

УДК 631.4

ГЕОХИМИЯ БИОМИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

Турдалиев А.Т., Ахмаджонов А.А., Мусаев И.И., Мухаммадов Е.Х.

Ферганский государственный университет, Фергана, e-mail: avazbek1002@mail.ru

Исследование взаимосвязи химических элементов (марганец, молибден, цинк) между почвой, материнской породой и растительным покровом является актуальной задачей современного почвоведения. Поэтому цель исследования – определение миграции и геохимических свойств биомикроэлементов в орошаемых почвах. Эти исследования проводились по почвенно-генетическому и сравнительно-географическому методам. Кроме того, в основу этих исследований положены системные педогеохимические методы. В статье представлены результаты изучения количества биомикроэлементов и геохимических особенностей орошаемых светлых сероземов и луговых сазовых почв. Установлено, что динамика миграции биомикроэлементов в генетических горизонтах орошаемых светлых сероземов и луговых сазовых почв неодинакова. Определены аккумуляции цинка в пахотных, подпахотных горизонтах обоих типов почв и аккумуляции молибдена в нижних горизонтах орошаемых луговых сазовых почв, а также превышение их количества, чем кларк почвы в результате длительной практики орошаемого земледелия. В других случаях в почвенном разрезе практически умеренно дифференцируются, то есть их аккумуляция не наблюдается. Определено, что изученные биомикроэлементы в своих кларк концентрациях в орошаемых луговых сазовых почвах располагаются в следующем порядке молибден > цинк > марганец, а в светлых сероземах – цинк > марганец > молибден. В условиях орошаемых почв возможен контроль миграции, дифференциации, аккумуляции химических элементов, а также интенсивности коэффициентов биологического поглощения в зависимости от их свойств под воздействием антропогенных факторов.

Ключевые слова: светлый серозем, луговые сазовые почвы, геохимия, кларк, аккумуляция, миграция

GEOCHEMISTRY OF BIOMICROELEMENTS IN IRRIGATED SOILS OF THE FERGANA VALLEY

Turdaliev A.T., Axmadzhonov A.A., Musaev I.I., Muhammadov E.Kh.

Fergana State University, Fergana, e-mail: avazbek1002@mail.ru

The study of the relationship of chemical elements (manganese, molybdenum, zinc) between the soil, parent rock and vegetation is an urgent task of modern soil science. Therefore, the purpose of the study is to determine the migration and geochemical properties of biomicroelements in irrigated soils. These studies were conducted using soil-genetic and comparative-geographical methods. In addition, these studies are based on systemic pedo-geochemical methods. The article presents the results of a study on the quantities of trace elements and geochemical features in irrigated light calcisols and meadow saz soils. It was established that the dynamics of trace element migration in the genetic horizons of irrigated light calcisols and meadow saz soils are not the same. At the same time, the accumulation of zinc was observed in the arable and subarable horizons of both soils, and the accumulation of molybdenum in the lower horizons of irrigated meadow saz soils. Additionally, their quantities exceeded the soil Clark values as a result of long-term use of irrigated agriculture. In other cases, the soil profile is almost moderately differentiated, i.e., their accumulation was not observed. It was determined that the studied trace elements, in their Clark concentrations in irrigated meadow saz soils, are arranged in the following order: Mo > Zn > Mn, while in light calcisols, the order is Zn > Mn > Mo. In irrigated soils, it is possible to control the migration, differentiation, and accumulation of chemical elements, as well as the intensity of biological absorption coefficients, depending on their properties under the influence of anthropogenic factors.

Keywords: light calcisols, meadow saz soils, geochemistry, Clarke, accumulation, migration

Введение

В последнее время в некоторых странах мира наблюдается тенденция возрастания негативного антропогенного воздействия на сельскохозяйственные земли. В результате такого воздействия происходит изменение агрохимических, агроэкологических и биогеохимических свойств почвы, снижение плодородия, а в отдельных случаях почва становится непригодной для сельскохозяйственного использования.

Химические элементы в почве влияют на ее структуру, плодородие и способность поддерживать растительность. Растения, в свою очередь, абсорбируют элементы

из почвы, что оказывает влияние на их рост, развитие и качество урожая. Изучение взаимосвязи химического состава почвы, растений и материнской породы имеет огромное значение для понимания экосистем, процессов роста растений и здоровья почвы и является актуальной задачей современного почвоведения.

Учитывая физиологические и биохимические свойства, а также влияние на плодородие почв таких химических элементов, как В, Сu, Zn, Mn, Mo, их принято называть биомикроэлементами [1, с. 102–107].

Некоторые ученые проводили научные исследования почв Ферганской долины,

охватывая основные типы почв, их агрохимические свойства, агроэкологическое и мелиоративное состояние, а также другие характеристики [2–4]. Зарубежными учеными также проведены многочисленные исследования орошаемых сероземов и луговых сазовых почв, в которых изучались изменения их свойств и других характеристик под воздействием длительного орошения [5; 6; 7, с. 42–47].

Цель исследования – определение геохимических характеристик биомикроэлементов в почвах при орошаемом сельскохозяйственном использовании.

Материалы и методы исследования

Ферганская долина располагается в Центральной Азии, где климат континентальный, с жарким летом и холодной зимой. Орошение играет ключевую роль в сельском хозяйстве, так как осадков в этом регионе относительно мало. В ходе исследований были проанализированы орошаемые светлые сероземы и луговые сазовые почвы Ферганской области.

Для проведения исследования использовались почвенно-генетический и сравнительно-географический методы, химические анализы проводились в соответствии с рекомендацией «Руководство по химическому анализу почв» Е.В. Аринушкиной [8]. Определение валового элементного состава почв осуществлялось в Институте ядерной физики АН РУз с применением нейтронно-активационного метода.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно исследованиям У.Х. Мамажоновой и А.Ж. Исмановой, в сазовых почвах длительного орошения со временем формируется агроирригационный горизонт толщиной до 1–2 м [9]. Богарные светлые сероземы по содержанию и запасам гумуса очень бедные (26,71 т/га), количество гумуса в пахотном горизонте составляет 0,73 %, вниз по профилю его количество резко убывает [10].

Почвы Ферганской долины могут иметь значительные различия в содержании микроэлементов в зависимости от местных геологических и климатических условий. Избыточное орошение, особенно при использовании неочищенной воды или воды с высоким содержанием минералов, может привести к засолению почвы. Это, в свою очередь, влияет на доступность биомикроэлементов для растений.

Для изучения биомикроэлементов необходимо провести анализ их концентраций

в почвах, почвообразующих породах и растениях. В таблице 1 представлены результаты анализа биомикроэлементов в орошаемых почвах Ферганской долины.

Таблица 1

Количество биомикроэлементов в орошаемых почвах, мг/кг, (n-7)

№ разреза	Глубина, см	Mn	Mo	Zn
Орошаемые луговые сазовые почвы				
4.A	0–32	520	< 0,1	82
	32–45	480	< 0,1	87
	45–58	480	1,8	63
	58–98	500	6,9	56
	98–114	310	4,2	49
	114–129	650	5,6	65
	129–192	430	6,7	61
11.A	0–27	470	0,68	84
	27–40	410	1,2	85
	40–66	350	4,5	61
	66–95	430	8,9	68
	95–118	420	8,1	60
	118–185	440	< 0,1	72
Средний		453	3,8	69
Орошаемые светлые сероземы				
16.A	0–17	670	0,16	100
	17–34	750	0,27	110
	34–60	550	< 0,1	98
	60–95	480	< 0,1	78
	95–150	580	0,40	94
23.A	0–28	730	1,3	100
	28–40	560	1,3	93
	40–65	560	0,55	96
	65–140	660	1,1	94
Средний		616	0,6	96
К кларк почвы		850	2	50

Источник: составлено авторами.

Исходя из представленных данных, можно провести анализ содержания биомикроэлементов Mn, Mo и Zn в орошаемых почвах Ферганской долины, представленных двумя типами почв: луговыми сазовыми и светлыми сероземами. Эти данные дают представление о распределении микроэлементов в зависимости от глубины разреза почвы.

В орошаемых луговых сазовых почвах, которые были исследованы в разрезах 4.А и 11.А, наблюдается значительное варьирование содержания биомикроэлементов в зависимости от глубины. Концентрация Mn в этих почвах варьирует от 310 мг/кг (на глубине 98–114 см) до 650 мг/кг (на глубине 114–129 см). Это свидетельствует о наличии определенной неоднородности распределения марганца в почвенных слоях. В целом концентрация марганца в этих почвах на среднем уровне составляет 453 мг/кг.

Концентрация Mo в почвах исследуемых разрезов остается на минимальном уровне (менее 0,1 мг/кг) в большинстве слоев, но с увеличением глубины (66–95 см) содержание молибдена возрастает до 8,9 мг/кг. Это может указывать на более высокую мобильность молибдена в более глубоких горизонтах почвы.

Что касается содержания Zn, то его концентрация в этих почвах колеблется от 49 мг/кг (на глубине 98–114 см) до 87 мг/кг (на глубине 32–45 см). Среднее значение цинка для всех исследованных слоев составляет 69 мг/кг, что показывает умеренные уровни этого микроэлемента.

В целом почвы данного типа имеют средние значения биомикроэлементов, которые составляют: Mn – 453 мг/кг, Mo – 3,8 мг/кг и Zn – 69 мг/кг.

В орошаемых светлых сероземах, исследованных в разрезах 16.А и 23.А, концентрации биомикроэлементов несколько выше по сравнению с луговыми сазовыми почвами. Так, содержание Mn в этих почвах варьирует от 480 мг/кг (на глубине 60–95 см) до 750 мг/кг (на глубине 17–34 см), что указывает на более высокое содержание Mn в верхних горизонтах.

Mo в светлых сероземах встречается в следовых количествах, однако на более глубоких слоях его концентрация достигает 1,3 мг/кг (на глубине 0–28 см и 28–40 см). Это также свидетельствует о довольно низкой концентрации Mo, которая тем не менее может увеличиваться с глубиной.

Zn в этих почвах имеет диапазон концентраций от 78 мг/кг (на глубине 60–95 см) до 110 мг/кг (на глубине 17–34 см). Средняя концентрация Zn в этих почвах составляет 96 мг/кг, что немного выше, чем в луговых сазовых почвах.

Средние значения биомикроэлементов в светлых сероземах составляют: Mn – 616 мг/кг, Mo – 0,6 мг/кг и Zn – 96 мг/кг.

Далее приводятся валовые содержания микроэлементов в испарительных и глеевых барьерах, орошаемых почвах (рис. 1, 2).

Mo накапливается в засоленных почвах, а его геохимические характеристики

в почвах с слабощелочной реакцией напоминают поведение цинка. В пахотных горизонтах орошаемых луговых сазовых почв содержание Mo варьируется от 0,10 до 0,68 мг/кг, в то время как в светлых сероземах оно составляет от 0,16 до 1,30 мг/кг.

При изучении химических элементов в почвах с геохимической точки зрения в первую очередь определяются их кларк концентрации. Для анализа геохимических свойств изучаемых биомикроэлементов через их кларк концентрации обратимся к таблице 2.

Таблица 2

Кларк концентрации биомикроэлементов в орошаемых почвах

№ разреза	Глубина, см	Mn	Mo	Zn
Орошаемые луговые сазовые почвы				
4.А	0–32	0,61	0,05	1,64
	32–45	0,56	0,05	1,74
	45–58	0,56	0,90	1,26
	58–98	0,59	3,45	1,12
	98–114	0,36	2,10	0,98
	114–129	0,76	2,80	1,30
11.А	129–192	0,51	3,35	1,22
	0–27	0,55	0,34	1,68
	27–40	0,48	0,60	1,70
	40–66	0,41	2,25	1,22
	66–95	0,51	4,45	1,36
Средний	95–118	0,49	4,05	1,20
	118–185	0,52	0,05	1,44
Средний		0,53	1,88	1,37
Орошаемые светлые сероземы				
16.А	0–17	0,79	0,08	2,00
	17–34	0,88	0,14	2,20
	34–60	0,65	0,05	1,96
	60–95	0,56	0,05	1,56
	95–150	0,68	0,20	1,88
23.А	0–28	0,86	0,65	2,00
	28–40	0,66	0,65	1,86
	40–65	0,66	0,28	1,92
	65–140	0,78	0,55	1,88
Средний		0,72	0,29	1,92

Источник: составлено авторами.

Согласно данным таблицы кларк концентрации Mn в обоих типах почв меньше единицы (0,36–0,88), то есть он не аккумулируется.

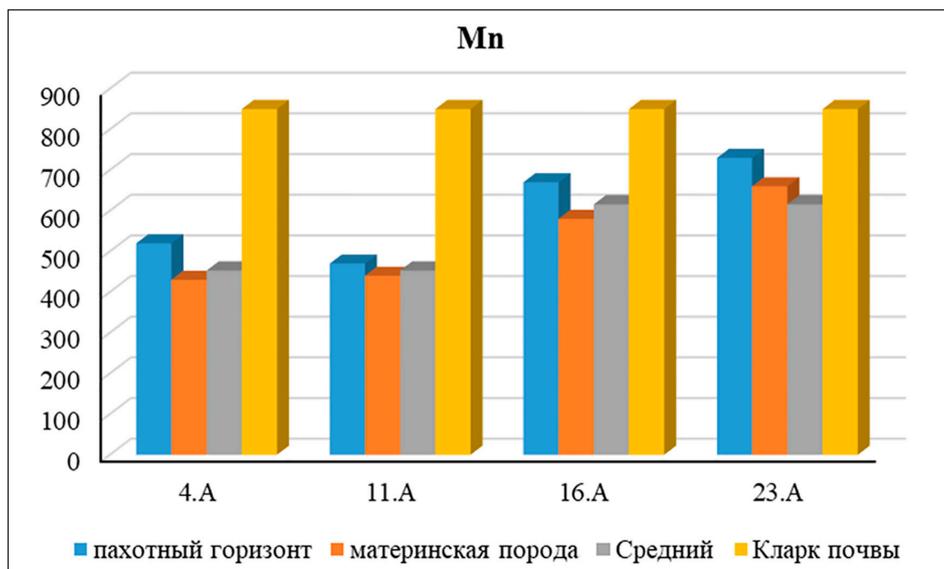


Рис. 1. Содержание и распределение Mn
Источник: составлено авторами

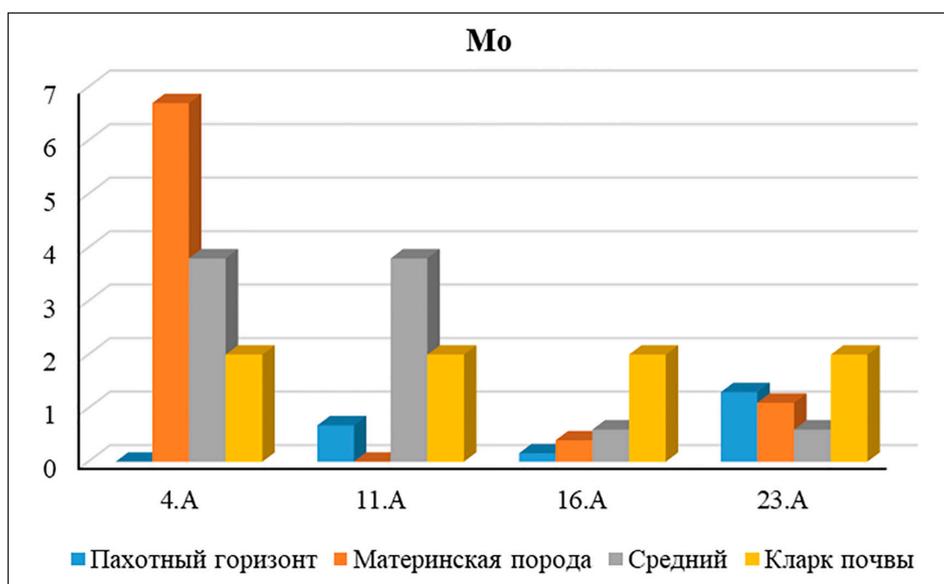


Рис. 2. Содержание и распределение Mo
Источник: составлено авторами

Высокие кларк концентрации Mo наблюдаются в нижних горизонтах орошаемых луговых сазовых почв, где они могут достигать 4,45 мг/кг, в то время как в светлых сероземах эта величина не превышает единицы. Mo аккумулируется только в более глубоких горизонтах орошаемых луговых сазовых почв, в то время как в пахотных и подпахотных слоях его кларк концентрация остается ниже, чем 1.

Кларк концентрация Mo в орошаемых луговых сазовых почвах значительно ва-

рьируется, начиная от 0,05 мг/кг (в большинстве слоев) и достигая 4,45 мг/кг (на глубине 66–95 см). Среднее значение Mo в этих почвах составляет 1,88 мг/кг, что достаточно высоко по сравнению с другими микроэлементами. В светлых сероземах значительно ниже по сравнению с луговыми сазовыми почвами, с максимальным значением 0,65 мг/кг (на глубине 0–28 см и 28–40 см). Среднее значение Mo для этих почв составляет 0,29 мг/кг, что намного ниже, чем в луговых сазовых почвах.

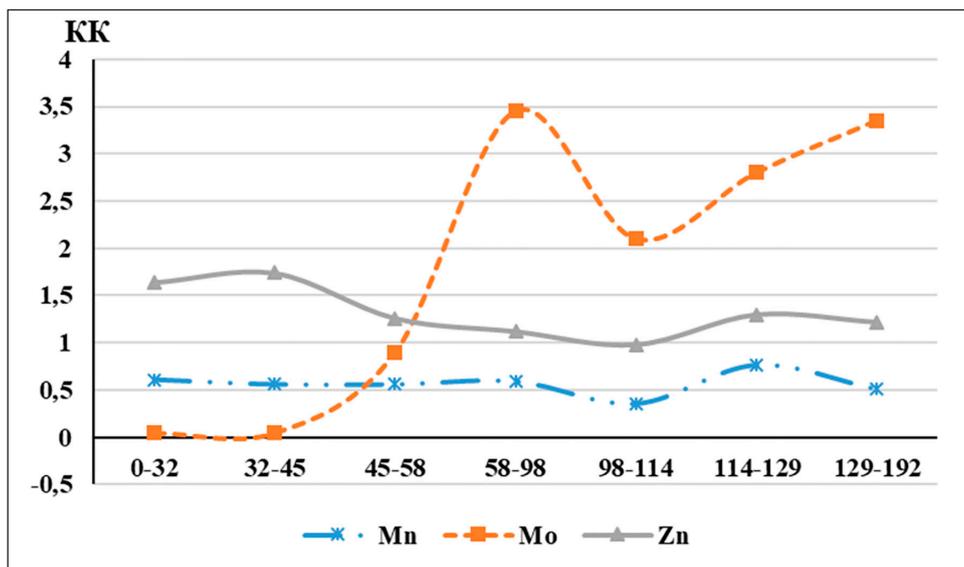


Рис. 3. Динамика кларк концентрации биомикроэлементов в луговых сазовых почвах
 Источник: составлено авторами

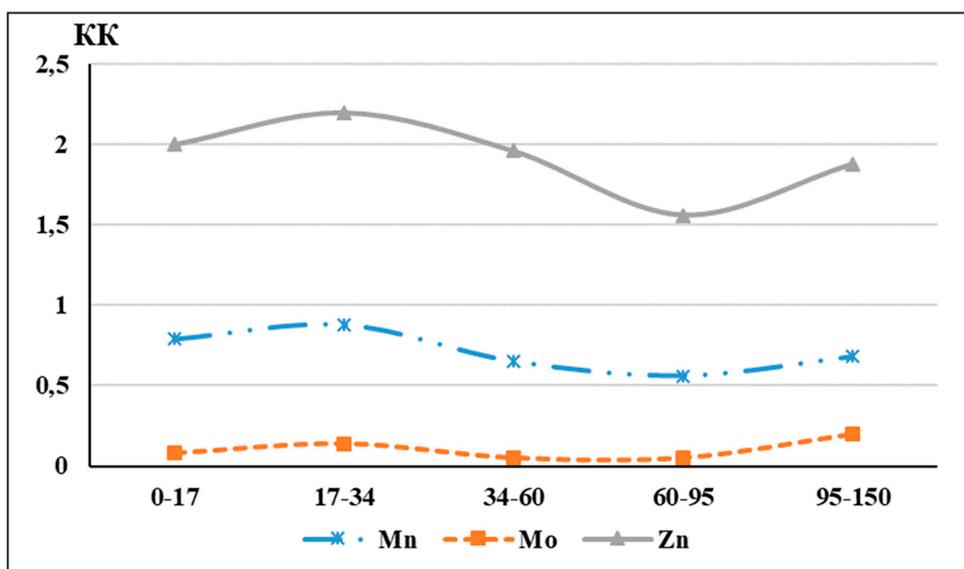


Рис. 4. Динамика кларк концентрации биомикроэлементов в светлых сероземах
 Источник: составлено авторами

Zn накапливался в разной степени в обеих почвах, то есть цинк имеет кларк концентрацию больше 1 и, как правило, имеет более высокий КК в светлых сероземах, чем в орошаемых луговых сазовых почвах.

В орошаемых луговых сазовых почвах наблюдается значительное увеличение кларк концентрации Мо от верхних горизонтов к нижним. В спектрах по кларк концентрации Zn и Mn нет больших различий (рис. 3, 4).

Общий порядок распределения валовых количеств биомикроэлементов в исследованных почвах таков: Mn > Zn > Mo. Распределение подвижных форм исследуемых биомикроэлементов соответствует закономерности дифференциации валовых форм. Наибольшая концентрация Mn и Zn наблюдается в пахотных и подпахотных горизонтах, что свидетельствует о том, что в этих слоях орошаемых почв они аккумулируются и переходят в более стабильные, менее подвижные формы.

Заключение

Длительное орошение оказывает влияние на миграцию и распределение биомикроэлементов в почвах. Процесс миграции и накопления микроэлементов, таких как Zn и Mo, в орошаемых почвах указывает на важность управления орошением для поддержания здоровых агроэкосистем и предотвращения чрезмерной концентрации вредных веществ в почвах.

Несмотря на значительные данные, полученные в ходе исследования, для полного понимания миграции и геохимических характеристик биомикроэлементов в почвах Ферганской долины необходимы дополнительные исследования. Особенно важны дальнейшие работы по изучению влияния этих элементов на рост и развитие сельскохозяйственных культур, а также оценка долгосрочных изменений в агроэкологических и агрохимических свойствах почвы при длительном орошении.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки рекомендаций по улучшению агрохимических свойств почв и более эффективному применению удобрений в орошаемых районах. Это поможет повысить урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, а также улучшить устойчивость экосистем к антропогенным воздействиям.

Список литературы

1. Турдалиев А.Т., Юлдашев Г. Геохимия педолитных почв: монография. Т.: ФАН, 2015. 200 с. [Электронный ресурс].

URL: https://www.researchgate.net/publication/349367481_Geohimia_pedolitnyh_pochv (дата обращения: 15.03.2025).

2. Хайдаров М.М. Основы применения гуминовых веществ в светлых сероземах // Scientific Bulletin of Namangan State University. 2020. № 2 (8). С. 87–93. URL: <https://slib.uz/uz/article/view?id=20354> (дата обращения: 15.03.2025).

3. Юлдашев Г., Хайдаров М. Гумусное состояние сероземов севера Ферганы // Гуминовые вещества в биосфере: материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Д.С. Орлова и III Международной научной школы (Москва, 04–08 декабря 2018 г.). М.: ООО «МАКС Пресс», 2018. С. 111–112. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37164147> (дата обращения: 15.03.2025).

4. Турдалиев А.Т., Мусаев И.И., Мамажонов Г.Г.У. Изменение морфологических характеристик и агрохимического свойства орошаемых светлых сероземов // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 4. С. 86–91. DOI: 10.17513/srbs.1345.

5. Панков М.А. Почвы Ферганской области. В кн.: Почвы Узбекской ССР. Т. II. Т.: АН УзССР, 1957. 53 с.

6. Abakumov E., Yuldashev G., Darmonov D., Turdaliev A., Askarov K., Khaydarov M., Mirzayev U., Nizamutdinov T., Davronov K. Influence of Mineralized Water Sources on the Properties of Calcisol and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plants. 2022. № 11. P. 3291. DOI: 10.3390/plants11233291.

7. Aysen A. Problem Solving in Soil Mechanics. Netherlands, 2005. 196 p. DOI: 10.1201/9780203741986.

8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.

9. Мамажанова У.Х., Исмонов А.Ж. Основные свойства орошаемых кольматированных и луговых почв // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 4. С. 5–10. DOI: 10.17513/srbs.1335.

10. Тураев Т. Морфологическая, агрохимическая и агрофизическая характеристика богарных светло-сероземных почв Нуратинских гор Навоийской области // Почвоведение и агрохимия. 2021. № 4. С. 24–31. DOI: 10.51886/1999-740X_2021_4_24.