности, типичной для региональных почв. В результате водоекстракционного анализа установлено, что начальная степень засоления почвы составила 2,198 % по сухому остатку, а степень солонцеватости – 12,24 %. Количество иона хлора равно 0,632 %, а количество сульфат-иона – 0,821 %. Содержание карбонатов составляет 9,29 %, содержание гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) – 2,263 %, реакция почвенного раствора – 7,80, а количество гумуса – 3,85 %. Гранулометрический состав отобранных из верхнего слоя почв представлен суглинком легким с содержанием физической глины около 30,0 %.

Во время эксперимента промывная норма и доза мелиоранта определялись расчетным путем по общеизвестным формулам^{1, 2, 3, 4}.

В результате обработки данных, полученных в ходе опытно-экспериментальной работы, выяснилось, что с использованием промывки обычной водой можно вымывать около 50 % первичных солей, содержащихся в почве. В этом варианте степень засоления снизилась с 2,198 до 1,271 % по сухому остатку.

Показатели вариантов промывки с применением химического мелиоранта на 0,5–0,7 % ниже, чем при промывке обычной водой, т. е. процесс промывки прошел еще лучше. Как видно, степень засоления снизилась до 0,88 % в варианте с применением 5 т/га мелиоранта, до 0,61 % в варианте промывки с применением 10 т/га мелиоранта и до 0,53 % в варианте промывки с применением 15 т/га мелиоранта. Содержание сульфат-иона уменьшилось до 0,540; 0,382 и 0,331 %, что по сравнению с вариантом промывки обычной водой является очень хорошим показателем (таблица 7).

В вариантах промывки, проведенной с применением мелиоративного материала, показатели средне- и труднорастворимых солей, реакции почвенного раствора и поглощенные основания почвы изменились в положительную сторону – основной показатель, по которому солонцеватость практически исключена. По-видимому, удалось снизить количество поглощенного натрия до 6 % в варианте промывки, в котором дается 5 т/га мелиоранта. Этот показатель лучше в вариантах, где вносят 10 и 15 т/га

¹Волобуев В. Р. О промывных нормах при мелиорации засоленных земель // Гидротехника и мелиорация. 1959. № 12. С. 30–34.

²Агаев Б. М., Мамедов Ф. Ф. О длительности действия гипса в мелиорируемых орошаемых солонцовых почвах Равнинного Карабаха // Новое в мелиорации солонцов. Омск, 1973. С. 166–167.

³Теймуров К. Г., Искендеров М. Я. Промывка тяжелых засоленных земель с предварительным насыщением растворами минеральных кислот в производственных условиях // Тезисы докладов на IX Съезде почвоведов. 1970. С. 106–109.

⁴Теймуров К. Г., Ширинов И. Н. Рекомендации по комбинированному применению гашеной извести и растворов минеральных кислот для мелиорации тяжелых засоленных почв и солонцов. Баку, 1984.

мелиоранта. В этих вариантах количество поглощенного натрия уменьшено с 12,24 до 4,25 и 3,35 % соответственно, солонцеватость полностью устранена. В это время наблюдается увеличение количества поглощенного кальция, что можно оценивать как положительное влияние мелиоранта на физико-химические свойства почвы (таблица 8).

Таблица 7 – Изменение засоления почв под влиянием промывки и мелиоранта

Table 7 – Changes in soil salinity under the influence of leaching and ameliorant

Норма мелиоранта, т/га	Норма промывки, м ³ /га	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	Сумма солей, %	Сухой остаток, %
% мг-экв/100 г почвы									
Первичная почва									
–	–	<u>0,015</u> 0,24	<u>0,632</u> 17,8	<u>0,821</u> 17,10	<u>0,192</u> 9,60	<u>0,065</u> 5,10	<u>0,463</u> 2,014	2,188	2,198
Промывка обычной водой									
–	15000	<u>0,022</u> 0,37	<u>0,147</u> 4,15	<u>0,652</u> 14,42	<u>0,034</u> 1,70	<u>0,030</u> 2,46	<u>0,340</u> 14,78	1,265	1,271
Промывка с применением 5 т/га мелиоранта									
5	15000	<u>0,020</u> 0,33	<u>0,050</u> 1,41	<u>0,540</u> 11,24	<u>0,052</u> 2,61	<u>0,024</u> 2,01	<u>0,192</u> 8,36	0,878	0,88
Промывка с применением 10 т/га мелиоранта									
10	15000	<u>0,017</u> 0,28	<u>0,032</u> 0,90	<u>0,382</u> 7,96	<u>0,062</u> 3,14	<u>0,020</u> 1,70	<u>0,099</u> 4,30	0,612	0,63
Промывка с применением 15 т/га мелиоранта									
15	15000	<u>0,015</u> 0,24	<u>0,029</u> 0,81	<u>0,331</u> 6,90	<u>0,060</u> 3,00	<u>0,018</u> 1,58	<u>0,077</u> 3,37	0,530	0,534

Таблица 8 – Изменение средне- и труднорастворимых солей, реакции почвенного раствора и поглощенных оснований под влиянием промывки и мелиоранта

Table 8 – Changes in medium and low soluble salts, the reaction of soil solution and absorbed bases under the influence of leaching and ameliorant

CaSO ₄ ·2H ₂ O, %	CaCO ₃ , %	pH	Поглощенные основания			
			Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	% от суммы поглощенных оснований		
				Ca	Mg	Na
1	2	3	4	5	6	7
Первичная почва						
2,263	9,29	7,80	93,76	82,04	5,72	12,24
Промывка обычной водой						
1,113	9,01	8,00	76,04	84,53	4,113	11,34

Продолжение таблицы 8

Table 8 continued

1	2	3	4	5	6	7
Промывка с применением 5 т/га мелиоранта						
0,634	8,96	7,45	85,00	89,68	4,00	6,32
Промывка с применением 10 т/га мелиоранта						
0,541	8,84	7,25	88,13	91,90	3,85	4,25
Промывка с применением 15 т/га мелиоранта						
0,500	8,80	7,20	90,01	92,95	3,70	3,35

Для решения вопроса о том, являются ли наблюдаемые в опыте различия существенными (закономерными) или случайными, воспользовались математическим аппаратом вариационной статистики, базирующейся на теории вероятностей.

Одной из основных задач статистической обработки экспериментальных данных является нахождение показателей, характеризующих особенности эмпирического распределения и дающих возможность его определения с теоретическим распределением.

Наиболее часто употребляемые статистические характеристики: средняя арифметическая (m), среднеквадратическое отклонение (δ), абсолютная ошибка арифметической (стандартная ошибка варианта) опыта ($\delta\sim$), степень надежности (Y) и отклонения от среднего показателя (γ). Результаты статистической обработки приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Основные статистические показатели засоления почв после промывки и внесения мелиоранта

В %

Table 9 – The main statistical indicators of soil salinity after leaching and the ameliorant application

In %

Показатель	m	δ	$\delta\sim$	Y	γ
1	2	3	4	5	6
Промывка обычной водой					
Сумма солей	1,265	0,011	0,005	0,009	0,009 ± 0,009
Поглощенный Са	84,53	0,91	0,41	0,87	0,91 ± 0,87
Поглощенный Mg	4,11	0,06	0,03	0,06	0,06 ± 0,06
Поглощенный Na	11,34	0,039	0,017	0,036	0,039 ± 0,036

Продолжение таблицы 9

Table 9 continued

1	2	3	4	5	6
Промывка с применением 5 т/га мелиоранта					
Сумма солей	0,878	0,009	0,004	0,009	0,009 ± 0,005
Поглощенный Ca	89,68	0,12	0,05	0,11	0,12 ± 0,11
Поглощенный Mg	4,00	0,002	0,001	0,002	0,002 ± 0,002
Поглощенный Na	6,32	0,02	0,01	0,02	0,02 ± 0,02
Промывка с применением 10 т/га мелиоранта					
Сумма солей	0,612	0,016	0,007	0,015	0,016 ± 0,015
Поглощенный Ca	91,90	0,07	0,03	0,06	0,07 ± 0,06
Поглощенный Mg	3,85	0,034	0,015	0,032	0,034 ± 0,032
Поглощенный Na	4,25	0,03	0,01	0,02	0,03 ± 0,02
Промывка с применением 15 т/га мелиоранта					
Сумма солей	0,530	0,019	0,008	0,017	0,019 ± 0,017
Поглощенный Ca	92,95	0,04	0,02	0,04	0,04 ± 0,04
Поглощенный Mg	3,70	0,034	0,015	0,032	0,034 ± 0,032
Поглощенный Na	3,35	0,03	0,01	0,02	0,03 ± 0,02

Выводы

1 Твердые бытовые отходы, образующиеся на территории Азербайджана в огромных количествах, состоят в основном из органических веществ, которые являются ценным сырьем для производства органоминеральных мелиорирующих средств.

2 В результате проведения лабораторного эксперимента выявлено, что при промывке обычной водой нормой 15 тыс. м³/га без мелиоранта содержание солей снизилось в абсолютных величинах на 0,923, а в относительных величинах на 42 % (с 2,188 до 1,265 %), солонцеватость уменьшилась в относительных величинах на 7,2 % (с 12,24 до 11,34 % по обменному натрию). Лучшим вариантом является промывка с применением 15 т/га мелиоранта, в нем общее содержание солей снизилось в относительных величинах на 76 % (до 0,530 %), а солонцеватость – на 73 % (с 12,24 до 3,35 %).

Список источников

1. Tiquia S. M., Tam N. F. Y. Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration piles // Process Biochemistry. 2002, Mar. Vol. 37, iss. 8. P. 869–880. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(01\)00274-6](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(01)00274-6).
2. Гостищев Д. П., Казакова Л. Г. Ресурсосберегающие технологии в процессе утилизации ТБО и рекультивация нарушенных земель: монография. М.: МГУП, 2009. 466 с.

3. Ибрагимов С. К., Керимова О. У., Мусаева Э. М. Мелиоративные средства длительного действия и изучение их эффективности при улучшении почв // Азербайджанский аграрный научный журнал. 2018. № 4. С. 82–84.

4. Ибрагимов С. К., Юсифова Х. Х. Почвы делювиально-пролювиального засоления зимних пастбищ Прикаспийской низменности и их опытная промывка // Экология и строительство. 2021. № 4. С. 10–17.

5. Будаева А. Д., Антропова Е. Н. Получение органоминеральных удобрений из отходов угледобычи и минерального сырья // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 12(66), ч. 3. С. 85–88.

6. Бабаев М. Р., Гурбанов Э. А., Гасанов В. Г. Деградация и охрана земель в Азербайджане. Баку, 2010. 216 с.

7. Гахраманлы Ю. В., Сафарли С. А., Халилова А. А. Мелиорация, рекультивация и охрана земель: учеб. пособие. Баку, 2014. 298 с.

8. Shahnazari A., Pourdej H., Kharage M. D. Ranking of organic fertilizer production from solid municipal waste systems using analytic hierarchy process (AHP) and VIKOR models // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2021. Vol. 32. 101946. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101946>.

9. Environmental and agronomic impact of fertilization with composted organic fraction from municipal solid waste: A case study in the region of Naples, Italy / M. Fagnano, P. Adamo, M. Zampella, N. Fiorentino // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2011. 141. P. 100–107. DOI: 10.1016/j.agee.2011.02.019.

10. Виноградова А. В., Зоричева А. С. Исследование возможности применения соединения кремния в качестве мелиоранта-стабилизатора ионов тяжелых металлов в загрязненной почве // Вестник ПНИПУ. 2017. № 2. С. 20–25.

11. Glaser B., Lehmann J., Zech W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review // Biology and Fertility of Soils. 2002. Vol. 35. P. 219–230. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0466-4>.

12. Wang W., You X. Benefits analysis of classification of municipal solid waste based on system dynamics // Journal of Cleaner Production. 2020. 279(5–8). 123686. DOI: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.123686.

13. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics / V. R. Angelova, V. I. Akova, N. S. Artinova, K. I. Ivanov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2013. 19(5). P. 958–971.

14. Muhammad Kh. I. Composing of municipal solid waste and its use as fertilizer. 2018. 106 p. DOI: 10.5772/intechopen.81729.

15. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв: учебник. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 488 с.

References

1. Tiquia S.M., Tam N.F.Y., 2002. Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration piles. Process Biochemistry, Mar., vol. 37, iss. 8, pp. 869–880, [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(01\)00274-6](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(01)00274-6).

2. Gostishchev D.P., Kazakova L.G., 2009. *Resursosberegayushchie tekhnologii v protsesse utilizatsii TBO i rekul'tivatsiya narushennykh zemel': monografiya* [Resource-Saving Technologies in the Process of Solid Waste Disposal and Disturbed Land Reclamation: monograph]. Moscow, MGUP, 466 p. (In Russian).

3. Ibragimov S.K., Kerimova O.U., Musaeva E.M., 2018. *Meliorativnye sredstva dlitel'nogo deystviya i izuchenie ikh effektivnosti pri uluchshenii pochv* [Long-acting reclamation means and study of their effectiveness in soil improvement]. *Azerbaydzhanskiy agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Azerbaijan Agrarian Scientific Journal], no. 4, pp. 82–84. (In Russian).

4. Ibragimov S.K., Yusifova Kh.Kh., 2021. *Pochvy delyuvial'no-prolyuvial'nogo zasoleniya zimnikh pastbishch Prikaspiyskoy nizmennosti i ikh opytnaya promyvka* [Soils of deluvial-proluvial salinization of winter pastures of the Caspian lowland and their experimental leaching]. *Ekologiya i stroitel'stvo* [Ecology and Construction], no. 4, pp. 10-17. (In Russian).
5. Budaeva A.D., Antropova E.N., 2017. *Poluchenie organomineral'nykh udobreniy iz otkhodov ugledobychi i mineral'nogo syr'ya* [Obtaining organomineral fertilizers from coal mining waste and mineral raw materials]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Scientific Research Journal], no. 12(66), pt. 3, pp. 85-88. (In Russian).
6. Babaev M.R., Gurbanov E.A., Hasanov V.G., 2010. *Degradatsiya i okhrana zemel' v Azerbaydzhanе* [Land Degradation and Protection in Azerbaijan]. Baku, 216 p. (In Russian).
7. Gahramanly Yu.V., Safarli S.A., Khalilova A.A., 2014. *Melioratsiya, rekul'tivatsiya i okhrana zemel': ucheb. posobie* [Reclamation, Recultivation and Land Protection: textbook]. Baku, 298 p. (In Russian).
8. Shahnazari A., Pourdej H., Kharage M.D., 2021. Ranking of organic fertilizer production from solid municipal waste systems using analytic hierarchy process (AHP) and VIKOR models. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 32, 101946, <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101946>.
9. Fagnano M., Adamo P., Zampella M., Fiorentino N., 2011. Environmental and agronomic impact of fertilization with composted organic fraction from municipal solid waste: A case study in the region of Naples, Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141, pp. 100-107, DOI: 10.1016/j.agee.2011.02.019.
10. Vinogradova A.V., Zoricheva A.S., 2017. *Issledovanie vozmozhnosti primeneniya soedineniya kremniya v kachestve melioranta-stabilizatora ionov tyazhelykh metallov v zagryaznennoy pochve* [The study of silicon compound applicability as an ameliorant-stabilizer of heavy metals' ions in the polluted soil]. *Vestnik PNIPU* [Bulletin of PNRPU], no. 2, pp. 20-25. (In Russian).
11. Glaser B., Lehmann J., Zech W., 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 35, pp. 219-230, <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0466-4>.
12. Wang W., You X., 2020. Benefits analysis of classification of municipal solid waste based on system dynamics. *Journal of Cleaner Production*, 279(5-8), 123686, DOI: 10.1016/J.JCLEPRO. 123686.
13. Angelova V.R., Akova V.I., Artinova N.S., Ivanov K.I., 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(5), pp. 958-971.
14. Muhammad Kh.I., 2018. Composing of Municipal Solid Waste and Its Use as Fertilizer. 106 p., DOI: 10.5772/intechopen.81729.
15. Arinushkina E.V., 1970. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv: uchebnik* [Guide in Chemical Analysis of Soils: textbook]. Moscow, Moscow University Publ., 488 p. (In Russian).

Информация об авторах

С. К. Ибрагимов – директор Центра управления интеллектуальной собственностью, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Р. Х. Джамалова – старший лаборант кафедры технологии химических и неорганических веществ, диссертант;

М. Г. Мустафаев – заведующий лабораторией мелиорации почв, доктор аграрных наук, доцент.

Information about the authors

S. K. Ibragimov – Director of Intellectual Property Management Center, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

R. Kh. Jamalova – Senior Laboratory Assistant at the Department “Technology of Chemical and Inorganic Substances”, Candidate for a Degree;

M. G. Mustafayev – Head of the Laboratory of Melioration Soil, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.08.2022; одобрена после рецензирования 06.12.2022; принята к публикации 20.12.2022.

The article was submitted 11.08.2022; approved after reviewing 06.12.2022; accepted for publication 20.12.2022.