



УДК 631.841:661.525

DOI: 10.24412/2181-144X-2023-1-11-19

Бозоров И.И., Примкулов Б.Ш., Маматалиев А.А., Темиров У.Ш., Намазов Ш.С.

## АЗОТНО-ФОСФОРНЫЕ И АЗОТНО-СЕРНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАВА АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ, ГУЛИОБСКОГО ФОСФОРИТА И ПРИРОДНОГО ГИПСА

**Бозоров Икром Искандарович** – Преподаватель химии первой категории, Институт предпринимательства и педагогики им. Денау, Узбекистан, E-mail: [ikrom.bozorov.72@inbox.ru](mailto:ikrom.bozorov.72@inbox.ru),

**Примкулов Бегали Шералиевич** – заведующий учебно-методическим отделом Денауского Института предпринимательства и педагогики, самостоятельный соискатель, E-mail: [begaliprimqulovsh@gmail.com](mailto:begaliprimqulovsh@gmail.com),

**Маматалиев Абдурасул Абдумаликович** – ведущий научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбек, 77-а, д.т.н., E-mail: [abdirasul.86@mail.ru](mailto:abdirasul.86@mail.ru),

**Темиров Уктам Шавкатович** – доцент Навоийского государственного горно-технологического университета, д.т.н., E-mail: [temirov-2012@mail.ru](mailto:temirov-2012@mail.ru),

**Намазов Шафоат Саттарович** – заведующий лабораторией фосфорных удобрений, Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбек, 77-а, докт. техн. наук, профессор, академик, заслуженный изобретатель и рационализатор РУз, E-mail: [igic@rambler.ru](mailto:igic@rambler.ru).

**Аннотация.** В работе получены образцы азотфосфорсодержащих и азотсерусодержащих удобрений, в которых массовые соотношения аммиачной селитры (АС) к ФМ и ПГ менялись АС : ФМ = 100 : (7-50) и АС : ПГ от 99,5 : 0,5 до 80 : 20. Для них определены состав и свойства. При изучаемых соотношениях АС : ФМ = 100 : (7-50) и АС : ПГ от 99,5 : 0,5 до 80 : 20 прочность гранул продукта повышается от 3,6 до 7,63 и от 2,11 до 5,89 МПа, соответственно.

**Ключевые слова:** аммиачная селитра, Гулиобские фосфориты (ГФ), природный гипс, азотфосфор и азотсерусодержащие удобрения, состав, свойства.

## NITROGEN-PHOSPHORUS AND NITROGEN-SULFUR FERTILIZERS BASED ON AMMONIUM NITRIDE FLUID, “GULIUB PHOSPHORITE” AND NATURAL GYPSUM

**Bozorov Ikrom Iskandarovich** - Chemistry teacher of the first category, Institute of Entrepreneurship and Pedagogy. Denau, Uzbekistan, E-mail: [ikrom.bozorov.72@inbox.ru](mailto:ikrom.bozorov.72@inbox.ru),

**Primkulov Begali Sheralievich** - head of the educational and methodological department of the Denau Institute of Entrepreneurship and Pedagogy, independent applicant, Denau, Uzbekistan, E-mail: [begaliprimqulovsh@gmail.com](mailto:begaliprimqulovsh@gmail.com),

**Mamatallyev Abdurasul Abdumalikovich** - Leading Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, st. Mirzo Ulugbek, 77-a, Doctor of Technical Sciences, E-mail: [abdirasul.86@mail.ru](mailto:abdirasul.86@mail.ru),

**Temirov Uktam Shavkatovich** - Associate Professor of Navoi State Mining and Technological University, Doctor of Technical Sciences, E-mail: [temirov-2012@mail.ru](mailto:temirov-2012@mail.ru),

**Namazov Shafokat Sattarovich** - Head of the Laboratory of Phosphate Fertilizers, Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the



Republic of Uzbekistan, Tashkent, st. Mirzo Ulugbek, 77-a, doctor. tech. Sci., Professor, Academician, Honored Inventor and Innovator of the Republic of Uzbekistan, E-mail: igic@rambler.ru.

**Abstract.** Samples of nitrogen-phosphorus and nitrogen-sulfur-containing fertilizers were obtained in which the mass ratios of ammonium nitrate (AN) to phosphorite flour (PF) and natural gypsum (NG) varied AN: PF = 100: (7-50) and AN: NG from 99.5: 0.5 to 80: 20. The composition and properties are determined for them. With the studied ratios AN: PF = 100: (7-50) and AN: NG from 99.5: 0.5 to 80: 20, the strength of the product granules increases from 3.6 to 7.63 and from 2.11 to 5.89 MPa, respectively.

**Key words:** ammonium nitrate, Guliob phosphorites (GF), natural gypsum, nitrogen phosphorus and nitrogen-sulphur-containing fertilizers, composition, properties.

### AMMONIY NITRAT SUYUQLANMASI, “GULIOB FOSFORITI” VA TABIIY GIPS ASOSIDA OLINGAN AZOT-FOSFOR VA AZOT-OLTINGUGURTLI O’G’ITLAR

**Bozorov Ikrom Iskandarovich** – Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti birinchi toifali kimyo o`qituvchisi, Denov, O`zbekiston, E-mail: ikrom.bozorov.72@inbox.ru;

**Primkulov Begali Sheralievich** – Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti o`quv-uslubiy bo`lim mudiri, mustaqil izlanuvchi, Denov, O`zbekiston, E-mail: begaliprimkulovsh@gmail.com,

**Mamataliyev Abdurasul Abdumalikovich** – O`R FA Umumiy va noorganik kimyo instituti yetakchi ilmiy xodimi, Toshkent sh. Mirzo Ulug`bek, 77-a, texnika fanlari doktori, E-mail: abdirasul.86@mail.ru,

**Temirov Uktam Shavkatovich** - Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti dotsenti, texnika fanlari doktori, E-mail: temirov-2012@mail.ru,

**Namazov Shafolat Sattarovich** - O`R FA Umumiy va noorganik kimyo instituti “Fosforli o`g`itlar laboratoriyasi mudiri, Toshkent, ko`ch. Mirzo Ulug`bek, 77-a, shifokor. texnologiya. fan, professor, akademik, O`zbekiston Respublikasida xizmat ko`rsatgan ixtirochi va rasionalizator, E-mail: [igic@rambler.ru](mailto:igic@rambler.ru)

**Annotatsiya.** Ishda ammiakli selitrasining (AS) fosforit uni (FU) va tabiiy gipsga (TG) massa nisbatlari AS : FU = 100 : (7-50) va AS : TG 99,5 : 0,5 dan 80 : 20 gacha oralig`ida azotfosforli va azotoltingugurtli o`g`itlar namunalari olingan. Ularning tarkib va xossalari aniqlangan. O`rganilgan AS : FU = 100 : (7-50) va AS : TG 99,5 : 0,5 dan 80 : 20 gacha mahsulot donalarining mustahkamligi mos ravishda 3,6 dan 7,63 gacha va 2,11 dan 5,89 gacha ortgan.

**Tayanch so`zlar:** ammiakli selitra, Guliob fosforitlari (GF), tabiiy gips, azot-fosforli va azot-oltingugurtli o`g`itlar, tarkibi, xossalari.

**Введение.** Аммиачная селитра (АС) является самым распространенным и эффективным в мире азотным удобрением. В 2007 году мировые мощности её производства составили 43 млн. т в год [1]. В Узбекистане совокупные мощности трёх заводов, производящих аммиачную селитру (АО «Максам-Чирчик», «Навоизот» и «Ферганаазот»), превысили около 2 млн. т в год. Она используется в сельском хозяйстве под все виды культур и на любых типах почв. Но ей присущ один очень серьезный недостаток – взрывоопасность [2-3]. В связи с этим, были ужесточены требования к качеству аммиачной селитры и к условиям её хранения. Перед производителями поставлена задача – обеспечить переход на выпуск удобрений на базе аммиачной селитры, сохраняющих агрохимическую



эффективность, с существенно большей устойчивостью к внешним воздействиям и, соответственно, меньшей взрывоопасностью.

В качестве веществ – добавок, снижающих уровень потенциальной опасности аммиачной селитры, используются:

- 1) карбонатсодержащие соединения природного и техногенного происхождения (мел, карбонат кальция, доломит);
- 2) калийсодержащие вещества (хлористый калий и сульфат калия);
- 3) вещества, содержащие одноимённый катион – аммоний (сульфат аммония, орто- и полифосфаты аммония);
- 4) прочие балластные вещества, не несущие полезной нагрузки, а определяющие только механическое разбавление аммиачной селитры (гипс, фосфогипс и прочие) [4].

Добавки первой группы используются в производстве, так называемой, известково-аммиачной селитры [5-7]. В Европе её производит 31 фирма, в России – пять промышленных предприятий. Но применение её эффективно только на кислых Европейских почвах. На щелочных карбонатных почвах Узбекистана она неэффективна. К тому же известково-аммиачная селитра в пылевидном состоянии также взрывоопасна.

Из веществ – добавок второй группы широко используется хлорид калия для производства калийно-аммиачной селитры. Последняя в некоторых зарубежных странах выпускается в довольно значительном количестве с содержанием 16-16,5% N и 25-28%  $K_2O$  [8]. Производится она следующими способами: 1) механическим смешением сухих или увлажнённых компонентов нитрата аммония и хлорида калия; 2) совместным выпариванием растворов нитрата аммония и хлорида калия; 3) введением в концентрированный раствор или плава аммиачной селитры тонкоизмельченного хлорида калия с последующим гранулированием плава в грануляционных башнях. В России производство азотно-калийного удобрения на основе аммиачной селитры и хлорида калия впервые было освоено на ОАО «Невинномысский Внештрейдинвест» в 1999 г. Метод получения и состав удобрения защищены патентом Российской Федерации [9]. Использовался в этом производстве плава аммиачной селитры с концентрацией 85-92%  $NH_4NO_3$ , а гранулирование смеси проводилось в барабанном грануляторе. При этом образуется более однородное по составу удобрение.

Вещества – добавки третьей группы использованы на ОАО «Череповецкий азот», где в 2002 г. было налажено производство стабилизированной аммиачной селитры состава 32% N и 5%  $P_2O_5$  мощностью 400 тыс. т удобрения в год путём введения в расплав селитры жидкого комплексного удобрения, содержащего 11% N и 33%  $P_2O_5$  и получаемого из суперфосфорной кислоты, то есть использована добавка из смеси орто- и полифосфатов аммония. Эта добавка повысила температуру начала разложения селитры на 22-24°C, замедлила скорость её терморазложения, увеличила прочность гранул, уменьшила пористость продукта, сделала селитру более устойчивой к многократно повторяющимся фазовым превращениям, и главное – уменьшила способность селитры к детонации [10-13]. Но суперфосфорная кислота в Узбекистане не производится. К тому же она очень дорогая.

Перспективны и представители четвертой группы добавок к аммиачной селитре: гипс и фосфогипс [14-21]. В этих работах разрабатывалась технология получения термостабильного удобрения на основе аммиачной селитры путем введения в её расплав дигидрата, полугидрата фосфогипса и природного гипса. Получаемый продукт с 5-ти процентной добавкой фосфополугидрата и содержащий 33,6% N имел в два раза большую прочность гранул, чем чистая селитра, сохранял 100 %-ную рассыпчатость в течение 4-х



месяцев, выдерживал 7 термоциклов при температурах 20–60°C без значительного снижения статической прочности гранул, имел более слабую растворимость по сравнению с чистой селитрой. Продукт обладал значительно более высокой термической стабильностью по сравнению с чистой аммиачной селитрой (энергия активации для чистой селитры 160 кДж/моль; с максимальным количеством добавки фосфогипса составила 240 кДж/моль).

Мы решили апробировать процесс получения азотфосфор- и азотсерусодержащих удобрений на основе аммиачной селитры путём введения в её расплав двух перспективных добавок - фосфоритовой муки (ФМ) месторождения Гулиоба Сурхандарьинской области и природного гипса (ПГ) Ингичкаинского месторождения Самаркандской области. Кристаллические ФМ и ПГ предварительно размалывался в фарфоровой ступке до размера частиц 0,25 мм.

**Объекты и методы исследования.** Для проведения лабораторных исследований по получению азотфосфор- и азотсерусодержащих удобрений использовали гранулированную аммиачную селитру (34,5% N) производства АО «Максам-Чирчик», ФМ содержащую (масс. %):  $P_2O_{5\text{общ.}}$  7,88; CaO 20,64;  $CO_2$  8,03 и нерастворимый остаток 2,13;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  по 0,2 М трилону Б 1,68;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  по лимонной кислоте 0,74;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  по трил. Б  $P_2O_{5\text{общ.}}$  = 21,32%;  $CaO_{\text{усв.}}$  по лимонной кислоте 5,62;  $CaO_{\text{вод.}}$  0,18 (рН 9,05) и ПГ -  $CaO_{\text{общ.}}$  31,91;  $CaO_{\text{усв.}}$  7,29;  $CaO_{\text{вод.}}$  3,06;  $SO_{3\text{общ.}}$  46,81;  $SO_{3\text{усв.}}$  11,24;  $SO_{3\text{вод.}}$  5,68 (рН 7,83). Эксперименты проводили следующим образом: АС (34,5% N, 0,28% MgO) – продукт АО «Максам-Чирчик» расплавляли при 175°C. Затем в расплав АС вводили ФМ для получения азотнофосфорного удобрения при массовых соотношениях АС : ФМ = 100 : (7-50), а для получения азотносерного удобрения при массовых соотношениях АС : ПГ от 99,5 : 0,5 до 80 : 20. Фосфатно-нитратный и гипсово-нитратный расплав выдерживали в течение 10 мин при 175°C, после чего его переливали в гранулятор, представляющий из себя металлический стакан с перфорированным дном, диаметр отверстий в котором равнялся 1,2 мм. Насосом в верхней части стакана создавалось давление и плав распылялся с высоты 35 м на полиэтиленовую пленку, лежащую на земле. Полученные гранулы просеивали по размерам частиц. Из частиц с размерами 2-3 мм производился замер прочности гранул по ГОСТу 21560.2-82. Затем продукты размельчались и анализировались по известным методикам [22]. Результаты приведены в таблицах 1-4.

**Результаты и обсуждение.** Из таблицы 1 видно, что в получаемой фосфатизированной АС при массовых соотношениях АС : ФМ от 100 : 7 до 100 : 50 содержание азота снижается от 32,29 до 23,09%, а содержание  $P_2O_{5\text{общ.}}$  повышается от 0,60 до 3,07. Сумма питательных компонентов, в образцах азотнофосфорных удобрений колеблется в пределах 32,89-26,167%. Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что состав АС дополнительно обогащается макроэлемент – фосфора. При изучаемых соотношениях АС : ФМ = 100 : (7-50) температура кристаллизации плава селитры понижалась от 163 (исходная АС с добавкой 0,28% MgO) до 155,8°C. То есть введение ФМ в плав АС приводит к уменьшению температуры её плавления до 7,2°C. Снижение теплоты кристаллизации АС в присутствии добавки ФМ можно объяснить тем, что нерастворимые компоненты добавки, являясь центрами кристаллизации, облегчают процесс затвердевания плава. Из таблицы видно, что Добавление в плав АС рядовой фосфоритовой муки в количестве от 7 до 50г по отношению 100г АС увеличивается прочность гранул от 3,6 до 7,63 МПа по сравнению с прочностью гранул стандартной с добавкой 0,28% магнетита – 1,6 МПа. Увеличение прочности гранул АС уже свидетельствует об уменьшении её пористости и



внутренней удельной поверхности, а значит к снижению проникновения во внутрь гранулы дизельного топлива, и следовательно, к уменьшению детонационной способности селитры.

Данные таблицы 1 также показывают, что введение фосфатного сырья в плав АС приводит к повышению рН от 6,13 в исходном до 7,41-7,68 в продукте. Это говорит о том, что при связывании аниона  $\text{NO}_3^-$  щелочным катионом ( $\text{Ca}^+$ ) фосфорита происходит рост величины рН до значения, приближающим водным суспензиям фосфорита. Можно полагать, что фосфатное сырье нейтрализует кислотность АС. Обнаруженное свойство образцов может обеспечить снижение «закисления» почвы после применения АС.

Как показывают данные таблицы 2, наличие фосфатного сырья в составе селитры влияет на скорость растворения гранул последней. Полное растворение гранул производственной АС в воде составляет в среднем 46,8 сек, а введение в её состав фосфатного сырья в количестве от 7 до 50 г в виде фосмуки увеличивает скорость растворения от 85,6 до 112,3 сек.

Таблица 1.

**Состав и свойства удобрений, полученных введением в расплав аммиачной селитры ФМ Гулиобского месторождения**

Массовое соотношение АС : ФМ	Температура кристаллизации, °С	рН 10%-ного раствора	Содержание компонентов, вес. %		Прочность гранул		
			N, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	кг/гранул	кгс/см <sup>2</sup>	МПа
АС с добавкой 0,28% MgO	163,0	6,13	34,5	-	0,81	16,32	1,60
100 : 7	159,4	7,41	32,29	0,60	1,82	36,69	3,60
100 : 10	159,1	7,43	31,25	0,75	1,98	39,91	3,91
100 : 12	158,7	7,45	30,82	0,87	2,16	43,54	4,27
100 : 15	158,5	7,47	30,0	1,04	2,31	46,56	4,56
100 : 18	158,3	7,51	29,07	1,28	2,53	51,0	5,0
100 : 20	157,9	7,53	28,64	1,36	2,67	53,82	5,28
100 : 22	157,6	7,54	28,16	1,42	2,84	57,25	5,61
100 : 25	157,4	7,56	27,53	1,59	3,02	60,88	5,97
100 : 30	157,0	7,60	26,50	1,85	3,18	64,10	6,28
100 : 35	156,7	7,62	25,61	2,11	3,35	67,53	6,62
100 : 40	156,3	7,63	24,73	2,26	3,54	71,36	7,0
100 : 45	156,1	7,65	23,80	2,73	3,69	74,39	7,29
100 : 50	155,8	7,68	23,09	3,07	3,86	77,81	7,63

Таблица 2.

**Скорость растворения гранул азотфосфорсодержащих удобрений**

Массовое соотношение АС : ФМ	Время полного растворения гранул, сек.					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
АС с добавкой 0,28% MgO	51	42	47	51	43	46,8
100 : 7	82,3	92,1	86,1	78,6	88,9	85,6
100 : 10	91,6	79,6	93,4	89,8	84,6	87,8
100 : 12	90,8	83,7	94,1	87,4	91,5	89,5
100 : 15	96	86,2	97,5	92,1	89,7	92,3



100 : 18	88,6	95,3	99,6	89,7	96,3	93,9
100 : 20	93,2	101,4	91,6	97,2	100,1	96,7
100 : 22	102	92,1	103,4	99,3	95,7	98,5
100 : 25	98,8	103,7	97,9	100,4	105,2	101,2
100: 30	101,4	106,2	104,5	105,1	99,8	103,4
100 : 35	103,1	104,1	109,7	103,9	107,2	105,6
100 : 40	105,5	107,3	108,2	106,1	108,4	107,1
100 : 45	109,6	110,9	106,7	108,8	112,0	109,6
100 : 50	113,7	109,8	113,5	115,5	109	112,3

Таблица 3.

### Химический состав удобрений, полученных введением в расплав аммиачной селитры природного гипса

Массовое соотношение АС : ПГ	Содержание компонентов, вес. %				
	N	CaO <sub>общ.</sub>	CaO <sub>водн.</sub>	SO <sub>3общ.</sub>	SO <sub>3водн.</sub>
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> марки «ч»	34,96	-	-	-	-
АС с магнизиальной добавкой (0,28% MgO)	34,50	-	-	-	-
99,5 : 0,5	34,51	0,18	0,050	0,24	0,101
99,0 : 1,0	34,32	0,33	0,084	0,47	0,189
98,0 : 2,0	34,08	0,65	0,153	0,93	0,354
97,0 : 3,0	33,64	0,97	0,219	1,40	0,504
95,0 : 5,0	33,0	1,62	0,350	2,35	0,798
92,0 : 8,0	32,10	2,50	0,516	3,78	1,207
90,0 : 10	31,25	3,18	0,625	4,62	1,380
88,0 : 12	30,47	3,84	0,717	5,63	1,568
85,0 : 15	29,53	4,72	0,831	7,04	1,817
82,0 : 18	28,39	5,86	0,980	8,46	2,012
80,0 : 20	27,80	6,46	1,012	9,31	2,205

Значит, гранулы селитры, содержащие фосфатное сырье растворяются медленнее, чем обычная АС. Следовательно, присутствие фосфорита в селитре способствует постепенному высвобождению азота в грануле.

Из таблицы 3 видно, что с увеличением количества ПГ с 0,5 до 20 г по отношению с 99,5 до 80г плава NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> приводит к уменьшению содержания азота в продукте с 34,51 до 27,8%, но при этом содержание SO<sub>3общ.</sub> повышается с 0,24 до 9,31%, а CaO<sub>общ.</sub> с 0,18 до 6,46% и в этом случае сумма питательных компонентов, в образцах азотосерных удобрений колеблется в пределах 34,93-43,57%. Сера входит в состав белков и аминокислот при формировании урожая. По физиологической роли в питании растений серу следует поставить на третье место после азота и фосфора. А кальций по значимости для питания растений стоит на пятом месте после азота, фосфора, калия и серы. Если его вносить в почву в усвояемой для растений форме, то он даст значительную прибавку урожая. Таким образом, можно говорить, что состав АС дополнительно обогащается двумя макроэлементами – серой и кальцием. Снижение в образцах азотосерных удобрений водорастворимых форм кальция (CaO<sub>водн.</sub>) и серы (SO<sub>3водн.</sub>) с 27,78 до 15,66% и с 42,08 до 23,68% свидетельствует о



прохождении вышеприведенной реакции взаимодействия  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  с  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  с образованием  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Из таблицы 4 видно, что с увеличением количества добавок как гипсового сырья (ПГ) повышается прочность гранул продукта. С изменением массового соотношения плава АС к ПГ прочность гранул меняется следующим образом: при соотношении АС : ПГ = 99,5 : 0,5 – 2,11 МПа; при 92 : 8 – 4,01 МПа; при 88 : 12 – 4,74 МПа и при 80 : 20 – 5,89 МПа, против значения прочности гранул АС с магниезальной добавкой (0,28% MgO) производства АО «Максам-Чирчик» – 1,58 МПа и чистой АС без добавки – всего 1,32 МПа. Чем выше прочность гранул, тем меньше их пористость и внутренняя удельная поверхность, тем меньше дизтоплива попадает внутрь гранул, и как следствие, тем в меньшей степени детонационная способность нитрата аммония.

Данные таблицы 4 также показывают, что введение сульфатного сырья (ПГ) в плав АС приводит к повышению её рН с 5,17 в исходном до 6,38-5,76 в продукте. Это говорит о том, что при связывании аниона  $\text{NO}_3^-$  щелочным катионом ( $\text{Ca}^+$ ) ПГ происходит рост величины рН до значения, приближающим водным суспензиям ПГ. Можно полагать, что ПГ нейтрализует кислотность АС.

Таблица 4.

**Прочность гранул продуктов, полученных на основе плава аммиачной селитры и природного гипса**

Массовое соотношение АС : ПГ	рН 10 %-ного раствора	Прочность гранул		
		кг/гранул	кгс/см <sup>2</sup>	МПа
$\text{NH}_4\text{NO}_3$ марки «ч»	5,17	0,67	13,50	1,32
АС с магниезальной добавкой (0,28% MgO)	6,13	0,80	16,12	1,58
99,5 : 0,5	6,38	1,07	21,57	2,11
99,0 : 1,0	6,33	1,25	25,20	2,47
98,0 : 2,0	6,26	1,45	29,23	2,86
97,0 : 3,0	6,14	1,62	32,65	3,20
95,0 : 5,0	6,09	1,84	37,09	3,64
92,0 : 8,0	6,02	2,03	40,92	4,01
90,0 : 10	5,98	2,21	44,55	4,37
88,0 : 12	5,91	2,40	48,38	4,74
85,0 : 15	5,87	2,58	52,01	5,10
82,0 : 18	5,82	2,80	56,44	5,53
80,0 : 20	5,76	2,98	60,07	5,89

**Заключение.** Таким образом, смешение плава АС с ФМ или ПГ с последующим гранулированием фосфатно-нитратного и сульфатно-нитратного расплава в гранбашне позволяет получать качественные азотнофосфорные и азотносерные удобрения с улучшенными физико-химическими и меньшими детонационными свойствами. При этом состав селитры обогащается дополнительным макроэлементом фосфором и серой, способствующие повышению урожайности сельскохозяйственных культур.



### Список литературы:

1. Чернышов А.К., Левин Б.В., Туголуков А.В., Огарков А.А., Ильин В.А. Аммиачная селитра: свойства, производство, применение // М.: ЗАО «ИНФОХИМ». – 2009. – 544 с.
2. Лавров В.В., Шведов К.К. О взрывоопасности аммиачной селитры и удобрений на её основе // Научно-технические новости: ЗАО «ИНФОХИМ». – Спецвыпуск. – 2004. – № 4. – С. 44-49.
3. Левин Б.В., Соколов А.Н. Проблемы и технические решения в производстве комплексных удобрений на основе аммиачной селитры // Мир серы, N, P и K. – 2004. – № 2. – С. 13-21.
4. Bozorov, I., Iskandarova, M., Mamataliyev, A., Usanbayev, N., & Temirov, U. (2022, June). Nitrogen-sulfur-containing fertilizers based on melt ammonium nitrate and natural gypsum. AIP Conference Proceedings (Vol. 2432, No. 1, p. 050062).
5. Rasulov, O., Mamataliyev, A., Rasulova, D., Temirov, U., & Namazov, S. (2021). Physico-chemical properties lime-ammonium nitrate based on chalk, nitrate and ammonium sulphate. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 04012).
6. Бараниус В., Баруцкий Ю., Краузе А., Пауль Д., Штюмер К.-Н. Промышленные установки для производства известково-аммиачной селитры // Журнал ВХО им. Д.И.Менделеева. – 1983. Т. 28. – № 4. – С. 439-445.
7. Жмай Л., Христианова Е. Аммиачная селитра в России и в мире. Современная ситуация и перспективы // Мир серы, N, P и K. – 2004. – № 2. – С. 8-12.
8. Постников А.В. Производство и применение известково-аммиачной селитры // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 9. – С. 68-73.
9. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Том 2. - Ленинград: Химия, 1970. – 1558 с.
10. Патент № 2154620 Россия. Кл. С 05 С 1/02, С 05 D 1/00, С 05 G 1/06, С 05 D 5/00. Способ получения азотно-калийного удобрения / В.Ф.Духанин, А.И.Серебряков – 20.08.2000. – Б.И. – № 23.
11. Ильин В.А. Разработка технологии сложного азотно-фосфатного удобрения на основе сплава аммиачной селитры: Автореф. дис. канд. техн. наук, Ивановский Гос. химико-технол. ун-т, г. Иваново. – 2006. – 17 с.
12. Патент № 2223932 Россия. Кл. С 05 В 7/00, С 05 С 1/00. Способ получения сложных азотно-фосфорных удобрений / В.А.Ильин, О.И.Патохин, О.Л.Глаголев, Е.Н.Селин, Б.В.Левин, А.Н.Соколов, А.Ю.Соколов, В.П.Самсонов, М.И.Резеньков, В.Р.Аншелес, З.П.Симбирева, Н.Е.Жаворонкова, О.Е.Василькова. – От 20.02.2004.
13. Глаголев О.Л. Практический опыт работы агрегата АС-72 на ОАО «Череповецкий азот» на гибкой схеме производства аммиачной селитры и продуктов на её основе // Мир серы, N, P и K. – 2004. – № 2. С. 21-23.
14. Ильин В.А., Рустамбеков М.К., Акаев О.П., Ненайденко Г.Н. Исследование термостабильности сложного азотно-фосфатного удобрения (САФУ) // Вопросы стабилизации плодородия и урожайности в Верхневолжье. – М.: ВНИИА. – 2006. – С. 128-136.
15. Пак В.В., Пирманов Н.Н., Намазов Ш.С., Реймов А.М., Беглов Б.М. Азотносерные удобрения на основе плава аммиачной селитры и фосфогипса // Химия и химическая технология. – 2011. – № 2. – С. 21-24.
16. Пак В.В., Пирманов Н.Н., Намазов Ш.С., Реймов А.М., Беглов Б.М., Сейтназаров А.Р. Азотносерные удобрения на основе плава нитрата аммония и природного гипса // Химическая технология. Контроль и управление. – 2012. – № 3. – С. 5-8.





**17.** Москаленко Л.В., Колесников В.П., Резниченко О.А., Цыганкова С.С. Использование фосфогипса при получении удобрений на основе аммиачной селитры // Материалы VII-Международной науч.-практич. конф. «Экология и жизнь» – Пенза. – 2004. – 131 с.

**18.** Резниченко О.А., Москаленко Л.В. Оценка влияния состава фосфогипса на прочность аммиачной селитры // Материалы VIII региональной науч.-техн. конф. «Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону» – Ставрополь: Сев.Кав. ГТУ. – 2004. – 40-41 с.

**19.** Колесников В.П., Москаленко Л.В. Изучение влияния добавки фосфополугидрата на прочность гранул аммиачной селитры // Химическая промышленность сегодня. – 2006. – № 6. – С. 8-9.

**20.** Колесников В.П., Москаленко Л.В. Термографические исследования модификационных превращений удобрения, полученного на основе аммиачной селитры // Химическая промышленность сегодня. – 2006. – № 7. – С. 18-21.

**21.** Колесников В.П., Москаленко Л.В. Разработка термостабильного удобрения на основе аммиачной селитры // Сб. тр. 2-ой Общероссийской науч.-техн. конф. «Новые технологии в азотной промышленности», Невинномысск, 8-13 окт. 2007 г. – Ставрополь: Сев.Кав. ГТУ. – 2007. – 70-71 с.

**22.** Москаленко Л.В. Разработка технологии получения термостабильного удобрения на основе аммиачной селитры: Автореф. дис. канд. техн. наук, Невинномысский технологический институт, Москва. – 2007. – 16 с.