

УДК 661.833

Н.И. Воробьев, профессор; О.Б. Дормешкин, доцент;  
Д.М. Новик, ассистент; В.И. Шатило, аспирант

### **ИСПЫТАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ БЕСХЛОРНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКЕ**

The results of the industrial tests of the wastless technology of obtaining potassium nitrate and phosphate are represented in this paper.

Повсеместное внедрение технологии капельного полива растений в тепличных хозяйствах Республики Беларусь предусматривает использование водорастворимых, безбалластных удобрений, не содержащих в своем составе хлорид-ионов. Рынок таких удобрений стабильно удерживается зарубежными фирмами-производителями.

В настоящее время в специализированных овощеводческих хозяйствах Республики Беларусь используется 7 видов комплексных и 9 видов микроудобрений, причем более 90% из них импортируется. К числу таких удобрений относятся фосфат и нитрат калия.

Потребность Беларуси в фосфате калия, по данным Минсельхозпрода, оценивается в 512 т в год, нитрате калия – 808 т в год.

Среди известных способов получения этих удобрений наибольший интерес представляют конверсионные методы, основанные на обменном взаимодействии между водными растворами нитратов или фосфатов аммония с хлористым калием.

В качестве азотсодержащего компонента предлагается использование аммиачной селитры. Исходным фосфорсодержащим сырьем для получения NPK удобрения является аммофос (ГХЗ). Калийсодержащий компонент для обоих продуктов, – галургический хлорид калия (ПО «Беларуськалий»).

Такой выбор обусловлен тем, что в стране существует крупнотоннажное производство указанных технических продуктов.

На кафедре ТНВ и ОХТ БГТУ в рамках ГНТП «Минудобрения» в течение ряда лет проводятся исследования конверсионного способа получения бесхлорных водорастворимых NPK и NK удобрений на базе технических продуктов производства Республики Беларусь.

Выполненными лабораторными исследованиями отработаны оптимальные режимы ведения процессов. В табл. 1 представлен состав продуктов, полученных в этих режимах.

Принципиальные схемы получения нитрата калия и калийаммонийфосфата (КАФ) включают в себя следующие основные стадии:

- 1) получение исходных фосфор- и нитратсодержащих растворов;
- 2) конверсия полученных растворов хлоридом калия;
- 3) охлаждение и кристаллизация продукта;
- 4) фильтрация и промывка.

С целью проверки возможности осуществления этих процессов в производственных условиях и отработки отдельных технологических стадий совместно с РЦПЧ БГУ была создана опытная установка, подготовлены опытно-промышленные регламенты и проведены испытания предлагаемых технологий, наработаны партии продуктов – КАФ и нитрата калия.

Состав продуктов, полученных при оптимальных условиях процесса

Содержание компонентов, мас. %, в пересчете на сухое вещество					Выход по K <sup>+</sup> , %	Выход по P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>		
Калийаммонийфосфат (КАФ)						
54,2–52,0	4,0–6,0	16,5–21,0	отс.	0,2–0,4	40,08–52,60	76,40–85,50
Нитрат калия						
отс.	0,9–0,1	33,6–38,0	60,7–61,2	0,2–0,3	46,0–47,5	отс.

Универсальная опытная установка (рисунок) включала в себя реактор объемом 1 м<sup>3</sup> с перемешивающим устройством, снабженный рубашкой и обогреваемый с помощью глухого пара. Фильтрация осуществлялась под вакуумом на нутч-филтре диаметром 1 м, суспензия на который поступала самотеком из реактора. Кроме того, в установке предусмотрен напорный бак с мерным стеклом и сборники для основных и побочных продуктов.

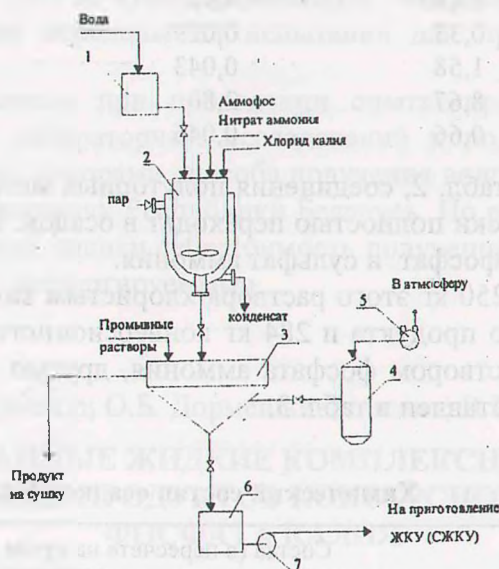


Рис. Схема универсальной опытной установки: 1 – мерник; 2 – реактор; 3 – нутч-фильтр; 4 – ресивер; 5 – вакуум-насос; 6 – сборник; 7 – насос

На представленной установке осуществлялась наработка опытных партий обоих продуктов.

При получении КАФ выщелачивание аммофоса водой проводилось при температуре 60–80<sup>0</sup>С с последующим фильтрованием горячей суспензии. Далее полученный раствор фосфата аммония с концентрацией 16–20 мас. % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> поступал обратно в реактор на конверсию хлористым калием (100–125% от стехиометрии). Отличие в получении нитрата калия состояло в том, что подготовка исходного раствора нитрата аммония заключалась лишь в растворении твердой аммонийной селитры при температуре 60<sup>0</sup>С с получением 50%-ного раствора. Количество подаваемого на конверсию хлорида калия в данном случае, составляло 50% от стехиометрии. Конверсия приготовленных растворов осуществлялась при температуре 60–80<sup>0</sup>С. Кристаллизацию продуктов проводили

путем охлаждения до температуры 20°C при интенсивном перемешивании. Отделение выпавших кристаллов продукта от конверсионного раствора осуществлялось на нутч-филт্রে с последующей промывкой от хлорид-иона водой или исходным раствором фосфата аммония (при промывке КАФ).

При наработке продукта придерживались оптимальных условий, установленных лабораторными исследованиями.

Из 150 кг аммофоса получили 421 кг раствора фосфатов аммония с содержанием  $P_2O_5$  15,84 мас. % и 59 кг фторфосфатного шлама с влажностью 48%. Состав продуктов стадии выщелачивания аммофоса водой приведен в табл. 2.

Таблица 2

## Химический состав аммофоса и продуктов выщелачивания

Компоненты	Состав, мас. %		
	Аммофос	Раствор фосфата аммония	Фторфосфатный шлам
$P_2O_5$ ОБЩ.	52,70	отс.	43,27
$P_2O_5$ УСВ.	50,31	отс.	42,70
$P_2O_5$ ВОД.	50,90	15,84	30,60
$NH_4^+$	15,83	4,92	6,21
$Fe_2O_3$	0,33	0,029	1,23
$Al_2O_3$	1,58	0,043	7,14
$SO_4^{2-}$	8,67	2,80	3,98
$F^-$	0,66	0,046	2,63

Как показано в табл. 2, соединения полуторных металлов и фтора, содержащиеся в аммофосе, практически полностью переходят в осадок. В фильтрате содержится в основном моноаммонийфосфат и сульфат аммония.

При конверсии 250 кг этого раствора хлористым калием (125% от стехиометрии) получено 82 кг сухого продукта и 284 кг конверсионного раствора. Часть осадка промывали исходным раствором фосфата аммония, другую – водой. Состав осадка до и после промывки представлен в табл. 3.

Таблица 3

## Химический состав осадков КАФ

Вид осадка	Состав (в пересчете на сухое вещество), мас. %								
	$P_2O_5$	N	$K_2O$	Cl	$SO_4^{2-}$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$F^-$	н.о.
До промывки	44,37	3,76	28,08	7,70	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.
После промывки водой	49,90	2,29	27,50	0,65	5,16	0,106	0,022	0,11	0,108
После промывки раствором фос- фата аммония	51,20	4,33	22,66	0,88	6,07	0,120	0,021	0,21	0,110

При наработке опытной партии нитрата калия из 300 кг нитрата аммония было получено 600 кг 50%-ного раствора. При конверсии этого раствора 150 кг хлористого калия получено 89,5 кг кондиционного продукта и 650 кг маточного раствора. Состав продуктов представлен в табл. 4.

Химический состав осадков нитрата калия

Концентрация $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , %	Норма KCl от стехиометри- ческой, %	Влаж- ность осадка, %	Состав осадка в пересчете на сухое вещество, мас. %			
			$\text{K}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$
Состав осадка после конверсии						
50	50	4,1	35,9	1,4	0,92	60,4
Состав осадка после промывки водой						
50	50	10,5	36,96	0,94	0,1	61,8

Всего было наработано 500 кг калийаммонийфосфата и 100 кг нитрата калия, которые переданы на испытания тепличным хозяйствам Беларуси.

Для создания безотходной технологии отработанные конверсионные растворы после отделения целевых продуктов предусмотрено использовать для получения на их основе жидких и суспендированных комплексных удобрений. Приготовление этих удобрений было осуществлено одновременно с получением калийаммонийфосфата и нитрата калия. Нарботано 500 л жидких комплексных удобрений, содержащих 25–26% N и 3–4%  $\text{K}_2\text{O}$ , и 500 л суспендированных комплексных удобрений марки 10:5:15, которые также переданы на испытания для предпосевного внесения в открытый грунт.

Результаты, полученные при проведении опытно-промышленных испытаний, согласуются с данными лабораторных исследований и подтверждают возможность реализации разработанного авторами способа получения водорастворимых бесхлорных NPK и NK удобрений в условиях Республики Беларусь. По результатам предварительной технико-экономической оценки себестоимость полученных удобрений будет в 2–3 раза ниже по сравнению с импортируемыми.

УДК 661.833

Н.И. Воробьев, профессор; О.Б. Дормешкин, доцент; В.И. Шатило, аспирант

### СУСПЕНДИРОВАННЫЕ ЖИДКИЕ КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ КОНВЕРСИОННОГО ПОЛУЧЕНИЯ ФОСФАТА КАЛИЯ

The problem discussed in this paper is considered with the utilization of used solutions and phosphate slimes which appear as a result of a conversion method of potassium phosphate obtaining.

Одним из наиболее востребованных видов удобрений для тепличных хозяйств Республики Беларусь является фосфат калия. Производство данного вида удобрения в стране отсутствует, поэтому сельскохозяйственные предприятия вынуждены затрачивать значительную часть валютных средств на их закупку.

На основании исследований, выполняемых в течение ряда лет на кафедре ТНВ и ОХТ, авторами разработана технология получения фосфата калия конверсионным методом с использованием республиканской сырьевой базы.

Исходными компонентами служат аммофос Гомельского химического завода и хлористый калий ПО «Беларуськалий». Основными стадиями предлагаемого конверсионного процесса являются:

- выщелачивание аммофоса водой с отделением нерастворимого осадка;