

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 5, Number 35 (2016), 85 – 90

A. K. Mukhanbet<sup>1</sup>, A. T. Khusainov<sup>2</sup>, C. Z. Elubayev<sup>3</sup>, A. M. Balgabayev<sup>1</sup><sup>1</sup>Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan,<sup>2</sup>Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Kokshetau, Kazakhstan,<sup>3</sup>Kokshetau Abai Myrzahmetov University, Kokshetau, Kazakhstan.

E-mail: ainura\_kgu@mail.ru

**ENVIRONMENTAL SAFETY OF USING ALTERNATIVE TYPES  
OF FERTILIZERS ON CHERNOZEM SOILS  
OF NORTHERN KAZAKHSTAN**

**Abstract.** Industrial wastes are of technogenic mineral raw materials, which, in contrast to the natural, accumulate over time rather than being depleted, which increases the prospects of their study and involvement in agricultural production. Extraction of useful components and the full utilization of industrial wastes through the use of their useful properties in agriculture will free up the area occupied by the piles and reduce their negative impact on the environment. However, soil-ecological safety of their use has been poorly studied, and it must be addressed, taking into account the specific properties of the source of a raw material used and the soil. The article presents the results of the impact of the use of industrial wastes for heavy metals in soil and in grain of spring wheat. Reveals that the use of different types of waste industry in Chernozem soils of Northern Kazakhstan as fertilizer does not pose an environmental hazard and do not exceed the MPC.

**Key words:** industrial wastes, ordinary Chernozem, spring wheat, heavy metals, maximum permissible concentration, environmental safety.

УДК 631.452.879:633.11

А. Қ. Мұханбет<sup>1</sup>, А. Т. Хусаинов<sup>2</sup>, С. З. Елюбаев<sup>3</sup>, А. М. Балгабаев<sup>1</sup><sup>1</sup>Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан,<sup>2</sup>Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан,<sup>3</sup>Кокшетауский университет им. А. Мырзахметова, Кокшетау, Казахстан**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ  
НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА**

**Аннотация.** Промышленные отходы относятся к техногенному минеральному сырью, которые, в отличие от природного, со временем накапливаются, а не истощаются, что повышает перспективность их изучения и вовлечения в сельскохозяйственное производство. Извлечение полезных компонентов и полная утилизация промышленных отходов за счет использования их полезных свойств в сельском хозяйстве позволит высвободить занимаемые отвалами площади и понизить негативное воздействие их на окружающую среду. Однако почвенно-экологическая безопасность их применения изучена недостаточно, и она должна решаться с учетом конкретных исходных свойств используемого сырья и почвы. В статье представлены результаты влияния применения отходов промышленности на содержание тяжелых металлов в почве и в зерне яровой пшеницы. Выявлено, что применение разных видов отхода промышленности на черноземных почвах Северного Казахстана в качестве удобрения не представляют экологическую опасность и не превышают уровень ПДК.

**Ключевые слова:** отходы промышленности, чернозем обыкновенный, яровая пшеница, тяжелые металлы, предельно допустимая концентрация, экологическая безопасность.

**Введение.** Значение удобрений особенно важно для земледелия Казахстана, где больше половины пахотных земель имеет низкое содержание гумуса (2-4%) и свыше 18 млн га пашни бедны фосфором. Резкое сокращение применения минеральных удобрений в Казахстане наблюдается с 1987 года. Вследствие резкого сокращения применения минеральных удобрений возник устойчивый дефицит питательных веществ в почве, что повлекло за собой их истощение и падение продуктивности пашни. Отрицательный баланс питательных веществ, имевший место в течение последних 10 лет, негативно сказался на запасе питательных веществ в почве. Эти изменения имеют самый различный характер и в большой своей части – негативный, связанный, прежде всего с низкой культурой земледелия. По данным многолетних исследований черноземы потеряли до 25-27% естественного содержания гумуса – основного показателя почвенного плодородия [1-4]. Поэтому наиболее перспективными и одним из путей решения данной проблемы являются новые виды удобрений, получаемые на основе промышленных, дешевых местных отходов. Но исследования такого характера в условиях черноземных почв Северного Казахстана ранее не проводились. Поэтому исследования по изучению применения отходов промышленности в качестве удобрения можно считать актуальным направлением в сельском хозяйстве.

Учитывая современные тенденции в области теории минерального питания растений, необходимо предусмотреть возможность применения, разработки и выпуска удобрений, имеющих в своем составе микроэлементы (S, Bo, Zn, Mn и др.), что потребует соответственно аналитического обеспечения и т.д.

Применение отходов производства для улучшения плодородия почв являются перспективным направлением в сельском хозяйстве, так как наряду с продовольственной задачей решаются проблемы утилизации местных отходов производства [5].

В общем, по Северному Казахстану по данным Управлений природных ресурсов и регулирования природопользования Акмолинской, Костанайской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областей образовалось 202,5 млн т золошлаковых отходов, объем образования фосфогипса только в г. Степногорске составляет 9 млн т.

Использование золошлаковых отходов в сельском хозяйстве имело бы не только экологическое значение, но и экономическое, агрохимическое и агрономическое значение за счет удешевления процесса восстановления плодородия почв, путем дешевой мелиорации [6].

Многими учеными установлено мелиоративное действие на почвы различных отходов производства [7-11].

Таким образом, вышеприведенные данные показывают возможность использования отходов промышленности в качестве альтернативного вида удобрения для сельскохозяйственных культур, но малоизученным остается вопрос накопления в почве и растениях после их применения солей тяжелых металлов.

**Материалы и методы исследования.** Исследования по изучению эффективности применения альтернативных видов удобрений на урожайность яровой пшеницы был проведен на опытном поле ТОО «Северо-Казахстанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», село Чаглинка, Акмолинская область. Возделывался сорт местной селекции «Астана», в опыте применялась зональная технология возделывания. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднесиловой малогумусный тяжелосуглинистый по классификации. В пахотном слое почвы содержится 3,41% гумуса, 30,8 мг/кг легкогидролизуемого азота, 9,0 мг/кг подвижного фосфора и 596,6 мг/кг почвы калия. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН – 7,5).

Опыт заложен систематическим методом в трехкратной повторности. Схема опыта включает следующие 6 вариантов: контроль, суперфосфат 20 кг/га, фосфогипс 3 т/га, золошлак 400 кг/га, Агробионов 400 кг/га, фосфоритная мука 300 кг/га.

Препарат «Агробионов» разработан в ООО Научно-производственное объединение «Агро-БиоТехновации», г. Омск [12]. Состав препарата: углерод, оксид кремния, алюминий, железо и макроэлементы – кальций, сера, магний, натрий, влажность - 14-30%, насыпная плотность 610 кг/м<sup>3</sup>, размер гранул 0,6-0,5 мм.

Золошлаки для опытов были взяты с Степногорской теплоэлектростанции. Химический состав золошлака представлен Na<sub>2</sub>O – 1.15%, MgO – 1.20%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 23.52%, SiO<sub>2</sub> – 53.22%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0.36%, K<sub>2</sub>O – 1.60%, CaO – 3.36%, TiO – 1.23%, Mn – 0.08%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 7.21%, и другие – 7,05%.

Фосфогипс – отход химической промышленности, который образуется в результате производства фосфорных удобрений и является одним из наиболее многотоннажных отходов; является продуктом механической и химической обработки природных апатитов и характеризуется кислой реакцией среды ( $\text{pH} = 4,5-5,0$ ) исторические залежи которого находятся на территориях ТОО «Степногорский горно-химический комбинат». В состав фосфогипса входят:  $\text{CaO} - 33,5\%$ ,  $\text{Mg} - 0,17\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,66\%$ ,  $\text{SO}_3 - 49,0\%$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 - 1,6-2\%$ ,  $\text{F} - 0,3\%$ ,  $\text{Sr} - 0,13\%$ , нерастворимый остаток – 15%.

Определение содержания цинка, меди, свинца и кадмия в почвенных и растительных образцах проводилось на атомно-абсорбционном спектрометре (АА 6200, Япония) в режиме атомной адсорбции. При этом определение содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвенных образцах проводилось в вытяжке  $0,1\text{н HNO}_3$ ; а определение содержания тяжелых металлов в растительных образцах проводилось после их минерализации методом сухого озоления до постоянной массы.

**Результаты и их обсуждение.** Интерес к вопросам воздействия на почвы и растения тяжелых металлов появился с исследованием плодородия почв, поскольку такие элементы, как железо, марганец, медь, цинк и молибден очень важны для жизни растений, животных и человека. Они называются также микроэлементами потому, что хоть и необходимы растениям в очень малых количествах, их недостаточное содержание в почве приводит к замедлению роста и развития растений.

Все тяжелые металлы оказывают отрицательное влияние на растения, если концентрация их доступных форм в почве превышает определенные пределы (ПДК).

В процессе генезиса черноземных почв происходит активная биологическая аккумуляция в гумусовых горизонтах подвижных форм таких элементов, как цинк, медь, бор, в меньшей степени молибден, марганец, свинец и кадмий. Также повышенное содержание подвижных форм меди, свинца и кадмия отмечается в карбонатном горизонте за счет их осаждения на щелочном геохимическом барьере в форме бикарбонатов. В гумусовых горизонтах черноземных почв наибольшей подвижностью обладает молибден (более 15% от валового содержания). Несколько меньшая подвижность отмечается у кобальта и марганца (1,5-5%). Медь и цинк характеризуются еще меньшей подвижностью (1-5%) [13].

Результаты лабораторных исследований показали, что внесение минеральных удобрений и отходов промышленности способствует некоторому повышению содержания меди, свинца и цинка в почве (рисунок 1). Содержание свинца в почве контрольного варианта составило 0,47 мг/кг при значении ПДК 32 мг/кг. В среднем за два года наибольшее накопление свинца выражено на вариантах с внесением золошлак 400 кг/га и агробионов 400 кг/га, что превышает контроль на 3,09 и на 5,89 мг/кг соответственно. Мы предполагаем, что это связано с улучшением почвенной реакции и поглощательной способностью, обусловленная внесением золошлака, что подтверждается данными Петрузелли [14].

При этом так же наблюдается заметное увеличение концентрации подвижных форм цинка в почве (ПДК 23 мг/кг), во многом это связано с высоким содержанием данных элементов в химическом составе золошлаков. Стоит отметить, что как  $\text{Zn}$ , так и  $\text{Cu}$  являются еще и микроэлементами, крайне необходимых для нормального роста и развития растений [15].

Применение фосфорных удобрений, в виде двойного гранулированного суперфосфата и фосфоритной муки не приводит к заметному изменению содержания подвижных форм биофильных элементов и так же способствует заметному увеличению в 0-20 см слое содержания подвижного свинца и цинка. На всех исследуемых вариантах опыта содержание кадмия почти не меняется.

В соответствии с изменением условий питания растений, содержанием в почве подвижных форм тяжелых металлов, находится их содержание в зерне яровой пшеницы. При применении фосфогипса в дозе 3 т/га в зерне пшеницы несколько уменьшается содержание свинца и возрастает содержание меди и цинка (рисунок 2).

Уменьшение содержания подвижного свинца в зерне пшеницы при применении фосфорсодержащих отходов промышленности, как фосфогипс, по-видимому, объясняется его взаимодействием с солями фосфорной кислоты с образованием очень труднорастворимой соли – трехзамещенного фосфата свинца, а так же слабой способностью ионов свинца находиться в подвижной форме при сильной конкуренции и антагонизме более легко растворимых катионов [16].

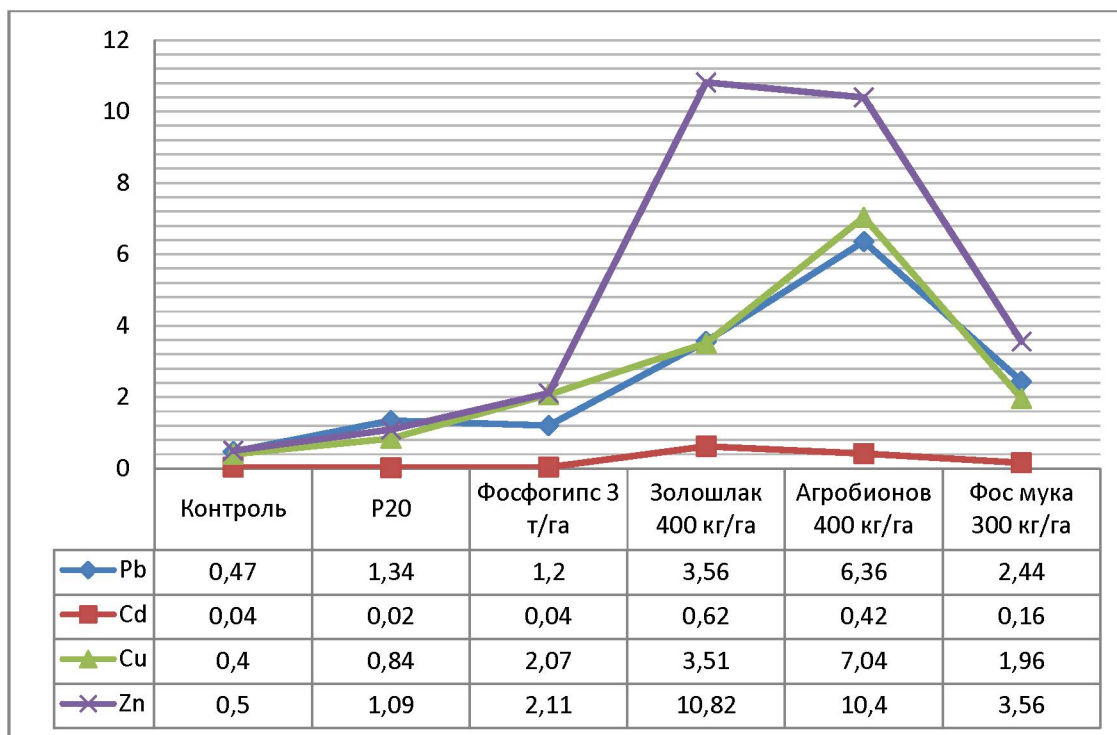


Рисунок 1 – Влияние внесения отходов промышленности на содержание тяжелых металлов в черноземе обыкновенном, мг/кг (среднее за 2014–2015 гг.)

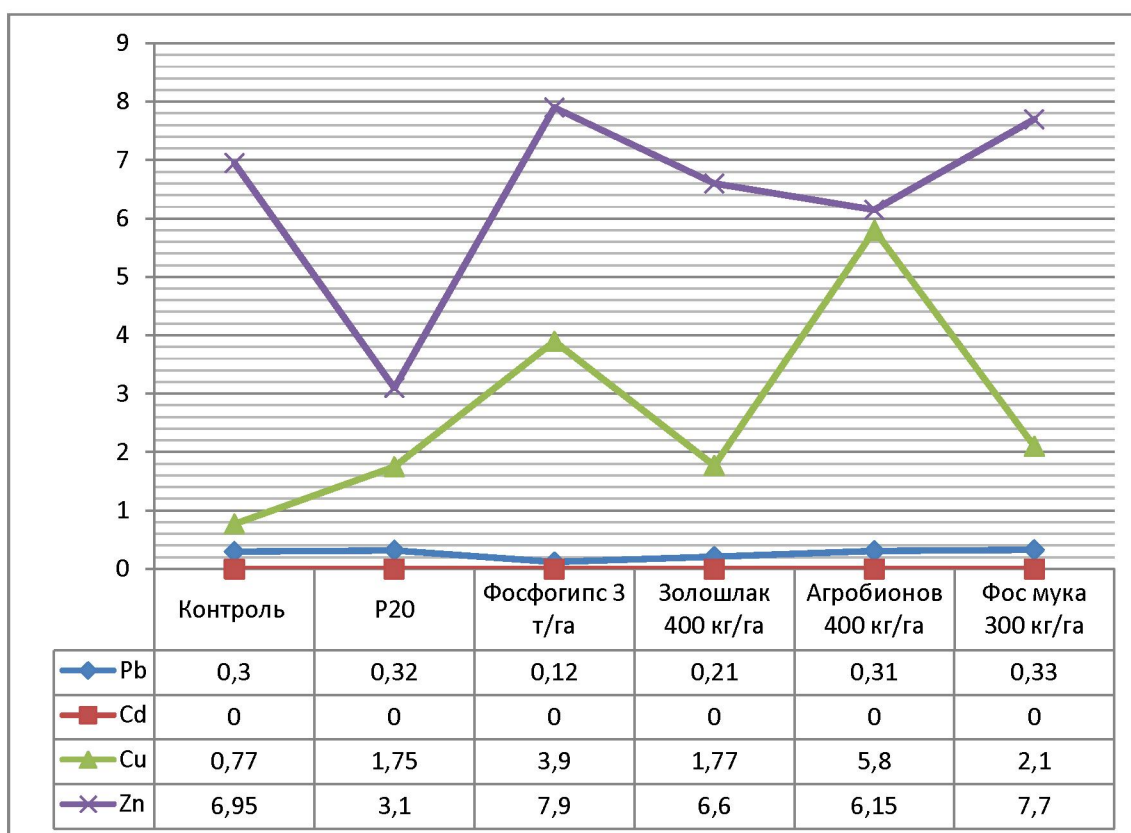


Рисунок 2 – Влияние внесения отходов промышленности на содержание тяжелых металлов в зерне яровой пшеницы, мг/кг (среднее за 2014–2015 гг.)

Как видно из данных рисунка 2 наибольшее содержание ионов меди в зерне пшеницы отмечается на варианте агробионов 400 кг/га, что хорошо согласуется с более высоким ее содержанием в почвах этого варианта по сравнению с другими (рисунок 1). Но эти изменения не превышают значение ПДК (10 мг/кг). Обращает внимание на себя влияние фосфорных удобрений на содержание цинка в зерне яровой пшеницы. Если на варианте фосфоритная мука 300 кг/га чуть превышает контрольного, то с применением двойного суперфосфата в дозе 20 кг/га содержание данного элемента уменьшается в два раза в сравнении с другими вариантами опыта. Некоторое уменьшение содержания в биофильных элементах при применении суперфосфата можно объяснить эффектом разбавления при резком возрастании урожайности зерна пшеницы.

**Выводы.** Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве, длительное время находящейся в пашне, зависит от многих факторов, в том числе от минералогического и механического состава почвообразующей породы, плодородия сформировавшейся на ней почвы от вида и дозы применяемых удобрений.

Исследования показали, что применение отходов промышленности в качестве удобрения под яровую пшеницу на черноземных почвах Северного Казахстана не создает опасности превышения в почве ПДК ни для одного из перечисленных компонентов, притом некоторые из них заметно способствуют повышению плодородия почвы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Юмагулова А.Н. Плодородие почв, пути его регулирования / Алма-Ата: Кайнар, 1986.24с.
- [2] Кененбаев С.Б. Сохранение плодородия почвы - важнейшая проблема земледелия/ Вестник с.-х. науки Казахстана. 2003.№12.с.25-26.
- [3] Киреев А.К. Повышение плодородия почв и урожайности зерновых культур путем биологизации богарного земледелия / Вестник с.-х. науки Казахстана.2000.№6.с.29-32.
- [4] Сапаров А.С. Биологическая продуктивность почв Казахстана в условиях антропогенеза // Почвоведение и агрохимия. № 1, 2008. – стр.
- [5] Хусаинов А.Т. Агроэкологическое состояние черноземных почв Северного Казахстана / монография, Кокшетау, 2001. 7 с.
- [6] Белецкая Н.П., Фомин И.А. и др. Рекомендации по использованию удобрений на основе местных ресурсов. – Петропавловск, 2011. – С. 5-15
- [7] Г.М. Пуртов, А.Т. Хусаинов, Р.К. Хусаинова // Производство кормов на мелиорируемых природных угодьях Сибири. – Сб. науч. тр. СибНИИ кормов. – Новосибирск. – 1991. – С. 40-51
- [8] Delaune, R.D., J.D. Porthouse and W.H. Patrick: Effect of phosphogypsum on respiration and methane emissions in sediment. *Environ. Tech.*,27, 575-584 (2006).
- [9] Гребенщикова Е.А. «Влияние золошлака на свойства почв и содержание тяжелых металлов при использовании его в качестве мелиоранта». Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук//., Владивосток,2007,18с.
- [10] Yeledhalli, N.A, Prakash, S.S, Ravi, M.V and Narayana R. Long-Term Effect of Fly Ash on Crop Yield and Soil Properties. *Karnataka J. Agric. Sci.*, 21(4), 2008, 507-512
- [11] Сарсенова А.А., Айтчанова К.М. Ермохин Ю.И. Опыт применения новых мелиоративных препаратов на основе золыноса и технического углерода на черноземах лесостепной зоны Западной Сибири // Развитие почвоведения и проблемы рационального использования почв Сибири /// Материалы научно-практической конференции, посвященный 125-летию со дня рождения К.П. Горшенина и 100-летию Н.Д. Градобоева , 24-25 сентября,2013 год, г. Омск, с. 128-129.
- [12] <http://agrobiotech.umi.ru>
- [13] Касимов Н.С., Самонова О.А. Фоновая почвенно-геохимическая структура лесостепи Северного Казахстана // Почвоведение, 1959. – № 4. – С. 20-35.
- [14] Petruzzelli G, Lubrano L, Cervelli S. Heavy metal uptake by wheat seedling grown on fly ahs amended soils. *J Environ Qual* 1986;8:171–5.
- [15] Zaccone, C., Coccozza, 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
- [16] Кирюпин В.И., Лебедева И.Н. Опыт изучения изменения органического вещества почвы при сельскохозяйственном использовании // Почвоведение, 1972, №8, С. 36-37.

#### REFERENCES

- [1] Jumagulova A.N. Plodorodie pochv, puti ego regulirovaniya / Alma-Ata: Kajnar, 1986.24s.
- [2] Kenenbaev S.B. Sohranenie plodorodie pochvy - vazhnejshaja problema zemledelija/ Vestnik s.-h. nauki Kazahstana. 2003.№12.s.25-26.
- [3] Kireev A.K. Povyshenie plodorodija pochv i urozhajnosti zemnyh kul'tur putem biologizacii bogarnogo zemledelija / Vestnik s.-h. nauki Kazahstana.2000.№6.s.29-32.

- [4] Saparov A.S. Biologicheskaja produktivnost' pochv Kazahstana v uslovijah antropogeneza. Pochvovedenie i agrohimiya. № 1, 2008. – str.
- [5] Husainov A.T. Agrojekologicheskoe sostojanie chernozemnyh pochv Severnogo Kazahstana / monografija, Kokshetau, 2001. 7 s.
- [6] Beleckaja N.P., Fomin I.A. i dr. Rekomendacii po ispol'zovaniju udobrenij na osnove mestnyh resursov. – Petropavlovsk, 2011. – S. 5-15
- [7] G.M. Purtov, A.T. Husainov, R.K. Husainova // Proizvodstvo kormov na melioriruemyh prirodnyh ugod'jah Sibiri. – Sb. nauch. tr. SibNII kormov. – Novosibirsk. – 1991. – S. 40-51
- [8] Delaune, R.D., J.D. Porthouse and W.H. Patrick: Effect of phosphogypsum on respiration and methane emissions in sediment. Environ. Tech., 27, 575-584 (2006).
- [9] Grebenshnikova E.A. /«Vlijanie zoloshlaka na svojstva pochv i sodержanie tjazhelyh metallov pri ispol'zovanii ego v kachestve melioranta». Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk//., Vladivostok, 2007, 18s.
- [10] Yeledhalli, N.A., Prakash, S.S., Ravi, M.V and Narayana R. Long-Term Effect of Fly Ash on Crop Yield and Soil Properties. Karnataka J. Agric. Sci., 21(4), 2008, 507-512
- [11] Sarsenova A.A., Ajtchanova K.M., Ermohin Ju.I. Opyt primeneniya novyh meliorativnyh preparatov na osnove zolyunosy i tehničeskogo ugleroda na chernozemah lesostepnoj zony Zapadnoj Sibiri // Razvitie pochvovedeniya i problemy racional'nogo ispol'zovanija pochv Sibiri /// Materialy nauchno-praktičeskoj konferencii, posvjashhennoj 125-letiju so dnja rozhdenija K.P. Gorshenina i 100-letiju N.D. Gradoboeva, 24-25 sentjabrja, 2013 god, g. Omsk, s. 128-129.
- [12] <http://agrobiotech.umi.ru>
- [13] Kasimov N.S., Samonova O.A. Fonovaja pochvenno-geohimicheskaja struktura lesostepi Severnogo Kazahstana // Pochvovedenie, 1959. – № 4. – S. 20-35.
- [14] Petruzzelli G, Lubrano L, Cervelli S. Heavy metal uptake by wheat seedling grown on fly ash amended soils. J Environ Qual 1986;8:171-5.
- [15] 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
- [16] Kirjushin V.I., Lebedeva I.N. Opyt izuchenija izmeneniya organičeskogo veshhestva pochvy pri sel'skohozjajstvennom ispol'zovanii // Pochvovedenie, 1972, №8, S. 36-37.

**А. Қ. Мұханбет<sup>1</sup>, Ә. Т. Хусаинов<sup>2</sup>, С. З. Елюбаев<sup>3</sup>, Ә. М. Балғабаев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан.

<sup>2</sup>Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті, Көкшетау, Қазақстан.

<sup>3</sup>А. Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан

### **СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҚАРА ТОПЫРАҚТАРЫНА ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ БАЛАМА ТҮРЛЕРІН ҚОЛДАНУДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІ**

**Аннотация.** Өнеркәсіп қалдықтары техногенді минералды шикізатқа жатады. Уақыт өте келе шектелген табиғи шикізатқа қарағанда олардың қоры таусылмай жинақталады, сондықтан ауылшаруашылық өндірісте пайдалануға қызығушылығы арта түсіп, оларды зерттеудің перспективасы жоғарылауда. Ауыл шаруашылығында өнеркәсіп қалдықтарының пайдалы қасиетін қолдану арқылы толық кәдеге жаратылып, олардың алып жатқан үйінді аумақтарын босатып қана қоймай, қоршаған ортаға тигізіп жатқан теріс әсерін төмендетеді. Алайда қалдықтарды қолданудың топырақ-экологиялық қауіпсіздігі толық зерттелмеген және ол топырақ пен пайдаланылатын шикізаттың бастапқы нақты қасиетін есепке ала отырып шешілуі керек. Мақалада өнеркәсіп қалдықтарын қолдануда топырақта және жаздық бидайдың дәніндегі ауыр металдардың мөлшеріне әсері туралы нәтижелер көрсетілген. Алынған мәліметтердің қорытындысы бойынша Солтүстік Қазақстанның қара топырақтарына тыңайтқыш ретінде әртүрлі өнеркәсіп қалдықтарын қолдану экологиялық қауіпті тудырмайды және ауыр металдардың мөлшері шектелген зиянсыз концентрациядан аспайды.

**Түйін сөздер:** өнеркәсіп қалдықтары, жаздық бидай, кәдімгі қара топырақ, ауыр металдар, шектелген зиянсыз концентрация, экологиялық қауіпсіздік.

#### **Сведения об авторах:**

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

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

Елюбаев Сагинтай Зекенович – член-корр. НАН РК, д.с.-х.н., профессор, президент Кокшетауского университета им. А. Мырзахметова.

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