

NEWS**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES**

ISSN 2224-526X

Volume 6, Number 36 (2016), 137 – 144

A. K. Mukhanbet¹, E. Saljnikov², A. T. Khusainov³, A. M. Balgabayev¹¹Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan,²Institute of Soil Science, Belgrade, Serbia,³Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Kokshetau, Kazakhstan.

E-mail: ainura_kgu@mail.ru

**ENVIRONMENTAL SAFETY FOR CHERNOZEM SOIL FERTILIZED
WITH PHOSPHOGYPSUM AND FLY ASH FOR SPRING
WHEAT CULTIVATION IN NORTH KAZAKHSTAN**

Abstract. Currently, year by year the industrial waste stockpiles increase, but at the same time its recycling is not more than 10-15% of the production. There are several methods of recycling of such waste as phosphogypsum and fly ash, using them in agriculture as fertilizer and ameliorator is one the perspective directions. The limiting factor of their widespread use in agriculture is the presence of heavy metals and radionuclides in them. This article presents data on the environmental safety of using phosphogypsum and ash for cultivation spring wheat on the chernozem soils of Northern Kazakhstan. According to the results of research, using phosphogypsum and fly ash does not impact negatively on the environment, the presence of heavy metals and radionuclides in the soil and grain do not exceed the maximum allowable concentrations.

Keywords: fly ash, phosphogypsum, heavy metals, radionuclides, maximum permissible concentration, environmental safety.

УДК 631. 452. 879:633. 11

А. К. Мұханбет¹, Э. Сальников², А. Т. Хусаинов³, А. М. Балгабаев¹¹Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан,²Институт Почвоведения, Белград, Сербия,³Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УДОБРЕНИЯ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ФОСФОГИПСОМ И ЗОЛОШЛАКАМИ
НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА**

Аннотация. В настоящее время запасы отходы промышленности увеличиваются с каждым годом, в то время как утилизация их составляет не более 10-15% от их производства. Существует несколько способов утилизации таких отходов промышленности, как фосфогипса и золошлаков, среди которых одним из перспективных направлений является применение их в сельском хозяйстве в качестве удобрения и мелиорантов. Сдерживающим фактором их широкого применения является содержание тяжелых и радиоактивных элементов. В настоящей статье представлены данные об экологической безопасности использования фосфогипса и золошлаков под яровую пшеницу на черноземных почвах Северного Казахстана. Согласно результатам исследований, применение фосфогипса и золошлаков не оказывает негативного влияния на окружающую среду, содержание тяжелых металлов и радионуклидов в почве и зерне не превышает предельно допустимых концентраций.

Ключевые слова: золошлаки, фосфогипс, тяжелые металлы, радионуклиды, предельно допустимые концентрации, экологическая безопасность.

Введение. Накопление отходов промышленности представляет собой глобальную экологическую проблему. К числу отходов промышленности, производство которых растет с каждым годом, относятся золошлаки и фосфогипс.

Накопление золошлаков негативно влияет на окружающую среду, занимает огромные территории, из-за распыленности их тяжело транспортировать, легкие частицы с золоотволов уносятся ветром, загрязняют близлежащие водоемы и земли и наносят вред здоровью местного населения путем проникновения в организм через дыхательную систему [1].

Годовое производство золошлаков и их утилизация сильно варьирует по странам. Ежегодное производство золошлаков в Китае составляет около 100 млн.тонн, США 75 млн.тонн, в Германии 40, в Великобритании и Канаде 15 и 6 млн.тонн соответственно. Если утилизация золошлаков в странах Китая и США составляет 38,45 и 65% от годового производства, в Германии, Англии и Канаде утилизируют 85, 50 и 75% годового производства золошлаков [2].

Фосфогипс является побочным продуктом производства фосфорных удобрений [3]. Химический состав фосфогипса представлен CaO , сульфатами (такими как SO_3), SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , P_2O_5 и F, содержит и тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий, хром, ртуть и селен [4]. В мире используют только 15% от всего производства фосфогипса в основном, в строительной и сельскохозяйственной сферах. Остальные 85% утилизируют без всякой обработки и, разумеется, это наносит огромный вред окружающей среде, занимают огромные территории, загрязняя окружающую среду как химически так и радиационно.

Одним из перспективных направлений применения отходов промышленности является использование их в качестве удобрений или мелиорантов. Фосфогипс в сельском хозяйстве используют для улучшения почвенной структуры и повышения урожайности [5], понижения эрозии почвы и повышения содержания доступных S и P [6].

В свою очередь внесение золошлаков под различные сельскохозяйственные культуры не только способствует увеличению концентраций таких необходимых для растений элементов, как K, Na, Ca, и Mg, но и уменьшению содержания тяжелых металлов, таких как Mo, Se, Al [7]. Внесение золошлаков также способствует снижению содержания в тканях растений таких тяжелых металлов, как Cd, Cu, Cr; исследователи объясняют это улучшением реакции почвенной среды [8].

В Республике Казахстан ежегодный выход золы и золошлаковых смесей при сжигании углей составляет около 19 млн.тонн, а в золоотвалах к настоящему времени накоплено более 300 млн.тонн отходов, объем их использования в нашей стране не превышает 10%. [9]. Только в Акмолинской области в результате работы ТЭС и котельных в 2011 году по данным Управления природных ресурсов и регулирования природопользования образовался 599, 372 тыс. тонн золошлаков, что составляет 29% от общего объема образования в Северном Казахстане (202 457,6 тыс тонн) [10]. В общем, по Северному Казахстану, по данным Управлений природных ресурсов и регулирования природопользования Акмолинской, Костанайской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областей, образовалось 202,5 млн. тонн золошлаковых отходов, объем образования фосфогипса только в г. Степногорске составляет 9 млн. тонн [11].

Таким образом, в стране давно стоит острый вопрос утилизации накопленных запасов золошлаков и фосфогипса. Однако, несмотря на вышеуказанные многочисленные исследования, доказывающие возможности и перспективы использования фосфогипса и золошлаков в сельском хозяйстве [5-8], информации о исследованиях по изучению фосфогипса и золошлаков в Северном Казахстане очень мало. Также необходимо учитывать тот факт, что ряд зарубежных ученых предупреждают об опасности применения фосфогипса из-за содержания токсичных металлов и радионуклидов, которые в результате выщелочивания могут загрязнить почву и растения [12,13]. Кроме этого, исследования Пэйджа показывают, что применение золошлаков повышает содержание бора, который в свою очередь тормозит микробиологическую деятельность [14].

Таким образом, для использования фосфогипса и золошлаков в качестве удобрений необходимы тщательные исследования о экологической безопасности применения данных отходов промышленности в почвенно-климатических условиях Северного Казахстана. Исходя из этого, нами были проведены полевые опыты и лабораторные исследования для изучения применения золошлаков и фосфогипса в качестве удобрений на черноземных почвах. Результаты влияния на экологическую безопасность данных отходов промышленности представлены в данной статье.

Материалы и методика исследования. Эксперименты были проведены на опытном поле ТОО «Северо-Казахстанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», село Чаглинка, Акмолинская область ($53^{\circ} 10' 9.12''$ N, $69^{\circ} 7' 37.57''$ E 53.1692° , 69.127103°), в течение 2014-2015 гг. Возделывался сорт яровой пшеницы местной селекции «Астана», в опыте применялась зональная технология возделывания. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, среднемощный, малогумусный, тяжелосуглинистый.

Золошлаки для опытов были взяты из золоотвалов со Степногорской теплоэлектростанции и внесены под предпосевную обработку за 10 дней до посева. Фосфогипс был взят из отвалов ТОО «Казфосфат», г. Степногорск. Опыты заложены систематическим методом в трехкратной повторности. Схема опыта с золошлаками включает следующие 6 вариантов: (1) контроль, (2) суперфосфат (3) золошлак 0,2 т/га (4) золошлак 0,3 т/га (5) золошлак 0,4 т/га (6) и золошлак 0,5 т/га. Схема опыта с фосфогипсом также представлена 6 вариантами: (1) контроль, (2) суперфосфат (3) фосфогипс 1 т/га (4) фосфогипс 2 т/га (5) фосфогипс 3 т/га (6) и фосфогипс 4 т/га.

Определение содержания цинка, меди, свинца и кадмия в почвенных и растительных образцах проводилось на атомно-абсорбционном спектрометре (AA 6200, Япония) в режиме атомной адсорбции. При этом определение содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвенных образцах проводилось в вытяжке 0,1н HNO₃; а определение содержания тяжелых металлов в растительных образцах проводилось после их минерализации методом сухого озоления до постоянной массы.

Результаты и их обсуждение. Среди загрязняющих веществ по масштабам загрязнения и воздействию на биологические объекты особое место занимают тяжелые металлы. В принципе многие из них необходимы живым организмам, однако в результате интенсивного атмосферного рассеивания в биосфере и значительной концентрации в почве они становятся токсичными для биоты.

Миграция и аккумуляция загрязнителей таких как, тяжелые металлы и радионуклиды тесно связано с процессами как выщелачивание, размер капиляров, сорбция, pH, влажность, корневой системы и др. [15,16].

Известно также, что тяжелые металлы присутствуют и в природе, и в органическом материале почвы, глине, в оксидах Mn или Fe, карбонатах и др., при этом не нарушая экологический баланс [17-19].

Таким образом, для оценки основных экологических нормативов загрязнения почв применяют термин «предельно допустимая концентрация» (ПДК), т.е. такое содержание элемента в почве, которое при постоянном контакте или взаимодействии за определенный промежуток времени не влияет на животных, растения, микроорганизмы и на человека.

В соответствии с современным пониманием, ПДК химического вещества в почве представляет собой комплексный показатель безвредного для человека содержания химических веществ в почве, так как используемые при ее обосновании критерии отражают возможные пути воздействия элементов на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.

Проведенные лабораторные исследования подтверждают санитарно-экологическую безопасность внесения золошлаков под яровую пшеницу на черноземных почвах Северного Казахстана. Применение различных доз внесения золошлаков от 0,2 до 0,4 т/га не превысило ПДК тяжелых металлов в почве и зерне пшеницы (таблица 1).

Согласно результатам исследований, в год внесения золошлаков превышение Pb в почве наблюдалось на всех вариантах опыта и колебалось в пределах от 4,08 (золошлак 0,4 т/га) до 4,51 мг/кг (золошлак 0,2 т/га), что превышало контроль на 3,65 и 4,08 мг/кг соответственно. Однако это не отразилось на содержание Pb в зерне пшеницы, где отмечено незначительное превышение - в пределах 0,03-0,1 мг/кг. Примечателен тот факт, что в последующий год после внесения золошлаков содержание Pb в почве уменьшилось в два раза, а содержание Pb в зерне и вовсе ниже контроля. Мы предполагаем, что это связано с улучшением почвенной реакции и поглотительной способностью, обусловленная внесением золошлаков, что подтверждается данными Петрузелли [8].

Существенное увеличение содержания Zn и Cu в зерне не наблюдалось. Наибольший показатель Cu в 2014 году отмечался на варианте золошлак 0,3 т/га (4,8 мг/кг) и превышение Zn на

Таблица 1 – Влияние доз внесения золошлаков на содержание тяжелых металлов в почве и в зерне яровой пшеницы, мг/кг

Варианты опыта	Pb		Cd		Cu		Zn	
	2014г.	2015г.	2014г.	2015г.	2014г.	2015г.	2014г.	2015г.
Почва*								
Контроль	0,43	0,47	0,0	0,078	0,5	0,21	0,12	0,93
P ₂₀	0,50	2,13	0,0	0,038	0,32	1,24	0,38	1,82
Золошлак 0,2 т/га	4,51	0,84	1,7	0,054	5,1	1,26	17,0	3,28
Золошлак 0,3 т/га	4,20	1,84	1,5	0,071	5,4	1,84	17,2	3,95
Золошлак 0,4 т/га	4,08	2,86	1,2	0,042	5,7	1,68	17,1	4,68
Золошлак 0,5 т/га	4,12	2,74	1,3	0,028	5,9	1,89	17,8	4,75
Зерно**								
Контроль	0,25	0,44	0	0	0,09	1,6	7,7	6,3
P ₂₀	0,28	0,46	0	0	0,16	1,9	3,5	2,8
Золошлак 0,2 т/га	0,14	0,094	0	0	4,2	0,35	8,8	1,8
Золошлак 0,3 т/га	0,28	0,091	0	0	4,8	0,95	9,2	2,0
Золошлак 0,4 т/га	0,31	0,06	0	0	2,8	0,87	10,1	2,3
Золошлак 0,5 т/га	0,35	0,13	0	0	0,87	0,76	10,7	2,7
ПДК*	Pb – 32		Cd – 3,0		Cu – 33		Zn – 23	
ПДК**	Pb – 0,50		Cd – 0,10		Cu – 10		Zn – 50	

варианте золошлак 0,5 т/га (10,7 мг/кг), не превышая уровень ПДК. В 2015 году содержание данных элементов в зерне пшеницы не отличалось от контрольного варианта. Однако наблюдалось существенное увеличение содержания Cu и Zn в почве как в год внесения золошлаков, так и в последующий год. В сравнении с контролем, увеличение содержания Cu по различным дозам внесения золошлаков варьировало незначительно и составило в среднем 5,2 мг/год в 2014 году и 1,47 в 2015 г. Содержание Zn также увеличивалось как в 2014, так и в 2015 году и составило 17,08 мг/кг и 3,75 мг/кг соответственно. Во многом это связано с высоким содержанием данных элементов в химическом составе золошлаков. Стоит отметить, что как Zn, так и Cu являются еще и микроэлементами, крайне необходимыми для нормального роста и развития растений [20]. Таким образом, можно сделать вывод, что внесение золошлаков способствует улучшению питательного режима почвы, так как применение золошлаков не превышает ПДК.

Превышение Cd в пределах на 2,7-4,71 мг/кг отмечалось в почве в год внесения золошлаков, в то время как в зерне пшеницы содержание не обнаружено. В последующий год не наблюдалось превышения уровня Cd ни на одном из вариантов опыта.

В результате, несмотря на незначительное превышение на вариантах внесения золошлаков, содержание подвижных тяжелых металлов не превышало предельно-допустимых концентраций ни в почве, ни в зерне пшеницы. Результаты наших исследований подтверждаются опытами зарубежных ученых. В опытах Нилеша внесение золошлаков не превысило содержание Cd и Pb в зерне пшеницы, фасоли и маша, незначительно (в пределах ПДК), превысив содержание Zn [21].

Как было указано выше, одной из проблем, сдерживающих его широкое распространение в сельском хозяйстве, является содержание радиоактивных радиума и радона. Однако, по данным Майса и Мортведа, внесение 112 т/га фосфогипса с содержанием 25 pCi ²²⁶Ra на суглинистых почвах позволило успешно вырастить как зерновые культуры (кукуруза, яровая пшеница), так и масличные (сафлор). Как отмечают ученые, норма внесения 112 т/га превышает норму внесения гипса под арахис более чем в 200 раз, однако при этом не наблюдалось никакого негативного эффекта на превышение радиоактивности ни в зерне ни в почве [22].

В то же время несколько ученых предупреждают об опасности применения фосфогипса из-за содержания токсичных металлов и радионуклидов, которые в результате выщелочивания могут загрязнить и почву и растения [12,13].

Проведенные нами исследования показали, что применение фосфогипса в дозах 1-4 т/га способствовало незначительному увеличению содержанию тяжелых металлов в почве и зерне пшеницы, но не превышало предельно-допустимых концентраций (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние применения фосфогипса на содержание тяжелых металлов в почве и в зерне яровой пшеницы, мг/кг

Варианты опыта	Pb		Cd		Cu		Zn	
	2014г.	2015г.	2014г.	2015г.	2014г.	2015г.	2014г.	2015г.
Почва*								
Контроль	0,48	0,41	0,00	0,052	0,7	0,27	0,13	0,8
P ₂₀	0,52	2,28	0,00	0,034	0,5	1,8	0,35	1,74
Фосфогипс 1 т/га	0,44	1,27	0,00	0,061	0,8	2,3	0,02	3,8
Фосфогипс 2 т/га	0,45	1,82	0,00	0,037	0,7	2,5	0,03	4,1
Фосфогипс 3 т/га	0,41	1,93	0,00	0,083	0,6	3,2	0,02	4,8
Фосфогипс 4 т/га	0,42	2,96	0,00	0,054	0,6	4,2	0,02	5,38
Зерно**								
Контроль	0,28	0,34	0	0	0,12	1,8	7,3	6,0
P ₂₀	0,23	0,45	0	0	1,9	1,4	3,6	3,0
Фосфогипс 1 т/га	0,08	0,043	0	0	0,84	2,8	4,2	8,5
Фосфогипс 2 т/га	0,09	0,045	0	0	4,3	1,2	5,0	9,3
Фосфогипс 3 т/га	0,10	0,17	0	0	6,8	0,9	6,1	9,4
Фосфогипс 4 т/га	0,12	0,16	0	0,033	7,0	1,1	7,2	10,1
ПДК*	Pb – 32		Cd – 3,0		Cu – 33		Zn – 23	
ПДК**	Pb – 0,50		Cd – 0,10		Cu – 10		Zn – 50	

Согласно данным таблицы 2, в год внесения фосфогипса не наблюдалось превышения тяжелых металлов в почве на всех вариантах опыта. Однако в последующий год отмечалось превышение содержания Cu Zn и Pb. Частично это можно объяснить слабой растворимостью фосфогипса в почве, при котором наблюдалось сильное последействие фосфогипса. Сравнивая различные дозы внесения фосфогипса, наибольшее превышение содержания Pb, Zn и Cu выявлено на варианте фосфогипс 4т/га; в сравнении с контролем, превышение Pb на данном варианте составило - 2,55 мг/кг; Zn 4,58 мг/кг и Cu 3,93 мг/кг. Однако, эти данные, являясь показателями наибольшего повышения содержания данных элементов, остаются в пределах допустимых концентраций.

Относительно воздействия фосфогипса на содержание тяжелых металлов в зерне необходимо отметить, что дозы внесения фосфогипса не оказали существенного влияния на их содержание, кроме Zn, содержание которого в зерне пшеницы в 2014 году превысило контроль в среднем на 4,18-6,88 мг/кг. Однако уже в последующий год содержание Zn в зерне пшеницы пришло в норму, и все показатели не превышали их предельно-допустимых концентраций.

О.В. Дубравина отмечает, что внесение фосфогипса при норме 3 т/га не вызывает накопления в почве тяжелых металлов, но повышает в черноземе Каменной степи содержание P₂O₅ на 5,6 мг/кг почвы [23].

Н.А. Протасова, Н.С. Горбунова утверждают, что длительное применение фосфогипса и компостов на его основе не приводит к существенному изменению содержания ТМ в черноземе обыкновенном и сельскохозяйственной продукции, благодаря высокой буферности и экологической устойчивости черноземов [24].

Выводы. Исследования показали экологическую безопасность применения отходов местной промышленности в качестве удобрения на черноземных почвах Северного Казахстана. Внесение доз фосфогипса до 4/т и золошлаков до 0,4 т/га не превысило предельно-допустимых концентраций тяжелых металлов и радионуклидов в черноземе обыкновенном и в зерне яровой пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jankowski J, C.R. Ward, D. French, S. Groves. Mobility of trace elements from selected Australian fly ashes and its potential impact on aquatic ecosystems. *Fuel*, 2006, 85, pp. 243–256
- [2] Available from: <http://www.tifac.org.in> [accessed 26.07.08]
- [3] Hunter, A.H. 1989. Use of phosphogypsum fortified with other selected essential elements as a soil amendment on low cation exchange soils. Florida Institute of Phosphate Research, Publication No. 01-034-081.
- [4] Taha, R., Seals, R.K., 1992. Engineering properties and potential uses of by product phosphogypsum. Proceedings of Utilization of Waste Materials in Civil Engineering Construction, New York, NY. American Society of Civil Engineering
- [5] Mullins, G. L., & Mitchell, C. C. (1990) Use of phosphogypsum to increase yield and quality of annual forages. Technical Report Publication No. 01-048-084, Florida Institute of Phosphate, Bartow.
- [6] Zhang, X., Miller, W., Nearing, M., & Norton, L. D. (1998). Effects of surface treatment on surface sealing, runoff, and interril erosion. *Transactions of ASAE*, 41(4), 989–994;
- [7] Sharma SK, Kalra N. Effect of flyash incorporation on soil properties and productivity of crops: a review. *J Sci Ind Res* 2006, 65(5), 383–90p.
- [8] Petruzzelli G, Lubrano L, Cervelli S. Heavy metal uptake by wheat seedling grown on fly ash amended soils. *J Environ Qual* 1986, 8, 171–5p.
- [9] Ахмедъянов А.У., Киргизбаева К.Ж., Туреханова Г.И. Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан. Вторичная переработка отходов (золоплаков) промышленных предприятий Перепечатка с: http://www.rusnauka.com/19_AND_2012/Tecnic/10_114203.doc.html
- [10] Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Северо-Казахстанской области за 2011, 15-17с.
- [11] Хусаинов А.Т., Сарсенова А.А. Экологическое нормирование доз фосфогипса на солонцах по тяжелым металлам и радионуклидам / Успехи современного естествознания: Материалы VI Общероссийской научной конференции с международным участием. г. Сочи, РФ. 2005, № 2, 73–75с.
- [12] Rutherford, P. M., Dudas, M. J., & Samek, R. A. (1994). Environmental impacts of phosphogypsum. *Science of the Total Environment*, 99, 1–38c;
- [13] Al-Masri, M. S., Ali, A., Keitou, M., & Al-Hares, Z. (1999). Leaching of 226Ra from Syrian phosphogypsum. In W. A. Newton (Ed.), *Environmental radiochemical analysis*. London: Royal Society of Chemistry.;
- [14] Page AL, Elseewi AA, Straughan IR. Physical and chemical properties of flyash from coal-fired power plants with special reference to environmental impacts. *Residue Rev* 1979, 71, 83–120p.
- [15] MORTVERDT, J.J. Plant and soil relationships of uranium and thorium decay series radionuclides - A review. *Journal of Environmental Quality*, 23, 643–650 (1994);
- [16] Papastefanou, C., Stoulos, S., Ioannidou, A., Manolopoulou, M. The application of phosphogypsum in agriculture and the radiological impact. *Journal of Environmental Radioactivity*, 89, 188 – 198 (2006).
- [17] Tessier, A., Campbell, P. G. C., & Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51(7), 844–851;
- [18] Ure, A. M., Quevauviller, P., Muntau, H., & Griepink, B. (1993). Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 51, 135–151;
- [19] Alloway, B. J. (1995). *Heavy metals in soils* (2nd ed.). London: Blackie
- [20] Zaccone, C., Cocozza, C., D’Orazio, V., Plaza, C., Cheburkin, A. K., & Miano, T. M. (2007). Influence of extractant on quality and trace element content of peat humic acids. *Talanta*, 73, 820–830
- [21] Nilesh K Mahale, Sachin D Patil, Dhanajay B Sarode, Sanjay B Attarde. Effect of Fly ash as an Admixture in Agriculture and study of heavy metal accumulation in wheat(*Triticum aestivum*), mung bean(*Vigna radiata*) and urad beans (*Vigna mungo*). *Pol.J.Environ.Stud*, 2006, 21(6), pp. 1713-1719
- [22] May, D., & Mortvedt, J. (1986). Crop response to soil applications of phosphogypsum. *Journal of Environmental Quality*, 15, 78–81;
- [23] Дубровина О.В. Влияние удобрений и фосфогипса на урожайность, качество зерна кукурузы и плодородие чернозема обыкновенного в условиях юго-востока ЦЧЗ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. О.В. Дубровина. – Каменская степь, 2004, 15с.
- [24] Протасова Н.А. Соединения цинка, никеля, свинца и кадмия в обыкновенных черноземах Каменной степи при длительном применении удобрений и фосфогипса / Н. А. Протасова, Н. С. Горбунова // Агрохимия. 2010, № 7, 52-61с.

REFERENCES

- [1] Jankowski J, C.R. Ward, D. French, S. Groves. Mobility of trace elements from selected Australian fly ashes and its potential impact on aquatic ecosystems. *Fuel*, 2006, 85, pp. 243–256
- [2] Available from: <http://www.tifac.org.in> [accessed 26.07.08]
- [3] Hunter, A.H. 1989. Use of phosphogypsum fortified with other selected essential elements as a soil amendment on low cation exchange soils. Florida Institute of Phosphate Research, Publication No. 01-034-081.
- [4] Taha, R., Seals, R.K., 1992. Engineering properties and potential uses of by product phosphogypsum. Proceedings of Utilization of Waste Materials in Civil Engineering Construction, New York, NY. American Society of Civil Engineering
- [5] Mullins, G. L., & Mitchell, C. C. (1990) Use of phosphogypsum to increase yield and quality of annual forages. Technical Report Publication No. 01-048-084, Florida Institute of Phosphate, Bartow.
- [6] Zhang, X., Miller, W., Nearing, M., & Norton, L. D. (1998). Effects of surface treatment on surface sealing, runoff, and interril erosion. *Transactions of ASAE*, 41(4), 989–994;
- [7] Sharma SK, Kalra N. Effect of flyash incorporation on soil properties and productivity of crops: a review. *J Sci Ind Res* 2006, 65(5), 383–90p.
- [8] Petruzzelli G, Lubrano L, Cervelli S. Heavy metal uptake by wheat seedling grown on fly ash amended soils. *J Environ Qual* 1986, 8, 171–5p.
- [9] Ahmedjanov A.U., Kirgizbaeva K.Zh., Turehanova G.I. Evrazijskij nacional'nyj universitet imeni L.N. Gumileva, Kazahstan. Vtorichnaja pererabotka othodov (zoloshlakov) promyshlennyh predpriatij Perepechatka s: http://www.rusnauka.com/19_AND_2012/Tecnic/10_114203.doc.html
- [10] Informacionnyj bjuleten' o sostojanii okruzhajushhej sredy Severo-Kazahstanskoj oblasti za 2011, 15-17 p.
- [11] Husainov A.T., Sarsenova A.A. Jekologicheskoe normirovanie doz fosfogipsa na soloncah po tjazhelym metallam i radionuklidam / Uspehi sovremennoego estestvoznanija: Materialy VI Obshherossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. g. Sochi, RF. 2005, № 2, 73-75p.
- [12] Rutherford, P. M., Dudas, M. J., & Samek, R. A. (1994). Environmental impacts of phosphogypsum. *Science of the Total Environment*, 99, 1–38c;
- [13] Al-Masri, M. S., Ali, A., Keitou, M., & Al-Hares, Z. (1999). Leaching of 226Ra from Syrian phosphogypsum. In W. A. Newton (Ed.), *Environmental radiochemical analysis*. London: Royal Society of Chemistry.;
- [14] Page AL, Elseewi AA, Straughan IR. Physical and chemical properties of flyash from coal-fired power plants with special reference to environmental impacts. *Residue Rev* 1979, 71, 83–120p.
- [15] MORTVERDT, J.J. Plant and soil relationships of uranium and thorium decay series radionuclides - A review. *Journal of Environmental Quality*, 23, 643–650 (1994);
- [16] Papastefanou, C., Stoulos, S., Ioannidou, A., Manolopoulou, M. The application of phosphogypsum in agriculture and the radiological impact. *Journal of Environmental Radioactivity*, 89, 188 – 198 (2006).
- [17] Tessier, A., Campbell, P. G. C., & Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51(7), 844–851;
- [18] Ure, A. M., Quevauviller, P., Muntau, H., & Griepink, B. (1993). Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 51, 135–151;
- [19] Alloway, B. J. (1995). *Heavy metals in soils* (2nd ed.). London: Blackie
- [20] Zacccone, C., Cocozza, C., D'Orazio, V., Plaza, C., Cheburkin, A. K., & Miano, T. M. (2007). Influence of extractant on quality and trace element content of peat humic acids. *Talanta*, 73, 820–830
- [21] Nilesh K Mahale, Sachin D Patil, Dhananjay B Sarode, Sanjay B Attarde. Effect of Fly ash as an Admixture in Agriculture and study of heavy metal accumulation in wheat(*Triticum aestivum*), mung bean(*Vigna radiata*) and urad beans (*Vigna mungo*). *Pol.J.Environ.Stud*, 2006, 21(6), pp. 1713-1719
- [22] May, D., & Mortvedt, J. (1986). Crop response to soil applications of phosphogypsum. *Journal of Environmental Quality*, 15, 78–81;
- [23] Dubrovina O.V. Vlijanie udobrenij i fosfogipsa na urozhajnost', kachestvo zerna kukuruzy i plodorodie chernozema obyknovenennogo v uslovijah jugo-vostoka CChZ: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. O.V. Dubrovina. – Kamennaja step', 2004, 15 p.
- [24] Protasova N.A. Soedinenija cinka, nikelja, svinca i kadmija v obyknovennyh chernozemah Kamennoj stepi pri dlitel'nom primenenii udobrenij i fosfogipsa / N. A. Protasova, N. S. Gorbunova // Agrohimija. 2010, № 7, 52-61 p.

А. Қ. Мұханбет¹, Э. Сальников², А. Т. Хусаинов³, А. М. Балгабаев¹

¹Қазақ ұлттық аграрлық университет, Алматы, Қазақстан,

²Топырактану институты, Белград, Сербия,

³Ш. Уәлиханов атындағы Қекшетау мемлекеттік университет, Қекшетау, Қазақстан

СОЛТУСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҚАРА ТОПЫРАҚТАРЫНА ЖАЗДЫҚ БИДАЙФА КҮЛ КҮЙІНДІЛЕР МЕН ФОСФОГИПСТІ ЕҢГІЗУДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІ

Аннотация. Қазіргі уақытта өнеркәсіп қалдықтарының қоры жылдан жылға артуда, алайда оның өндірісінің 10-15% ғана қайта өңдеуден етеді. Фосфогипс пен құл күйінділер сияқты өнеркәсіп қалдықтарын қайта өңдеудің бірнеше жолдары бар, соның ішінде перспективалық бағыты: ауыл шаруашылығында тыңайтқыш және мелиорант ретінде пайдалану. Оларды кеңінен қолданудың шектеуші факторының бірі қурамында ауыр және радиобелсенді элементтердің болуы. Осы мақалада Солтүстік Қазақстанның қара топырақтарына жаздық бидайға құл күйінділер мен фосфогипсті еңгізудің экологиялық қауіпсіздігі туралы мәліметтер келтірілген. Зерттеу нәтижелеріне сәйкес фосфогипс пен құл күйінділерді тыңайтқыш ретінде қолдану қоршаған ортандың ластануына теріс есерін тигізбейді. Сонымен қатар топырақ және дәннің құрамындағы ауыр металдар мен радионуклидтердің мөлшері шектелген зиянсыз концентрациядан аспайды.

Түйін сөздер: құл күйінділер, фосфогипс, ауыр металдар, радионуклидтер, шектелген зиянсыз концентрация, экологиялық қауіпсіздік.

Сведения об авторах:

Мұханбет Айнұр Қайырлықызы – докторант специальности «Почвоведение и агрохимия» Казахского национального аграрного университета.

Сальников Эльмира Рахимовна – доктор Ph.D, профессор, ведущий специалист Института Почвоведения, г. Белград, Сербия

Хусаинов Абильжан Токанович – д.б.н., профессор, академик АСХН РК, чл.-корр. РАЕ, профессор кафедры «Растениеводства и почвоведение» Кокшетауского государственного университета им. Ш. Уалиханова.

Балгабаев Алимбай Мадибекович – к.с-х.н., профессор, зав. кафедры «Почвоведение и агрохимия» Казахского национального аграрного университета.