

**Е.А. ПЕНДЮРИН, С.Ю. РЫБИНА, Л.М. СМОЛЕНСКАЯ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» г. Белгород, Российская Федерация

## **ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ НА ОСНОВЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Цель проведенных исследований – изучение физико-химических показателей исследуемых материалов, оценка их токсичности, определение возможности их использования в составе органоминеральных удобрений для сельского хозяйства. Разработаны образцы органоминеральных удобрений, включающие в себя побочные продукты промышленных производств, которые способствуют повышению агрохимических показателей почвы и урожайности растений. Составы содержали побочные продукты производств мокрой магнитной сепарации, цементного производства, производства лимонной кислоты, которые в настоящее время образуются на территории Белгородской области и не нашли широкого применения. Во всех проанализированных образцах фитотоксический эффект не обнаружен. Определены их некоторые физико-химические свойства. Показано, что образцы полученных органоминеральных удобрений близки к контролю (ОМУ ОАО Буйский химический завод) и могут быть рекомендованы для дальнейшего использования. Созданные образцы органоминеральных удобрений снижают вредное воздействие на окружающую среду за счет исключения хранения отходов промышленных производств, растительных остатков и применение их в составе удобрительных продуктов, которые может быть использованы при выращивании сельскохозяйственных культур.*

*Органно-минеральные удобрения, токсичность, агрохимические показатели, побочные продукты промышленных производств.*

**Введение.** Одна из проблем, которая возникла в последние годы, связана с потребностью сохранения, повышения и увеличения почвенного плодородия. Важным направлением её урегулирования является расчет оптимальных вариантов вовлечения ценных отходов деятельности человека в качестве вторичного сырья, в частности в сельскохозяйственном производстве [1, 2]. Органоминеральные удобрения – это удобрения, которые включают в себя органическое вещество и связанные с ним химические или адсорбционно минеральные соединения. На основе вторичного сырья возможно получение удобрений пролонгированного действия на структуру субстрата. Такие удобрения создаются через оптимизацию технологии получения и широкого применения органоминеральных компостов, способных сохранять почвенное плодородие до 4-5 лет [3].

В последнее время имеется большое количество научных работ, посвященных применению и оптимизации использования отходов разных производств в сельском хозяйстве [4-8]. В связи с этим изучение возможности применения как промышленных, так и сельскохозяйственных отходов в качестве вторичного сырья весьма актуально.

Цель проведенных исследований – изучение физико-химических показателей

исследуемых материалов, оценка их токсичности, определение возможности их использования в составе органоминеральных удобрений для сельского хозяйства.

### **Материалы и методы исследования.**

Производство нового органоминерального удобрения (ОМУ) осуществлялась путем замены элементов составных частей минеральных соединений на побочные сопутствующие продукты промышленных производств, которые не препятствуют произрастанию сельскохозяйственных культур и не загрязняют почву [9]. В качестве одного из сопутствующих компонентов ОМУ использовали побочный продукт цементного завода – осадительную пыль обжиговых печей электрофильтров. Химический состав представлен в таблице 1.

Вторым составляющим компонентом, явился побочный сопутствующий материал производства лимонной кислоты – цитрогипс, химический состав которого представлен в таблице 2.

В качестве дополнительного компонента для улучшения физических свойств почвы использовали состав побочных продуктов обогащения железной руды мокрой магнитной сепарацией (ППММС), химический состав которого представлен в таблице 3.

Таблица 1

**Состав пыли стадии обжига сырьевой смеси, масс. %**

Компонент	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Хлориды	ппп
Содержание по данным ЗАО «Белгородский цемент»	6,49-7,1	44-53,5	14,27	1,28-6,20	0,53-6,32	5,25	0,25	2,30	2,24-2,59	4,84-22,1

Таблица 2

**Состав цитрогипса, масс. %**

Компонент	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	Гидратная вода	pH
Содержание	0,12	0,04	31,7	45,49	0,05	22,48	4,5

Таблица 3

**Состав побочных продуктов обогащения**

Компонент	Fe общ	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	п.п.п.	Ti <sub>2</sub> O
Содержание, %	10,30	69,35	2,13	2,93	4,95	0,204	0,163	0,54	0,785	3,602	4,64	0,168

Цементная пыль электрофильтров обжиговых печей в основном представлена оксидами кальция, кремния, калия, железа. Эти основные химические элементы необходимы для роста и развития растений, цитрогипс состоит из дигидрата сульфата кальция, применение которого благоприятно сказывается на физических свойствах почвы. Побочный продукт обогащения железной

руды мокрой магнитной сепарацией содержится в своем составе SiO<sub>2</sub>, Feобщ., оксиды Mg и Ca.

Важным составляющим в ОМУ является органическая часть, которая представлена отходами жизнедеятельности животных и растительными остатками, химический состав которых представлен в таблице 4, 5.

Таблица 4

**Содержание питательных элементов в отходе жизнедеятельности животных, %**

Виды удобрений	Органическое вещество	Вода	Азот (N)	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Калий (K <sub>2</sub> O)	Кальций (Ca)
Отход жизнедеятельности животных	20,6-25	60-70	0,6-3,5	0,2-1	0,6-1,5	0,45-1

Таблица 5

**Состав растительных остатков**

Виды культур	Среднее содержание основных веществ									
	азот	белки	жиры	углеводы	зола	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Вода
Бобовые	1,40	10-20	1-5	0,2-2	3,91	0,50	1,82	0,27	0,35	50-60
Злаковые	1,70	5-10	1-4	0,2-2	7,48	1,80	0,95	0,41	0,70	60-70

Из таблиц 4 и 5 видно, что в составе отходов имеются органические вещества, азот, фосфор, калий и кальций, которые являются важными элементами для роста и развития растений.

**Результаты и обсуждение.** Органо-минеральные удобрения получали путем дозированного перемешивания используемых компонентов с последующим гранулированием в экструзионном устройстве.

Поскольку органо-минеральные удобрения будут применяться в сельском хозяйстве, определение фитотоксичности является

обязательным условием дальнейшего их использования [10-15]. В качестве тест-объектов для оценки фитотоксичности использовали овес посевной (*Avena sativa*) согласно общепринятой методики определения токсичности [16].

В качестве тест-реакции определяли длину корней в водных вытяжках почвенных горизонтов 1:10 по сравнению с контролем (дистиллированная вода). Биотестирование проводили в течение 7 дней. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 6.

## Токсичность компонентов органоминеральных удобрений

ППММС	Цементная пыль	Цитрогипс	Компост
7,27%	75%	63,09%	23,9%

Из данных таблицы 6 видно, что нетоксичным компонентом является ППММС, а все остальные обладают токсическим эффектом, так как их токсичность составляет более 20%. Следовательно, для использования таких отходов в органоминеральных удобрениях необходимо определить их дозировку в составе удобрения.

Составная часть компостированных продуктов жизнедеятельности животных

является преобладающим элементом в органоминеральных удобрениях и содержится в количестве 50-70%, побочный продукт производства цемента, пыль электрофильтров обжиговых печей и цитрогипс включены в состав органоминеральных удобрений в количестве 2,5-10%, побочный продукт мокрой магнитной сепарации и растительные остатки – остальное (рис. 1).



Рис. 1. Органоминеральные удобрения

Полученные органоминеральные удобрения определяли на токсичность. Во всех полученных образцах разработанных удобрений она была ниже 20%.

Далее образцы органоминеральных удобрений проанализировали на основные агрохимические показатели. Результаты определения представлены в таблице 7.

Таблица 7

## Агрохимические показатели органоминеральных удобрений

Показатели	Образцы органоминеральных удобрений						Контроль ОМУ ОАО Буйский химический завод
	1	2	3	4	5	6	
pH(вод)	8,68	6,41	6,7	7,27	7,2	7,3	6,25
pH(сол)	8,56	7,01	8,22	8,17	8,34	7,8	5,89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100г	25,55	34,91	22	28,4	40	17	24,64
Органический углерод, %	11,04	13,82	12,43	11,74	13,14	11,69	7,29
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/100г	35,45	27,02	40,8	41,8	72	17,7	72,11
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/100г	7,27	18,47	28,6	29,3	50,4	12,4	224,75
хлориды	421,12	136,1	355	272,6	355	426	5964
Солесодержание по NaCl, мг/л	1,55	1,30	1,67	1,66	1,79	1,83	16,44

В качестве контроля было взято ОМУ ОАО Буйский химический завод которое представлено на рынке продажи и производства органоминеральных удобрений. Проанализированные данные таблицы 7 показывают, что полученные органоминеральные удобрения не уступают контролю, а по некоторым питательным элементам (азот фосфор, органический углерод) превышают контрольный образец.

Оценка эффективности разработанных органоминеральных удобрений проводилась на мелкоделяночных опытах в полевых условиях. Разработанные

образцы органоминеральные удобрения заделывали в почву в количестве 5 тонн на гектар. На мелкоделяночных опытных участках почвы были внесены органоминеральные удобрения, далее производили посев сельскохозяйственной культуры ячменя (*Hordeum vulgare*), урожайность которого представлена в таблице 8.

Используемые органоминеральные удобрения повышают урожайность по сравнению с контролем на больших мелкоделяночных опытных участках (образцы – 1, 4, 5). Другие образцы показали меньший результат по отношению к контролю.

Таблица 8

**Полевые исследования разработанных органоминеральных удобрений**

Образец удобрения	1	2	3	4	5	6
Урожайность зерна, г/сосуд	4,81	4,07	3,70	5,55	5,55	3,70
+ – по отношению к контролю	+0,74	0	-0,37	+1,48	+1,48	- 0,37
Контроль без удобрений	4,07					

Таким образом, проведенные исследования показали, что разработанные новые образцы органоминеральных удобрений, созданные из побочных продуктов промышленных производств, способны повышать урожайность сельскохозяйственных культур, их можно рекомендовать в производство.

**Выводы**

1. На основании данных химических составов побочных продуктов промышленных производств обосновано их использование в производстве органоминеральных удобрений.

2. Оценка токсичности полученных образцов удобрений не выявила токсического эффекта, но поскольку исходные компоненты обладают токсическими эффектами, то необходимо четко соблюдать их дозировку в составе органоминерального удобрения.

3. Агрохимические показатели полученных образцов по величине содержания (около 2 мг/л) превосходили контроль (16,4 мг/л); количество основных питательных элементов (С: N: P) превосходило контроль.

4. Побочные продукты промышленных производств могут служить ценнейшим сырьем для производства органоминеральных удобрений. Совместное использование побочных продуктов промышленных

производств, предприятий, индустрии Белгородской области, с дополнительным их обогащением, позволяет снизить расход некоторых основополагающих сырьевых компонентов.

**Библиографический список**

1. Искусственная почва для выращивания растений. / Лысенко А.А., Свердлов Н.И., Виноградова Л.Е., и др. // Дизайн. Материалы. Технология. – 2009. – № 3. – С. 23-26.
2. Смагин А.В. Критерии и нормативы экологической оценки городских почвенных ресурсов. // Экологический вестник Северного Кавказа – 2008. – Т. 4. № 4. – С. 24-41.
3. Органоминеральные удобрения на основе бурых углей. / Усанбоев Н., Якубов Р.Я., Намазов Ш.С., Беглов В.М. // Химическая промышленность. – 2005. – Т. 82. № 9. – С. 421-432.
4. Ресурсосберегающая технология переработки навоза и птичьего помета в органоминеральные удобрения и вермикомпост. / Слевак Н.В., Слевак В.Я., Щеренко П.Ю., Тимралиев В.Ю. // Научное обозрение. – 2010. – № 5. – С. 79-82.
5. Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю. Органоминеральные удобрения – перспективное направление в развитии технологий управления мелиоративным режимом агроландшафтов. / Сб. Комплексные

мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научно-практической конференции. – М.: ВНИИГиМ. – 2014. – С. 142-146.

6. **Нефедов Б.К., Ермилов В.В.** Реагентная технология обезвреживания осадков сточных вод с целью их использования в качестве органоминерального удобрения. // Экология и промышленность России. – 2008. – № 10. – С. 19-23.

7. **Нефедов Б.К., Ермилов В.В., Поляков В.С.** Использование осадков сточных вод в качестве органоминерального удобрения. // Экология и промышленность России. – 2007. – 11. – С. 42-45.

8. Современные биотехнологии переработки отходов животноводства. / Сидоренко О., Лисенков А., Шувариков А., Черданцев Е. // Птицеводческое хозяйство. Птицефабрика. – 2011. – № 3. URL: <http://webpticeprom.ru/ru/articles-processing-waste.html?pageID=1348205247> Дата обращения 1.10.2018

9. **Корнилов В.И.** Экология, продовольственная безопасность и органоминеральные удобрения. // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2018. – Т. 2. № 2. – С. 17-21.

10. **Bashkin V.N. and Gregor H.D.** Calculation of critical loads of air pollutants at ecosystems of East Europe. Pushchino: ONTI Publishing House -Berlin: UBA. 1999. – 132 p.

11. **Harte J., Holden C., Schneider R., Shirely C.** "Toxics A to Z" a Guide to Every Day Pollution Hazards. Berkley; Los Angeles; Oxford: Univ. Calif. Press. 1991. 680 p.

12. **Hillel D.** Fundamentals of Soil Physics. N.Y. Academic Press. 1980. 110 p.

13. **Moore, I.D.** Terrain properties: Estimation Methods and Scale Effects, Modeling Change in Environmental Systems. A.J. Jake-man et al. editors / I.D. Moore, A. Lewis, J.C. Gallant New York: John Wiley and Sons, 1993. – 276 pp.

14. **Crosson P.** Agricultural Gand use; a technological and energy prospective. – Farnland, Food Soil Cons. Cos, 1986. p. 99-111.

15. **Пендюрин Е.А., Смоленская Л.М., Рыбин В.Г., Рыбина С.Ю.** Оценка пригодности техногенных грунтов для рекультивации нарушенных территорий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 3. – С. 151-153.

16. МР 2.1.7.2297-07 Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности / [электронный ресурс] <http://docs.cntd.ru/document/1200061157>. Дата обращения 15.11.18 г.

Материал поступил в редакцию 17.12.2018 г.

#### Сведения об авторах

**Пендюрин Евгений Александрович**, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО БГТУ имени В.Г. Шухова; 308012, г. Белгород, ул. Костюкова д. 46; e-mail: [pendyrinea@yandex.ru](mailto:pendyrinea@yandex.ru)

**Рыбина Снежанна Юрьевна**, аспирант, ФГБОУ ВО БГТУ имени В.Г. Шухова; 308012, г. Белгород, ул. Костюкова д. 46; e-mail: [sneshanna18@mail.ru](mailto:sneshanna18@mail.ru)

**Смоленская Лариса Михайловна**, доцент, кандидат химических наук, доцент, ФГБОУ ВО БГТУ имени В.Г. Шухова; 308012, г. Белгород, ул. Костюкова д. 46; e-mail: [Smolenskaylarisa@yandex.ru](mailto:Smolenskaylarisa@yandex.ru)

**E.A. PENDYURIN, S.YU. RYBINA, L.M. SMOLENSKAYA**

Federal state budgetary educational institution of higher education «Belgorod state technological university named after V.G. Shuhov», Belgorod, Russian Federation

## ORGANIC-MINERAL FERTILIZER ON THE BASIS OF BY-PRODUCTS OF THE INDUSTRY

*The purpose of investigations is studying of physical – chemical indicators of the researched materials, assessment of their toxicity, determination of the possibility of their usage in the composition of organic-mineral fertilizers including by-products of the industrial productions which promote increasing of agrochemical indices of the soil and plants productivity. The compositions contained by-products of production of wet magnetic separation, cement production, production of citric acid which are currently being formed in the Belgorod region and have not been widely used. In all analyzed samples a phytotoxic effect was not found. Their some physical and chemical properties are determined. It is shown that the samples of the obtained organic-mineral fertilizers are close to control (OMU JSC Buisk chemical plant) and can be recommended*

for further use. The created samples of organic-mineral fertilizers reduce a harmful impact on the environment by eliminating the storage of industrial waste, plant residues and their use in the composition of fertilizer products that can be used in the cultivation of crops.

*Organic-mineral fertilizers, toxicity, agrochemical indicators, by-products of industrial production.*

### References

1. Iskusstvennaya pochva dlya vyra-shchivaniya rastenij. / Lysenko A.A., Sverdlova N.I., Vinogradova L.E. i dr. // Dizain. Materialy. Tehnologiya. – 2009. – № 3. – S. 23-26.

2. **Smagin A.V.** Kriterii i normativy ekologicheskoy otsenki gorodskih pochvennyh resursov. // Ekologicheskij vestnik Severnogo Kavkaza. – 2008. – T. 4. № 4. – S. 24-41.

3. Organomineralnye udobreniya na osnove buryh uglej. / Usanboev N., Yakubov R.Ya., Namazov Sh.S., Beglov V.M. // Himicheskaya promyshlennost. – 2005. – T. 82. № 9. – S. 421-432.

4. Resursosberegayushchaya tehnologiya pererabotki navoza i ptichjego pometa v organomineralnye udobreniya i vermikompost. / Spevak N.V., Spevak V.Ya., Shcherenko P.Yu., Timraliev V.Yu. // Nauchnoe obozrenie. – 2010. – № 5. – S. 79-82.

5. **Puhovskaya T.Yu., Pavlov V.Yu.** Organomineralnye udobreniya – perspektivnoe napravlenie v razvitii tehnologij upravleniya meliorativnym rezhimim agrolandshaftov. / Sb. Kompleksnye melioratsii – sredstvo povysheniya produktivnosti sel'skokozyajstvennyh zemel. Materialy yubilejnoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. – M.: VNIIGiM. – 2014. – S. 142-146.

6. **Nefedov B.K., Ermilov V.V.** Reagentnaya teghnologiya obezvrezhivaniya osadkov stochnyh vod s tselyu ih ispolzovaniya v kachestve organomineralnogo udobreniya. // Ekologiya i promyshlennost Rossii. – 2008. – № 10. – S. 19-23.

7. **Nefedov B.K., Ermilov V.V., Polyakov V.S.** Ispolzovanie osadkov stochnyh vod v kachestve organomineralnogo udobreniya. // Ekologiya i promyshlennost Rossii. – 2007. – № 11. – S. 42-45.

8. Sovremennye biotehnologii pererabotki othodov zhivotnovodstva. / Sidorenko O., Lisenkov A., Shuvarikov A., Cherdantsev E. // Ptitsevodcheskoe hozyajstvo. Ptotsefabrika. – 2011. – № 3. URL: [http://webpticeprom.ru/ru/articles-processing\\_waste.html?pageID=1348205247](http://webpticeprom.ru/ru/articles-processing_waste.html?pageID=1348205247) Data obrashcheniya 1.10.2018

9. **Kornilov V.I.** Ekologiya, proizvodstvennaya bezopasnost i organomineralnye

udobreniya. // Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya. – 2018. – T. 2. № 2. – S. 17-21.

10. **Bashkin V.N. and Gregor H.D.** Calculation of critical loads of air pollutants at ecosystems of East Europe. Pushchino: ONTI Publishing House -Berlin: UBA. 1999. – 132 p.

11. **Harte J., Holden C., Schneider R., Shirely C.** "Toxics A to Z" a Guide to Every Day Pollution Hazards. Berkley; Los Angeles; Oxford: Univ. Calif. Press. 1991. 680 p.

12. **Hillel D.** Fundamentals of Soil Physics. N.Y. Academic Press. 1980. 110 p.

13. **Moore, I.D.** Terrain properties: Estimation Methods and Scale Effects, Modeling Change in Environmental Systems. A.J. Jake-man et al. editors / I.D. Moore, A. Lewis, J.C. Gallant New York: John Wiley and Sons, 1993. – 276 pp.

14. **Crosson P.** Agricultural Gand use; a technological and energy prospective. – Farnland, Food Soil Cons. Cos, 1986. p. 99-111.

15. **Pendyurin E.A., Smolenskaya L.M., Rybin V.G., Rybina S.Yu.** Otsenka prigodnosti tehnogennyh gruntov dlya rekultivatsii narushennyh territorij // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. – 2013. – № 3. – S. 151-153.

16. MR2.1.7.2297-07 Obosnovanie klassa opasnosti othodov proizvodstva i potrebleniya po fitotoksichnosti / [elektronny resurs] <http://docs.cntd.ru/document/1200061157>. Data obrashcheniya 15.11.18 g.

The material was received at the editorial office  
17.12.2018 g.

### Information about the authors

**Pendyurin Evgenij Aleksandrovich**, associate professor, candidate of agricultural sciences, FSBEI HE BSTU named after V.G. Shuhov; 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, d. 46; e-mail: [pendyrinea@yandex.ru](mailto:pendyrinea@yandex.ru)

**Rybina Snazhanna Yurjevna**, post graduate student, FSBEI HE BSTU named after V.G. Shuhov; 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, d. 46; e-mail: [sneshanna18@mail.ru](mailto:sneshanna18@mail.ru)

**Smolenskaya Larisa Mikhailovna**, associate professor, candidate of chemical sciences, FSBEI HE BSTU named after V.G. Shuhov; 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, d. 46; e-mail: [Smolenskaylarisa@yandex.ru](mailto:Smolenskaylarisa@yandex.ru)