

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ВЛАГОУСТОЙЧИВОСТЬ И ПЕРЕХОД ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЙ РАСТВОР ИЗ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Н. Е. Сосновская, В. А. Ракович, О. Г. Красноберская

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. Изучено влияние стабилизирующих добавок на водоустойчивость гранулированных органоминеральных удобрений с высоким содержанием калия. Показано, что применение стабилизирующих добавок $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ в количестве 2,5–5,0 % и при температуре сушки 120 °С позволяет обеспечить водоустойчивость гранул до 90 %, повышает переход гуминовых веществ в биологически активную водорастворимую форму и снижает загрязнение окружающей среды элементами питания растений. Эти добавки содержат в своем составе компоненты питательных веществ для роста и развития растений и не приводят к возможному загрязнению почв по сравнению с широко используемыми для этих целей полимерными материалами.

Ключевые слова: гранулированные органоминеральные удобрения; стабилизирующие добавки; водоустойчивость гранулы; гуминовые вещества.

Для цитирования. Сосновская Н. Е., Ракович В. А., Красноберская О. Г. Влияние стабилизирующих добавок на водоустойчивость и переход гуминовых веществ в водный раствор из гранулированных органоминеральных удобрений // Природопользование. – 2022. – № 2. – С. 178–184.

THE EFFECT OF STABILIZING ADDITIVES ON THE WATER RESISTANCE AND TRANSITION HUMIC SUBSTANCES IN WATER SOLUTION FROM GRANULATED ORGANOMINERAL FERTILIZERS

N. E. Sosnovskaya, V. A. Rakovich, O. G. Krasnoberskaya

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The effect of stabilizing additives on the water resistance of granular organomineral fertilizers with a high potassium content has been studied. It is shown that the use of stabilizing additives $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ and $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ in an amount of 2.5–5.0 % and a drying temperature of 120 °C makes it possible to ensure the water resistance of granules up to 90 %, increases the transition of humic substances into a biologically active water-soluble form and reduces environmental pollution by plant nutrients. These additives contain components of nutrients for plant growth and development in their composition and do not lead to possible contamination of soils in comparison with polymer materials widely used for these purposes.

Keywords: granular organomineral fertilizers; stabilizing additives; water resistance of granules; humic substances.

For citation. Sosnovskaya N. E., Rakovich V. A., Krasnoberskaya O. G. The effect of stabilizing additives on the water resistance and transition humic substances in water solution from granulated organomineral fertilizers. *Nature Management*, 2022, no. 2, pp. 178–184.

Введение. Удобрения контролируемого и пролонгированного действия – это удобрения, содержащие элементы питания в форме, которая позволяет отсрочить их высвобождение и поглощение растением после внесения или которая удлинит срок их доступности для растений по сравнению с быстродействующими удобрениями (такими как аммиачная селитра, карбамид и др.). Такого эффекта достигают разными путями, среди которых контроль растворимости в воде с помощью полупроницаемого покрытия (капсулы), медленнорастворимые соединения, использование ингибиторов нитрификации и уреазы.

Несмотря на широкий спектр приемов, обеспечивающих пролонгированное действие удобрения, все они наиболее применимы к азотсодержащим или комплексным удобрениям. Однако существует потребность в однокомпонентных калийных удобрениях для определенных стадий развития сельскохозяйственных культур.

Хлористый калий является одним из основных широко распространенных минеральных удобрений. В растениях ионы калия находятся в вакуолях и цитоплазме, и их роль в жизни растений многогранна [1, 2]: они стабилизируют структуру хлоропластов и митохондрий, способствуют формированию богатой энергией аденозинтрифосфорной кислоты, повышают гидратацию коллоидов цитоплазмы и степень их дисперсности, поэтому растения лучше удерживают воду и переносят засуху. Калий способствует образованию сахаров, повышает осмотическое давление в клетках и тем самым увеличивает холодоустойчивость растений, а также их способность противостоять бактериальным и грибным болезням. Калий усиливает синтез целлюлозы, гемицеллюлоз, пектинов и других высокомолекулярных углеводов, укрепляющих клеточные стенки соломин, благодаря чему повышается устойчивость растений к полеганию, улучшается качество волокна льна. Под влиянием калия усиливается накопление крахмала в клубнях картофеля, сахарозы – в сахарной свекле, моносахаридов – в плодовых и овощных культурах. Без калийных удобрений невозможно было бы современное высокопродуктивное земледелие.

Вместе с тем существенным недостатком хлористого калия как удобрения является его высокая растворимость в воде, поэтому он вымывается из пахотного слоя атмосферными осадками, особенно на песчаных и супесчаных почвах. В 2010–2018 гг. в Беларуси ежегодно вносили в пересчете на 100%-ное питательное вещество (K_2O) 358–623 тыс. т [3], а потери составляли 25–35 % от внесенного количества в зависимости от свойств почв. Вынесенные из пахотного слоя почвы вертикальными и горизонтальными водными потоками ионы калия и хлора попадают в водоемы и водотоки, ухудшая состояние окружающей среды, например, в р. Припять и ее притоках после проведения мелиорации земель в Полесье в результате применения быстрорастворимых удобрений содержание хлора, калия и азота увеличилось от 3 до 40 раз [4]. Последствия вымывания быстрорастворимых удобрений из почвы атмосферными осадками обременительны для экономики и губительны для окружающей среды Беларуси.

Для уменьшения вымывания из почвы атмосферными осадками быстрорастворимых минеральных удобрений предложено их применять в гранулированных органоминеральных формах [5–7], причем в качестве органического связующего рекомендуется использование торфа, сапропеля, бурого угля. Коэффициент усвоения растениями питательных веществ из гранулированных органоминеральных удобрений в 1,5 раза выше, чем из стандартных минеральных [5, 7]. Другим преимуществом органоминеральных удобрений на основе торфа является переход части гуминовых веществ в биологически активную водорастворимую форму в виде гуматов калия [5, 8, 9]. Несмотря на многие десятилетия использования органоминеральных удобрений на основе торфа, до сих пор остается неясным вопрос о взаимодействии гуминовых веществ торфа с хлористым калием в технологических процессах производства гранулированных органоминеральных удобрений.

Цель работы – исследовать взаимодействие органического вещества торфа с хлористым калием в составе гранулированных органоминеральных удобрений для обоснования составов и технологии получения новых видов органоминеральных удобрений, обеспечивающих экономию питательных веществ за счет уменьшения их вымывания и охраны окружающей среды.

Материалы и методы исследований. Для исследования использовали тростниковый торф низинного типа из торфяного месторождения Гало-Ковалевское. Фрезерный торф имел степень разложения 30–35 %, зольность 9,5 %, влажность 52 %, в качестве источника калия был выбран хлористый калий KCl , содержание которого составляло 25 и 50 % на сухое вещество торфа. Предварительные опыты по смешению и грануляции таких смесей показали, что полученные гранулы не обладают водостойкостью и распадаются в водной среде через 24 ч наблюдения. В качестве стабилизирующих добавок для увеличения водостойкости и прочности гранул использовали карбонат аммония $(NH_4)_2CO_3$ и фосфат кальция $Ca_3(PO_4)_2$ в количестве 1,0; 2,5; 5,0 и 7,5 %, поскольку эти соединения содержат в своем составе компоненты питательных веществ для роста и развития растений и не приводят к возможному загрязнению почв по сравнению с широко используемыми для этих целей полимерными материалами. Смеси тщательно перемешали и подвергли трех-пятикратной грануляции для придания им пластичных свойств. Затем приготовленные гранулы разделили на четыре образца, которые высушили до постоянного веса в термостатируемом шкафу при 20 °C, 90 °C, 110 °C и 120 °C.

Для оценки эффективности пролонгированного действия органоминеральных удобрений из полученных гранул приготовили серию растворов, моделирующих вымывание водорастворимых веществ в естественных условиях. В фильтрах определили pH и оптическую плотность (D440, D660), а также оценили водостойкость гранул по соотношению массы оставшихся целых гранул в конце эксперимента к их исходной массе. Общее время эксперимента составило 360 ч.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показали (табл. 1), что при содержании в гранулах KCl 25 % оптическая плотность водных экстрактов за первые 24 ч настаивания увеличивается с ростом концентрации стабилизирующей добавки $(NH_4)_2CO_3$ для всех температур сушки. Введение в состав гранул ионов NH_4^+ в нарастающей концентрации приводит к увеличению доли образования водорастворимых гуматов аммония и, как следствие, к повышению их концентрации в растворе, о чем свидетельствуют рост оптической плотности водных растворов при 440 нм и увеличение

pH с 6,5 до 7,5. Возрастание температуры сушки приводит к разложению карбоната аммония с образованием аммиака, его связыванию гуминовыми веществами торфа с образованием водорастворимых гуматов аммония, и оптическая плотность также увеличивается при одинаковой концентрации стабилизирующей добавки. Через 192 ч экспозиции оптическая плотность водных экстрактов гранул, полученных при температуре 20 °С, несколько снижается по сравнению с первыми экстрактами, но с увеличением температуры сушки до 110 °С возрастает. Наблюдается также повышение pH водных экстрактов с 7,4 до 8,1.

Таблица 1. Влияние содержания добавки $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ на величину оптической плотности, pH водных экстрактов и водоустойчивость гранул с содержанием 25 % KCl при разных температурах сушки

Table 1. The effect of the content of the additive $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ on the optical density, pH of water extracts and water resistance of granules with a content of 25 % KCl at different drying temperatures

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, %	Температура сушки, °С	Водоустойчивость гранул, %	pH			D (440 нм)			D (660 нм)		
			24 ч	192 ч	360 ч	24 ч	192 ч	360 ч	24 ч	192 ч	360 ч
1,0	20	10	6,61	7,41	7,51	0,215	0,114	0,305	0,011	0,012	0,043
	110	10	6,48	7,65	7,62	0,227	0,236	0,340	0,022	0,029	0,049
2,5	20	10	7,12	7,77	7,71	0,228	0,171	0,320	0,015	0,020	0,047
	90	50	6,94	7,91	7,80	0,236	0,247	0,339	0,025	0,030	0,048
	110	70	6,87	7,90	7,75	0,287	0,292	0,337	0,032	0,037	0,048
5,0	20	10	7,51	8,01	7,85	0,300	0,175	0,309	0,014	0,019	0,042
	90	70	7,35	8,07	7,82	0,307	0,275	0,322	0,028	0,033	0,044
	110	70	7,21	8,10	7,85	0,366	0,284	0,323	0,031	0,036	0,045
7,5	20	10	7,45	8,09	7,80	0,338	0,171	0,302	0,014	0,020	0,043
	110	10	7,33	8,07	7,78	0,386	0,198	0,290	0,017	0,023	0,037

Через 360 ч экспозиции в промывном режиме оптическая плотность водных экстрактов гранул остается достаточно высокой, что свидетельствует об активизации органического вещества торфа и о повышении выхода водорастворимых гуминовых веществ в раствор.

Следует отметить, что за первые сутки водоустойчивость гранул снизилась на 50 % от первоначальной у образцов, полученных при температуре сушки 20 °С, и образцов с содержанием $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 7,5 %.

За 360 ч наблюдения максимальная водоустойчивость гранул (70 %) отмечена для образцов гранул с содержанием 25 % KCl и концентрацией стабилизирующей добавки $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 2,5 и 5,0 % при температуре сушки 90–110 °С.

Аналогичные тенденции наблюдаются в опыте с содержанием в гранулах 50 % KCl (табл. 2). Оптическая плотность водных экстрактов при 440 нм за первые 24 ч настаивания увеличивается от 0,245 до 0,357 с ростом концентрации стабилизирующей добавки $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ для всех температур сушки за счет увеличения доли образования водорастворимых гуматов аммония, а также происходит рост pH с 7,6 до 8,1. Через 192 ч экспозиции оптическая плотность водных экстрактов гранул снижается по сравнению с первыми экстрактами для всех температур сушки. Наблюдается также снижение величины pH водных экстрактов.

Таблица 2. Влияние содержания добавки $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ на величину оптической плотности, pH водных экстрактов и водоустойчивость гранул с содержанием 50 % KCl при разных температурах сушки

Table 2. The effect of the content of the additive $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ on the optical density, pH of water extracts and water resistance of granules with a content of 50 % KCl at different drying temperatures

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, %	Температура сушки, °С	Водоустойчивость гранул, %	pH		D (440 нм)		D (660 нм)	
			24 ч	192 ч	24 ч	192 ч	24 ч	192 ч
1,0	90	10	7,59	7,36	0,245	0,177	0,052	0,022
	110	10	7,61	7,39	0,263	0,188	0,030	0,023
	120	10	7,67	7,41	0,295	0,195	0,036	0,025
2,5	90	10	7,73	7,52	0,274	0,166	0,037	0,020
	110	10	7,69	7,49	0,306	0,190	0,043	0,023
	120	10	7,69	7,51	0,314	0,167	0,051	0,021
5,0	90	10	8,10	7,69	0,303	0,188	0,055	0,023
	110	10	8,02	7,62	0,338	0,183	0,045	0,024
	120	10	7,92	7,57	0,357	0,180	0,035	0,023

Гранулы с содержанием KCl 50 % и добавкой $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ обладают наименьшей водоустойчивостью из всех исследованных. В первые сутки целостность гранул снизилась на 50 % от первоначальной, через неделю она составила всего 10 %. Через 360 ч экспозиции в промывном режиме наблюдалось разрушение гранул практически на 90 %, что свидетельствует о необходимости введения дополнительной стабилизирующей добавки для получения водоустойчивых гранул пролонгированного действия с содержанием 50 % KCl.

С целью повышения влагостойкости питательных элементов в торфяных удобрениях, их агроэкологической ценности и пролонгированности действия авторами [10] предлагается вносить в торфяные удобрения дополнительный сорбент – природный цеолитовый туф с последующим гранулированием торфоминерально-цеолитовой смеси. Внесение цеолитов приводит к повышению интенсивности механической переработки торфа и повышению содержания в нем коллоидных фракций. В процессе сушки происходит образование коллоидных оболочек на поверхности минеральных включений, что и определяет повышенную влагостойкость торфоминеральных удобрений. Поскольку цеолиты содержат в своем составе значительные количества кальция, нами было предположено сходное действие стабилизирующей добавки фосфата кальция.

Результаты исследования влияния на оптическую плотность и pH водных экстрактов гранул, полученных при различных температурах сушки на основе торфа с содержанием 50 % KCl, концентрации стабилизирующих добавок $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ представлены в табл. 3. Результаты исследований показали, что при содержании в гранулах KCl 50 % оптическая плотность при 440 нм водных экстрактов за первые 24 ч настаивания увеличивается от 0,172 до 0,283 с ростом концентрации стабилизирующих добавок $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ для всех температур сушки. Такая тенденция свидетельствует об увеличении доли образования водорастворимых гуматов и сопровождается ростом pH водных экстрактов с 6,22 до 7,46. С увеличением температуры сушки гранул, возможно, происходит увеличение степени разложения карбоната аммония с образованием аммиака, его взаимодействие не только с гуминовыми веществами торфа с образованием водорастворимых гуматов аммония, но и с фосфатом кальция, поэтому оптическая плотность изменяется незначительно. Также несколько снижается pH водных экстрактов при одинаковой концентрации стабилизирующих добавок с ростом температуры сушки.

Таблица 3. Влияние содержания добавок $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ на величину оптической плотности и pH водных экстрактов гранул с содержанием 50 % KCl, полученных при разных температурах сушки

Table 3. The effect of the content of the additives $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ and $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ on the optical density and pH of water extracts and water resistance of granules with a content of 50 % KCl at different drying temperatures

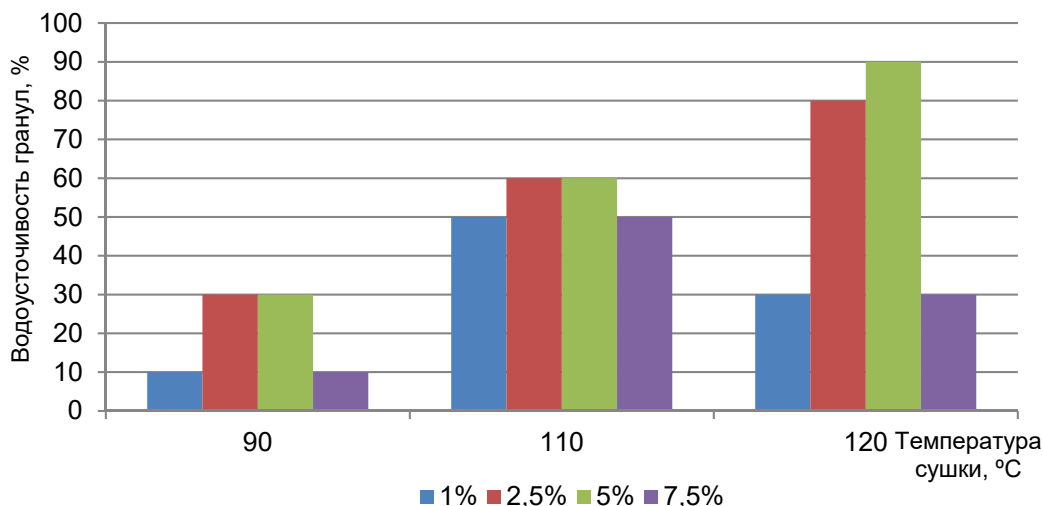
Содержание $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ / $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, %	Температура сушки, °C	pH			D (440 нм)			D (660 нм)		
		24 ч	192 ч	360 ч	24 ч	192 ч	360 ч	24 ч	192 ч	360 ч
1,0	90	6,37	7,23	7,50	0,172	0,138	0,208	0,003	0,013	0,030
	110	6,27	7,26	7,46	0,173	0,162	0,229	0,001	0,018	0,031
	120	6,22	7,18	7,43	0,175	0,170	0,213	0,002	0,015	0,028
2,5	90	6,90	7,75	7,79	0,217	0,326	0,833	0,021	0,027	0,112
	110	6,73	7,77	7,75	0,231	0,328	0,793	0,031	0,028	0,097
	120	6,68	7,78	7,74	0,240	0,318	0,974	0,031	0,027	0,147
5,0	90	7,45	8,07	8,06	0,281	0,356	0,891	0,040	0,027	0,128
	110	7,30	8,12	7,99	0,279	0,384	0,918	0,031	0,034	0,128
	120	7,19	8,16	7,90	0,277	0,407	0,996	0,031	0,045	0,160
7,5	90	7,46	7,64	7,84	0,256	0,149	0,177	0,008	0,018	0,022
	110	7,29	7,69	7,75	0,267	0,155	0,165	0,008	0,018	0,019
	120	7,31	7,67	7,71	0,283	0,130	0,163	0,006	0,013	0,019

При увеличении температуры сушки гранул, содержащих 50 % KCl, до 120 °C интенсивность переноса растворенных минеральных компонентов снижается вследствие быстрого отступления фронта испарения влаги, устойчивость минеральных компонентов возрастает.

Через 192 ч экспозиции оптическая плотность водных экстрактов гранул с содержанием стабилизирующих добавок 1,0 и 7,5 % снижается по сравнению с первыми экстрактами при всех температурах сушки. Для гранул, полученных с концентрацией стабилизирующих добавок 2,5 и 5,0 %, оптическая плотность при 440 нм водных экстрактов возрастает по сравнению с первыми экстрактами и составляет 0,329–0,407 при различных температурах сушки. Также наблюдается увеличение pH водных экстрактов с 7,75 до 8,16.

Через 360 ч экспозиции в промывном режиме оптическая плотность водных экстрактов гранул, полученных с концентрацией стабилизирующих добавок 2,5 и 5,0 %, фиксируется достаточно высокой (0,793–0,996), что свидетельствует об активизации органического вещества торфа и о повышении выхода водорастворимых гуминовых веществ в раствор. pH растворов остается практически неизменной. Для гранул с добавками 7,5 % оптическая плотность резко снижается и колеблется в интервале 0,163–0,177 при 440 нм. По-видимому, это связано с влиянием добавки фосфата кальция, повышение концентрации которой приводит к связыванию гуминовых веществ торфа ионами кальция с образованием нерастворимых гуматов кальция и снижению их содержания в растворе. При всех температурах сушки гранул pH экстрактов несколько снижается.

Результаты исследования влияния содержания стабилизирующих добавок $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ на водоустойчивость гранул при разных температурах сушки представлены на рисунке.



Влияние концентрации добавок $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ на водоустойчивость гранул с содержанием 50 % KCl при разных температурах сушки

Effect of the concentration of additives $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ and $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ for water resistance granules containing 50 % KCl at different drying temperatures

Введение в торф минеральных добавок, содержащих ионы K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , приводит к пептизации коллоидного вещества торфа и иммобилизации влаги, что, по мнению авторов [10], существенно повышает пластичность смеси. При оптимальной влажности происходит образование наиболее плотной композиции, имеющей после сушки максимальную прочность и влагостойкость. Устойчивость к вымыванию возрастает вследствие образования поверхностной корки при интенсивном обезвоживании гранул.

При содержании 50 % KCl наибольшую водоустойчивость (80–90 %) через 360 ч экспозиции проявили гранулы с содержанием 2,5 и 5,0 % стабилизирующих добавок $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ при температуре 120 °C.

Закключение. Таким образом, проведенные исследования показали, что создание удобрений на основе торфа с высоким содержанием хлористого калия возможно путем гранулирования торфо-минеральной смеси, а также внесением в состав гранул стабилизирующих добавок, позволяющих повысить их водоустойчивость. Повышенная водоустойчивость содержащихся в гранулах питательных элементов позволяет рассматривать торфо-минеральные гранулированные удобрения как пролонгированные – действующие продолжительный период времени. Максимальная водоустойчивость гранул КГУ с содержанием KCl 25 % отмечена при содержании стабилизирующей добавки $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 5 % и температуре сушки 110 °C. Максимальная водоустойчивость гранул КГУ с содержанием KCl 50 % наблюдалась при содержании до 5 % стабилизирующих добавок $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и температуре сушки 110–120 °C.

Предотвращение вымываемости элементов минерального питания имеет большое значение с точки зрения минимизации их поступления в окружающую среду, что позволит существенно снизить загрязнение поверхностных и подземных вод сельскохозяйственных районов компонентами, содержащимися в минеральных удобрениях.

Список использованных источников

1. Вильдфлуш, И. Р. Удобрения и их применение в современной земледелии : учеб.-метод. пособие / И. Р. Вильдфлуш, В. В. Лапа, О. И. Мишура ; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки : БГСХА, 2019. – 405 с.
2. Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, П. М. Смирнов, А. В. Петербургский. – М. : Агропромиздат, 1989. – 639 с.
3. Сельское хозяйство Республики Беларусь : стат. сб. – Минск, 2018. – С. 43–48.
4. Влияние осушительных мелиораций на химический состав вод р. Припяти и её притоков / И. И. Лиштван, А. В. Быстрая, В. М. Гращенко, А. А. Терентьев // Проблемы Полесья. – Минск : Наука и техника, 1983. – Вып. 8. – С. 128–134.
5. Вирясов, Г. П. Комплексные гранулированные удобрения на основе торфа / Г. П. Вирясов. – Минск : Наука и техника, 1988 – 158 с.
6. Соколов, Г. А. Агроэкологические и энергетические преимущества производства и использования комплексных гранулированных удобрений на основе торфа / Г. А. Соколов, Н. С. Гаврильчик // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 23–25 апр. 2014 г. – Ч. 1. – С. 49–53.
7. Мельников, Л. Ф. Органоминеральные удобрения. Залог экологической и продовольственной безопасности / Л. Ф. Мельников. – 2013. – 536 с.
8. Бамбалов, Н. Н. Новое поколение органоминеральных гранулированных удобрений пролонгированного действия / Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 2. – С. 18–19.
9. Сосновская, Н. Е. Активизация гуминовых веществ в процессе получения комплексных органоминеральных гранулированных удобрений / Н. Е. Сосновская, Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов // Повышение плодородия почв и применение удобрений : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 февр. 2019 г. – С. 107–108.
10. Алексеева, Т. П. Комплексные органоминеральные удобрения пролонгированного действия на основе торфа / Т. П. Алексеева, В. Д. Перфильева, Г. Г. Криницын // Химия растительного сырья. – 1999. – № 4. – С. 53–59.

References

1. Vil'dflush I. R., Lapa V. V., Mishura O. I. *Udobreniya i ih primeneniye v sovremennoy zemledelii : ucheb.-metod. posobie* [Fertilizers and their application in modern agriculture : a textbook ; ed. I. R. Vil'dflush]. Gorki, 2019, 405 p. (in Russian)
2. Yagodin B. A., Smirnov P. M., Peterburgskiy A. V. *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. Moscow, 1989, 639 p. (in Russian)
3. *Sel'skoye hozyajstvo Respubliki Belarus'* [Agriculture of the Republic of Belarus]. *Statisticheskij sbornik* [Statistical Collection]. Minsk, 2018, pp. 43–48. (in Russian)
4. Lishtvan I. I., Bystraya A. V., Grashchenko V. M., Terent'ev A. A. *Vliyanie osushitel'nykh melioratsiy na himicheskij sostav vod r. Pripyati i eyo pritokov* [The influence of drainage reclamation on the chemical composition of the waters of the Pripyat river and its tributaries]. *Problemy Poles'ya = Polesie Problems*. Minsk, Science and Technology Publ., 1983, vol. 8, pp. 128–134. (in Russian)
5. Viryasov G. P. *Kompleksnyye granulirovannyye udobreniya na osnove torfa* [Complex granulated fertilizers on basic of peat]. Minsk, 1988, 157 p. (in Russian)
6. Sokolov G. A., Gavril'chik N. S. *Agroekologicheskie i energeticheskie preimushchestva proizvodstva i ispol'zovaniya kompleksnykh granulirovannykh udobreniy na osnove torfa* [Agroecologic and energetic preferences of production and using of complex granulated fertilizers on basic of peat]. *Aktual'nye nauchno-tehnicheskie i ekologicheskie problemy sohraneniya sredy obitaniya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proc. Int. conf. "Actual sci-practical and ecological problems of environmental protection"]. Brest, April 23–25, 2014, part 1, pp. 49–53. (in Russian)
7. Mel'nikov L. F. *Organomineral'nyye udobreniya. Zalog ekologicheskoy i prodovol'stvennoy bezopasnosti* [Organomineral fertilizers. Guaranty of ecological and food safety]. Minsk, 2013, 536 p. (in Russian)
8. Bambalov N. N., Sokolov G. A. *Novoye pokoleniye organomineral'nykh granulirovannykh udobreniy prolongirovannogo deystviya* [New generation of organomineral granulated fertilizers of prolonged action]. *Agriculture and protection of plants*, 2020, no. 2, pp. 18–19. (in Russian)
9. Sosnovskaya N. E., Bambalov N. N., Sokolov G. A. *Aktivizatsiya guminovykh veshchestv v processe polucheniya kompleksnykh organomineral'nykh granulirovannykh udobreniy* [Activation of humic substances under giving of complex organomineral granulated fertilizers]. *Povysheniye plodorodiya pochv i primeneniye udobreniy : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Proc. Int. conf. "Increase of soil fertility and use of fertilizers"]. Minsk, February, 14, 2019, pp. 107–108. (in Russian)
10. Alekseeva T. P., Perfil'eva V. D., Krinitsyn G. G. *Kompleksnyye organo-mineral'nyye udobreniya prolongirovannogo deystviya na osnove torfa* [Complex organomineral fertilizers of prolonged action based on peat]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw materials*, 1999, no. 4, pp. 53–59 (in Russian)

Информация об авторах

Сосновская Наталия Евгеньевна – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: natalisosnov@mail.ru

Ракович Вячеслав Александрович – кандидат технических наук, заведующий лабораторией биогеохимии и агроэкологии, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: mire4@tut.by

Красноберская Ольга Георгиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: olgakrasnoberskaya@gmail.com

Information about the authors

Natalia E. Sosnovskaya – Ph. D. (Technical), Senior Researcher, Associate Professor, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Scoriny Str., 220076, Minsk, Belarus. E-mail: natalisosnov@mail.ru

Vyacheslav A. Rakovich – Ph. D. (Technical), Head of Laboratory of Biogeochemistry and Agroecology, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: mire4@tut.by

Olga G. Krasnoberskaya – Ph. D. (Agricultural), Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Scoriny Str., 220114, Minsk, Belarus). E-mail: olgakrasnoberskaya@gmail.com
