Научная статья
УДК 631.6.02(470.41)
DOI:10.36508/journal.2025.50.10.005

УЛУЧШЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРОЗЕМА ПОД ЯБЛОНЕВЫМ САДОМ НА КАРЛИКОВОМ ПОДВОЕ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ С ВНЕСЕНИЕМ БИОМЕЛИОРАНТА

Карпенко Нина Петровна[1], Егембердиев Даулет Канатович[2]

[1]*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия*
[2]*Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан, Тараз*

[1]*npkarpenko@yandex.ru*

Аннотация.
Проблема и цель. *Сероземные почвы составляют более половины площади Северного Казахстана и являются малопродуктивными из-за низкого содержания гумуса, что не позволяет получать высокие урожаи плодовых культур. Цель исследований - улучшение агрохимических свойств серозема под яблоневым садом на карликовом подвое при капельном орошении с внесением биомелиоранта.*
Методология. *Полевые эксперименты проводились на малопродуктивных сероземных почвах Северного Казахстана. Разработан биомелиорант на основе навоза крупного рогатого скота, фосфогипса и верблюжьей колючки, который вносится в корнеобитаемый слой почвы одновременно с поливной водой через капельницы. Методика исследований общепринятая. В качестве объектов исследований выступали серозем и яблони на карликовых подвоях.*
Результаты. *Внесение биомелиоранта совместно с поливной водой в соотношении 1:20 дозой 15…19 т/га с последующим добавлением фосфогипса дозой 1…3 тонн обогатило почву питательными веществами (азотом, фосфором, калием, магнием, серой, микроэлементами и др.), улучшились ее физические свойства, водный и воздушный режимы, уменьшилось вредное действие почвенной кислотности на рост растений и жизнедеятельность микроорганизмов, наладилось снабжение растений углекислым газом. Результаты полевых исследований показали заметное влияние капельного орошения с внесением нового биомелиоранта на урожайность яблони на карликовом подвое, которая возросла в три раза. Проведенный корреляционный анализ выявил приоритетность факторов влияния на урожайность яблонь.*

Заключение. *Результаты проведенных исследований на малопродуктивных сероземных почвах Казахстана показали, что внесение биомелиоранта с поливной водой формирует благоприятные условия для развития плодовых культур и способствует повышению их урожайности. Реализация предложенной технологии привела к улучшению водно-воздушного и пищевого режимов, накоплению ряда ценных питательных биогенных элементов в корнеобитаемой зоне.*
Ключевые слова: *капельное орошение, фосфогипс, биомелиорант, засоление, плодородие, деградация, гумусовый слой, серозем.*

Original article

IMPROVING THE AGROCHEMICAL PROPERTIES OF GRAY SOIL UNDER AN APPLE ORCHARD ON DWARFING ROOTSTOCK WITH DRIP IRRIGATION WITH A BIOMELIORANT

Karpenko Nina Petrovna[1], Egemberdiev Daulet Kanatovich[2]

[1]*Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation Named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia*
[2]*Taraz State University Named after M.Kh. Dulati, Republic of Kazakhstan, Taraz*

[1]*npkarpenko@yandex.ru*

Abstract.
The problem and purpose. *Gray soils make up more than half of the area of Northern Kazakhstan and are unproductive due to the low humus content, which does not allow obtaining high yields of fruit crops. The purpose of the research was to improve the agrochemical properties of gray soil under an apple orchard on a dwarfing rootstock with drip irrigation and the introduction of a biomeliorant.*
Methodology. *Field experiments were conducted on low-yielding gray soils of Northern Kazakhstan. A biomeliorant based on cattle manure, phosphogypsum and camel thorn was developed and introduced into the root layer of the soil simultaneously with irrigation water through droppers. The research methodology was generally accepted. The objects of research were gray soil and apple trees on dwarfing rootstocks.*
Results. *The introduction of a biomeliorant together with irrigation water in a ratio of 1:20 at a dose of 15...19 t/ha followed by the addition of phosphogypsum at a dose of 1...3 tons enriched the soil with nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, sulfur, microelements, etc.), its physical properties, water and air regimes improved, the harmful effect of soil acidity on plant growth and the vital activity of microorganisms decreased, and the supply of carbon dioxide to plants improved. The results of field studies showed a noticeable effect of drip irrigation*

with the introduction of a new biomeliorant on the yield of apple trees on a dwarf rootstock, which increased threefold. The conducted correlation analysis revealed the priority of factors influencing the yield of apple trees.
Conclusion. *The results of the conducted research on low-yielding gray soils of Kazakhstan showed that the introduction of a biomeliorant with irrigation water created favorable conditions for the development of fruit crops and contributed to an increase in their productivity. The implementation of the proposed technology led to an improvement in the water-air and food regimes, the accumulation of a number of valuable nutrient biogenic elements in the root zone.*
Key words: *drip irrigation, phosphogypsum, biomeliorant, salinization, fertility, degradation, humus layer, gray soil.*

Введение

Общая площадь сельскохозяйственных земель в Казахстане составляла на июнь 2024 года более 200 млн. гектаров, из них 25 млн. посевных земель и 180 млн. — пастбища [2]. Несмотря на большой природно-ресурсный потенциал, на значительной территории страны сосредоточены земли с малопродуктивными и деградированными почвами, что не дает сельхозпроизводителям получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур без применения новых инновационных технологий. На территории страны на 2000 тыс. га размещены разные типы почв, но 1/3 из них объединяет высокое содержание солей, выходящих в дневную поверхность, это солончаки и солонцы, 1/3 составляют песчаные почвы, остальная часть занята бедными сероземами, такырами и др.

В опыте были задействованы рыхлые сероземы, материнской породой которых выступают лессовидные суглинки. Сероземы сформировались под влиянием местных особенностей климата, когда идет чередование теплой и влажной погоды весной с осадками в виде дождя до 600 мм и холодным и сухим летом с осадками в виде дождя до 300 м.

Агрохимическая характеристика почвы отображает низкое содержание гумуса от 1,0…4,0%, высокое содержание карбонатов, слабую поглотительную способность, небольшое содержание гипса и водорастворимых солей. Сероземы отличаются от других типов почв высокой микропористость и активной микробиологической деятельностью [1, 4, 5]. Теплообеспеченность самого жаркого месяца – июля составляет не выше +21ºС.

Основной плодовой культурой в хозяйстве, которое представлено полигонами Таразского ГУ им. М.Х. Дулати, является яблоня, сформированная на карликовых подвоях, с характерными особенностями:

- низкорослостью,
- ранним плодоношением,
- крупными плодами, отличающимися невысокой лежкостью по сравнению с сильнорослыми;
- поверхностной корневой системой, что требует опоры,
- низкой засухоустойчивостью,
- высокой требовательностью к плодородию,

- подверженностью заболеваниям и процессам старения,
- невысокой продуктивность по сравнению с сильнорослыми деревьями [6].

Улучшение свойств и режимов сероземов с целью сохранения и восстановления их плодородия, получения высокой урожайности плодовых культур и хорошего качества плодов возможно только при использовании биомелиорантов в условиях орошения. Изучение этих введений и явилось целью наших исследований.

Учитывая скорость и преобладание выноса воздушных масс из крайних северных широт континента в центральные районы проведение поливов дождеванием неэффективно, поэтому в хозяйстве используется капельное орошения, которое позволяет эффективно использовать воду с удобрениями и биомелиорантом подачей ее непосредственно в корнеобитаемый слой.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на стационарном участке капельного орошения питомника, на естественном фоне, в условиях максимально приближенным к производственным. Погодные условия, как всегда, отличались изменчивостью: жаркая сухая погода резко сменялась прохладной влажной с сильными ветрами. Объектами исследований являлись 15 растений яблони на карликовом подвое 54-118, который проявил отличную сохранность к моменту окулировки 90% (рисунок 1). Плотность посадки от 1550 до 3050 деревьев на га.

Система капельного полива закуплена в компании «Naan Dan Jain» (Израиль, рисунок 2). Особенностью капельного полива является и тот факт, что вода подается в корнеобитаемую зону в любое время суток. Плодовые деревья имеют хорошо развитый корневую систему и активно потребляют поливную воду.

Рисунок 1 – Яблоня на карликовом подвое 54-118
Figure 1 – Apple tree on dwarfing rootstock 54-118

Рисунок 2 – Система капельного полива с внешней капельницей
Figure 2 – Drip irrigation system with external dripper

Биомелиорант включает ингредиенты:

- навоз купного рогатого скота, содержащегося в хозяйстве поголовьем 200 животных,

- верблюжья колючка, произрастающая повсеместно, относящаяся к семейству Бобовые и являющаяся лекарственным растением вследствие содержания активных действующих веществ, к примеру, флавоноиды, сапонины и др.,
- отходы местнойхимической промышленности при производстве фосфорной кислоты –фосфогипс. В настоящее время использование фосфогипса не превышает 2,0% [2, 3], что привело к складированию отходов объемом 9 млн. т на больших площадях промышленного объединения «Казфосфат» завода «Минеральные удобрения». В состав фосфогипса входят разнообразные минеральные вещества. По техническим характеристикам лежалый фосфогипс соответствует требованиям технических условий («Фосфогипс для сельского хозяйства ТУ 113-08-418-94») сорт №2 и СП № 202 от 03.02.2012 г. «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» [4].

Биомелиорант вносился три года в серозем трех хозяйств Северо-Казахстанской области Северного Казахстана (в статье приводятся средние данные) и два года 2023 и 2024 – в хозяйствах других областей, а также по полигонам Таразского ГУ им. М.Х. Дулати. В статье приведена сравнительная оценка урожайности яблонь при внесении в почву с поливной водой биомелиоранта.

В Казахстане каждое хозяйство должно использовать местные ресурсы в качестве удобрительных средств [6, 7]. Методика исследования свойств и режимов серозема общепринятые. При статистической обработке результатов исследований применялся статистический метод аппроксимации.

Результаты исследований и их обсуждение

Для повышения плодородия малопродуктивных сероземных почв была разработана технология использования биомелиоранта при капелном орошении плодового сада в условиях Казахстана.

Перед постановкой эксперимента были изучены агрохимические свойства сероземов, результаты исследований отображены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 − Результаты анализов образцов почвы с определением катионов и гумуса

Глубина взятия образца, см	%			мг-экв					
	Гу-мус	Азот	Вало-вой фос-фор	Емкость погло-шения	Маг ний	Поглоша ющий натрий	Подвиж-ный фосфор	Подвиж ный калий	РН
0…14	1,19	0,084	0,155	13,6	1,6	0,327	1,82	44,3	7,54
14…46	0,21	0,024	0,132	16,0	1,2	0,194	1,41	34,2	7,18
46…66	0,16	0,014	–	55,2	14,0	0,341	–	–	8,02
66…91	–	–	–	64,4	10,0	0,353	–	–	8,13
91…120	–	–	–	22,8	6,8	0,207	–	–	7,28

Таблица 2 − Результаты анализа водной вытяжки почвы

Глубина взятия образца, см	Единица измерения	Общая HCO_3^-	Cl^-	NO_4^-	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Сухой остаток, %
0-14	мг-экв	0,40	0,28	4,82	3,70	0,50	0,62	−	0,355
	%%	0,024	0,010	0,207	0,074	0,006	0,014	−	
14-44	мг-экв	0,36	0,68	8,72	7,0	1,20	0,85	−	0,638
	%%	0,022	0,024	0,418	0,140	0,015	0,019	−	
46-66	мг-экв	0,28	2,0	21,6	12,20	5,20	5,10	−	1,445
	%%	0,017	0,071	1,037	0,244	0,064	0,012	−	
66-91	мг-экв	0,24	1,52	17,08	12,20	3,10	2,20	−	1,221
	%%	0,015	0,054	0,82	0,244	0,038	0,050	−	
91-120	мг-экв	0,24	0,84	8,36	5,50	1,50	1,80	−	0,615
	%%	0,015	0,030	0,401	0,018	0,018	0,041	−	

Результаты анализа почвы показали дефицит основных питательных веществ, что характерно для сероземов северных регионов страны. По гаации почва относится к малогумусовому, бедному типу.

Внесение биомелиоранта совместно с поливной водой в соотношении 1:20 дозой 15…19 т/га с последующим добавлением фосфогипса от 1 до 3 т обогатило почву питательными веществами (азотом, фосфором, калием, магнием, серой, микроэлементами и др.) и снизило почвенной кислотности на рост растений и жизнедеятельность микроорганизмов, наладило снабжение растений углекислым газом.

Как следствие, выросла урожайность яблонь на карликовом подвое в три раза (таблица 3).

Таблица 3 − Сравнение урожайности и производство плодов яблони

Регион Казахстана	Площадь садов яблонь, га	Интенсивные сады, га	Доля интенсивных садов, %	Валовый сбор урожая, т	Урожайность, т/га	Урожайность с применением биомелиоранта в полигоне ТарГУ им. М.Х. Дулати, т/га
Северо-Казахстанская	14392,9	1950	13,5	66794	4,60*	18,24**
Костанайская	11717,3	1286	11,0	47406	4,00	18,10
Павлодарская	3016,3	143	4,7	15132	5,00	19,88
Акмолинская	2519	122	4,8	122	7,20	21,02
ВСЕГО	31645,2	3500	11,1	147561	4,70	

*НСР05-1,4

**НСР05-2,9

При сравнении полученных данных по урожайности яблонь четко прослеживается рост изучаемого показателя по регионам (рисунок 3). В хозяйствах Северо-Казахстанского региона средняя урожайность составила

4,60 т/га яблок. В хозяйствах Павлодарского и Акмолинского регионов - выше на 9 и 56% соответственно.

На наш взгляд рост урожайности в этих двух регионах выше из-за их месторасположения и большим влиянием орошения на яблони, потому что в северной части страны осадков выпадает больше (около 300 и 600 мм соответственно) и ветра дуют сильнее (6 баллов в среднем, что соответствует градации сильный по сравнению с другими регионами – 4 балла с градацией умеренный), но влага используется не совсем продуктивно из-за более холодной погоды в вегетационные периоды.

Рисунок 3 – Сбор урожая
Figure 3 – Harvesting

При внесении биомелиоранта с поливной водой урожайность яблок выросла в 3,0-4,5 раза во всех регионах.

В таблице 4 отображены агрохимические данные серозема при внесении биомелиоранта с поливной водой.

Таблица 4 − Определение изменения содержания гумуса при капельном орошении с внесением биомелиоранта

№ п/п	Глубина отбора пробы, см	Содержание гумуса до внесения мелиоранта, %	Содержание гумуса после внесения мелиоранта, %	Увеличение азота, фосфора и калия, %	Подвижный фосфор
1.	0…42	1,23±0,01	1,54±0,5	–	–
2.	0…64	1,05±0,01	1,23±0,3	23,3±1,7	–
3.	0…84	0,62±0,02	0,86±9,1	17,3±0,8	–

Так, из данных таблицы 4 видно, что за 5 лет исследований содержание гумуса возросло на 0,31% в слое почвы 0-42 см, 0,18% в слое 0-64, а в более глубоких слоях содержание гумуса, наоборот, снизилось на 0,24%.

В среднем суммарное количество азота, фосфора и калия составило 23,44%, а в более глубоких слоях снизилось аналогично по сравнению с гумусом на 6%.

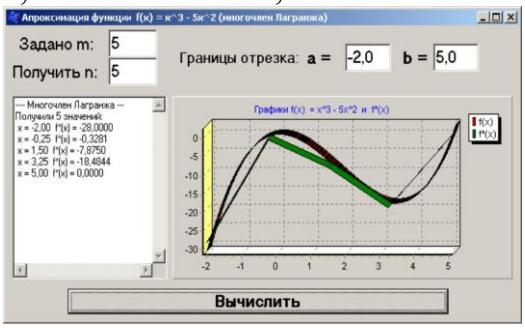

Рисунок 4 – График степенной аппроксимации
Figure 4 – Graph of power approximation

Результаты исследований содержания гумуса, суммы макроэлементов и урожайности были обработаны на компьютерной программе с использованием степенной

аппроксимации с преобразованием
табличной формы задания данных в
аналитическую, при котором в качестве эмпирической функции выбирается степенная функция F(x) = axb. График имел вид (рисунок 4). С помощью аппроксимации одни значения были заменены другими, близкими к исходным для прогнозирования урожайности яблонь.

Рост и развитие плодовых деревьев идет по генетическим и физиологическим программам, которые вызывают морфологические зависимости, которая применяется в плодоводстве для установления связей между урожайностью и такими характеристиками плодовых деревьев как площадь поперечного сечения штамба, ширина и высота кроны и другие. Нами выявлена коррелятивная зависимость между урожайностью и некоторыми факторами (таблица 5).

Сорта яблонь подразделены на 4 группы согласно «Программе и методике сортоизучения ягодных и орехоплодных культур». В нашем случае был использован сорт яблони на карликовом подвое 54-118 в саду на полигоне университета в Северо-Казахстанском регионе. Деревья данного сорта отнесены к группе типа спур с распространением зоны плодоношения от ствола к периферии кроны (то есть ближе к стволу). Решающими факторами в развитии плодовых культур являются орошения и вносимый биомелиорант.

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции между урожайностью и показателями вегетативного роста яблонь

Показатели вегетативного роста	Коэффициенты корреляций (сорт 54-118) зависимость параболическая
Длина кроны вдоль ряда, м	0,85
Ширина кроны вдоль ряда, м	0,85
Объем кроны, $м^3$	0,89
площадь поперечного сечения штамба, $см^2$/дерево	0,85
Площадь листьев, $м^2$/дерево	0,88

Достоверность при уровне вероятности 0,999

Итак, более существенная корреляция выявлена между объемом кроны деревьев и урожайностью при уровне значимости 0,999 коэффициент корреляции 0,89, чуть меньше действие фактора Площадь листьев при коэффициенте корреляции 0,88 и по всем другим - 0,85, что тоже является высоким уровнем влияния факторов (рисунок 5).

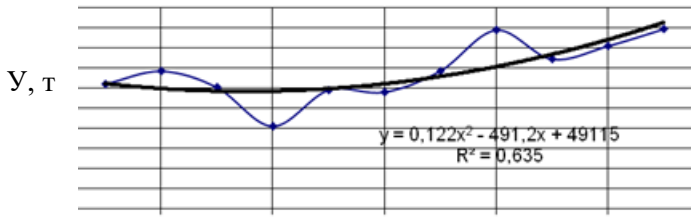

Рисунок 5 - Прогноз урожайности яблонь сорта 54-118

Figure 5 - Forecast of yield of apple trees of variety 54-118

Таким образом, для сорта 54-118 яблонь на карликовом подвое для условий Северо-Казахстанского региона с плотностью посадки от 1550 до 3050 деревьев на га можно прогнозировать

урожайность именно по этим показателям роста.
Факторы влияния: длина кроны вдоль ряда, ширина кроны вдоль ряда, объем кроны, площадь поперечного сечения штамба, площадь листьев

Заключение

Результаты исследований внесения биомелиоранта с поливной водой при капельном орошении на малопродуктивных сероземах северного региона Казахстана способствовали росту гумуса и органического вещества на 9% и активному росту и развитию яблонь на карликовом подвое, что было выражено увеличением объема кроны, площади листьев и, как следствие, урожайности в 3-4 раза.Прогнозирование урожайности выявило определенные показатели, влияющие на этот процесс максимально в частности плотность посадки.

Библиографический список

1. Калиниченко, В.П., Концепция внутрипочвенной дискретной импульсной ирригации / В.П. Калиниченко, Т.М. Минкина, О.С. Безуглова, А.А. Зармаев, О.В. Романов, В.Н. Ким // Природообустройство, 2013. – №2. – С. 6-11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-vnutripochvennoy-diskretnoy-impulsnoy-irrigatsii?ysclid=m4lkrak3u6343487635
2. Карпенко, Н.П. Повышение плодородия малопродуктивных сероземных почв с применением биомелиоранта при капельном орошении / Н.П. Карпенко, Д.К. Егембердиев // Международный технико-экономический журнал. – Изд-во Учебно-методический центр «Триада», 2019. – № 3. – С. 29-33. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23912333
3. Захарова, О.А. Роль агрохимических свойств чернозема выщелоченного в устойчивости к загрязнению тяжелыми металлами / О.А. Захарова, И.И. Садовая // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2024. - №3(5). – С. 1-11 DOI 10.36508/journal.2024.16.36.002
4. Карпенко, Н.П. Технология восстановления деградированных почв с использованием биомелиоранта на основе фосфогипса / Н.П. Карпенко, Д.К. Егембердиев, А.С. Сейтказиев, Х.И. Турсунбаев // Природообустройство, 2019. – № 1. – С. 78-83. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-vosstanovleniya-degradirovannyh-pochv-s-ispolzovaniem-biomelioranta-na-osnove-fosfogipsa?ysclid=m4lktom7fn333099501
5. Шеуджен, А.Х. Агроэкологическая эффективность фосфогипса на посевах кукурузы и сои в условиях Северо-Западного Кавказа на черноземе выщелоченном /А.Х.Шеуджен, Л.М. Онищенко, Е.П. Добрыднев, М.Ю. Локтионов // Плодородие, 2013. –№1. – С. 16-20. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/agroekologicheskaya-effektivnost-fosfogipsa-na-posevah-kukuruzy-i-soi-v-usloviyah-severo-zapadnogo-kavkaza-na-chernozeme?ysclid=m4lkuq7avl640942139
6. Endovitsky, A.P. Carbonate Calcium Equilibrium in Soil Solution as a Driver of Heavy Metals Mobility / A.P. Endovitsky, B.П. Kalinichenko, T.M. Minkina // International Journal of Environmental Problems? 2015a. –Vol. (2). – Is. 2. – P. 136-

153.URL:https://www.researchgate.net/publication/308021631_Carbonate_calcium_equilibrium_in_soil_solution_as_a_driver_of_heavy_metals_mobility
7. Karpenko Nina Petrovna, Seytkaziev Adebai Sadakbaevich, Egemberdiev Daulet Kanatovich. Using the new complex meliorant to improve soil fertility in the agricultural sector of Kazakhstan: Materials of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration». Part 3 - Reports in English (February 11-12). – Beijing, PRC, 2019. – S. 156-161. URL: https://www.researchgate.net/publication/360068886_Biomeliorant_for_the_restoration_of_saline_and_degraded_soils_in_the_arid_zone

References

1. Kalinichenko, V.P., Koncepciya vnutripochvennoj diskretnoj impul`snoj irrigacii / V.P. Kalinichenko, T.M. Minkina, O.S. Bezuglova, A.A. Zarmaev, O.V. Romanov, V.H. Kim // Prirodoobustrojstvo, 2013. – №2. – S. 6-11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-vnutripochvennoy-diskretnoy-impulsnoy-irrigatsii?ysclid=m4lkrak3u6343487635
2. Karpenko, N.P. Povy`shenie plodorodiya maloproduktivny`x serozemny`x pochv s primeneniem biomelioranta pri kapel`nom oroshenii / N.P. Karpenko, D.K. Egemberdiev // Mezhdunarodny`j texniko-e`konomicheskij zhurnal. – Izd-vo Uchebno-metodicheskij centr «Triada», 2019. – № 3. – S. 29-33. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23912333
3. Zaxarova, O.A. Rol` agroximicheskix svojstv chernozema vy`shhelochennogo v ustojchivosti k zagryazneniyu tyazhely`mi metallami / O.A. Zaxarova, I.I. Sadovaya // Setevoj nauchny`j zhurnal RGATU, 2024. - №3(5). – S. 1-11 DOI 10.36508/journal.2024.16.36.002
4. Karpenko, N.P. Texnologiya vosstanovleniya degradirovanny`x pochv s ispol`zovaniem biomelioranta na osnove fosfogipsa / N.P. Karpenko, D.K. Egemberdiev, A.S. Sejtkaziev, X.I. Tursunbaev // Prirodoobustrojstvo, 2019. – № 1. – S. 78-83. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-vosstanovleniya-degradirovannyh-pochv-s-ispolzovaniem-biomelioranta-na-osnove-fosfogipsa?ysclid=m4lktom7fn333099501
5. Sheudzhen, A.X. Agroe`kologicheskaya e`ffektivnost` fosfogipsa na posevax kukuruzy` i soi v usloviyax Severo-Zapadnogo Kavkaza na chernozeme vy`shhelochennom /A.X.Sheudzhen, L.M. Onishhenko, E.P. Dobry`dnev, M.Yu. Loktionov // Plodorodie, 2013. –№1. – S. 16-20. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/agroekologicheskaya-effektivnost-fosfogipsa-na-posevah-kukuruzy-i-soi-v-usloviyah-severo-zapadnogo-kavkaza-na-chernozeme?ysclid=m4lkuq7avl640942139
6. Endovitsky, A.P. Carbonate Calcium Equilibrium in Soil Solution as a Driver of Heavy Metals Mobility / A.R. Endovitsky, V.P. Kalinichenko, T.M. Minkina // International Journal of Environmental Problems? 2015a. –Vol. (2). – Is. 2. – P. 136-153.URL:https://www.researchgate.net/publication/308021631_Carbonate_calcium_equilibrium_in_soil_solution_as_a_driver_of_heavy_metals_mobility
7. Karpenko Nina Petrovna, Seytkaziev Adebai Sadakbaevich, Egemberdiev Daulet Kanatovich. Using the new complex meliorant to improve soil fertility in the agricultural sector of Kazakhstan: Materials of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration». Part 3 - Reports in English (February 11-12). – Beijing, PRC, 2019. – S. 156-161. URL: https://www.researchgate.net/publication/360068886_Biomeliorant_for_the_restoration_of_saline_and_degraded_soils_in_the_arid_zone