



FTAMP 61.31.31: 61.31.41

Х.Р. Садиева¹ – негізгі автор, ©
А.К. Қожахан^{2,4}, Э.И. Шукур оглы³, Ш.Н. Кубекова⁴,
А.Н. Нурлыбаева⁵, И.К. Әлімғалиев⁶, Ж.М. Нығметов⁷

 ¹Техн. ғылым. канд., доцент, ^{2,4}Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор,
³Техн. ғылым. канд., профессор, ⁵PhD, қауымдас. профессор, ⁵Технолог,
⁶Инженер

ORCID ¹<https://orcid.org/0000-0002-8925-8053> ²<https://orcid.org/0000-0001-9006-8997>
³<https://orcid.org/0000-0002-7690-9996> ⁴<https://orcid.org/0000-0001-8665-9970>
⁵<https://orcid.org/0000-0001-9904-9979>

 ^{1,5}М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
²Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
³Азербайджан техникалық университеті,
Баку қ., Азербайджан Республикасы
⁴Қ.И Сатпаев атындағы, Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы қ., Қазақстан
^{6,7}«Атик» ЖШС, Атырау қ., Қазақстан


@ ¹xalipa71@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/НТНО6372>

АЗОТТЫ-ФОСФОРЛЫ-КАЛИЙЛІ КЕШЕНДІ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ СИНТЕЗДЕП АЛУ

Аңдатпа. Топырақтың химиялық құрамын зерттегенде әр аймақта әртүрлі болатыны белгілі. Сондықтан әр аймақтың топырағында өсімдіктерге жетіспейтін химиялық элементтерден күрделі аралас тыңайтқыштар дайындап, топырақты құнарландыру қажет. Ғылыми мақалада азотты-фосфорлы-калийлі кешенді тыңайтқыштарды синтездеп алу және олардың химиялық құрамын зерттеу жұмысы баяндалған.

Тірек сөздер: кешенді минералды тыңайтқыштар, азотты-фосфорлы калийлі, азотты-фосфорлы-күкіртті, кешенді тыңайтқыштар.

 *Садиева, Х.Р. Азотты-фосфорлы-калийлі кешенді тыңайтқыштарды синтездеп алу [Мәтін] / Х.Р. Садиева, А.К. Қожахан, Э.И. Шукур оглы, Ш.Н. Кубекова, А.Н. Нурлыбаева, И.К. Әлімғалиев, Ж.М. Нығметов //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.246-252. <https://doi.org/10.55956/НТНО6372>*

Кіріспе. Өсімдіктердің өсіп жетілуіне қажетті элементтерден жасалған коспалы кешенді тыңайтқыштар топырақты құнарландырады. Азотты тыңайтқыштар өсімдіктің өсуіне әсер етсе, фосфорлы тыңайтқыштар биологиялық синтезге қатысады, ал калийлі тыңайтқыштар тұз-су алмасу жүйесіне әсер етеді. Сондықтан азотты-фосфорлы-калийлі кешенді тыңайтқыштарды синтездеп алу және химиялық құрамын зерттеп, ұлттық стандарт бойынша кешенді тыңайтқыш дайындау өзекті мәселе болып отыр.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Күрделі кешенді тыңайтқыштарға ұлттық стандарт бойынша химиялық сараптама жүргізу. NPK

тыңайтқыштарын алуға қолдану үшін рецептура жасау. Дайын өнімге химиялық сараптама жасау.

Зерттеуге алынған өнімдер: аммофос (моноаммофос, диаммофос), амиакты селитра, калий хлориді.

Химиялық және физика-химиялық әдістер: титриметрлік, фотоколориметриялық, вольтамперометриялық әдістер, гравиметриялық әдіс: көлемдік, салмақ әдістері, Ph-метрлік, буферлі ерітінділер арқылы.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Азотты-фосфорлы-калийлі (NPK) кешенді тыңайтқыштары дайындалды, олардың құрамынан жалпы фосфорды, жалпы азотты, калийді химиялық әдістер арқылы анықталды.

Минералдық тыңайтқыштар құрамындағы қоректік элементтердің рөлі мен мәнін қараған кезде олардың тек фауна үшін ғана емес, сонымен қатар адамды қоса алғанда, бүкіл биосфераның тіршілік әрекетін қамтамасыз ету үшін зор маңызын атап өту қажет. Мысалы, өмір сүру ұзақтығы 65 жыл болғанда адам шамамен 36 кг фосфор, 79 кг калий және 381 кг азот алуы тиіс [1]. Тыңайтқыштарды енгізу өнімді арттырып қана қоймай, оның сапасын да жақсартады: дәндегі белоктың, қызылшадағы, жүзімдегі қанттың құрамы артады, зығыр, мақта талшықтарының беріктігі артады, аяз бен құрғақшылыққа төзімділік артады. Осының бәрі минералдық тыңайтқыштар нарығының қарқынды дамуын айқындады. Соңғы бес жылда әлемдік тыңайтқыштарды тұтыну 13,7%-ға артты [2].

Кешенді тыңайтқыштар – құрамында кемінде екі қоректендіру элементі кіретін тыңайтқыштар болып табылады. Климатына және топырақтың түріне байланысты негізгі себу кезеңіне вегетациялық кезең ішінде әртүрлі қосымша қоректендіру ретінде қолданылады. Өндіріс тәсілі бойынша кешенді тыңайтқыштар күрделі, күрделі-аралас және аралас болып бөлінеді. Кешенді тыңайтқыштар құрамында екі, үш және одан да көп қоректендіру элементтері бар: азот, фосфор, калий, магний, күкірт және әртүрлі микроэлементтер. Қос (фосфорлы-калийлі P + K, азотты-фосфорлы N + P, азотты-калийлі N + K) және үштік тыңайтқыштар (азотты-фосфорлы-калийлі N + P + K) болады.

Негізгі қоректендіру элементтерінің қатынасы (NPK) N:P₂O₅:K₂O массалық қатынасымен сипатталады (мысалы, 1:1,5:0,5). Бұл ретте азот бірлік ретінде қабылданады.

Күрделі тыңайтқыштар. Күрделі тыңайтқыштардағы қоректік заттардың құрамы әсер ететін элементтердің құрамы бойынша пайызбен де көрсетілуі мүмкін (15:17:8). Бұл шамалардың қосындысы тыңайтқыштың әсер ететін затының жалпы шамасын құрайды [3]. Күрделі тыңайтқыштар бастапқы компоненттердің химиялық өзара іс-қимылы кезінде бірыңғай технологиялық цикл ішінде өндіріледі. Күрделі тыңайтқыштың әрбір молекуласында немесе түйіршігінде екі немесе одан да көп қоректік элементтер бар [1,2].

Күрделі тыңайтқыштардың артықшылықтары. Күрделі тыңайтқыштар көп жағдайда бір құрамдылардан әлдеқайда тиімді екені жалпыға танылған. Бұған күрделі кешенді тыңайтқыштардың мынадай қасиеттері ықпал етеді:

– натрий, хлор және басқалары сияқты балласт компоненттерінің бір мезгілде аз болуы (жиірек толық болмауы) кезінде қоректік элементтердің жоғары шоғырлануы;

– қатты тыңайтқыштың бір түйіршігінде бірден бірнеше қоректік элементтердің болуы;

– құрғақ жағдайларда және тыңайту кезінде топырақ ерітіндісінің осмотикалық қысымын арттыруға сезімтал дақылдарды қолдану мүмкіндігі;
– тыңайтқыштарды тасымалдау, сақтау және енгізу бойынша шығындарды азайту [4,5].

Күрделі тыңайтқыштардың ассортименті әртүрлі. Бұл топырақ-климаттық аймақтардың әрқайсысында ауыл шаруашылығы дақылдары үшін азоттың, фосфор мен калийдің әртүрлі арақатынасын қолдану қажеттілігіне негізделген.

Кешенді тыңайтқыштарды қоспа арқылы араластыру жолымен алу тәсілдері талап етілетін арақатынаста алынған бір немесе екі тыңайтқыштарды механикалық араластырудан тұрады. Аралас тыңайтқыштар алу үшін қарапайым және қос суперфосфаттар, фосфориттер, нитрат, сульфат және аммоний фосфаттары, нитрофосфаттар, карбамид, калий тұздары пайдаланылады.

НРК 15:15:15 кешенді тыңайтқышын араластыру арқылы алу.

Керекті қоспалар және қажетті мөлшері:

- Аммиачная селитра (аммиакты селитра) – NH_4NO_3 – 5,6 г;
- Аммофос – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ – 5,0 г;
- Калий хлориді – KCl – 3.8 г.

Осы қоспаларды осы мөлшермен қосып, сумен араластырып сулы баняда дайын өнімге дейін кептіріледі.

Қоспаларды араластыру арқылы алынған күрделі тыңайтқыштардағы жалпы фосфаттарды анықтау МЕМСТ (ГОСТ) 18918-85 бойынша жүргізілді.

Талдау жүргізу, дайын болған тыңайтқыш қоспасына химиялық анализ жасау. 1 г аммофос өлшенеді (нәтиже төртінші ондыққа дейін граммен жазылады), сыйымдылығы 250 см^3 өлшеуіш колбаға салынады, 30 см^3 тұз қышқылы құйылады және 30 минут қайнатылады. Салқындағаннан кейін, ерітінді белгіге дейін жеткізіліп, тығынмен жабылады. Содан кейін араластырылады, «ақ лента» қағаз сүзгісі арқылы сүзіліп, сүзгінің алғашқы екі порциясы тасталады. Сыйымдылығы 100 см^3 өлшеуіш колбаға 5 см^3 сүзгі аликвота алынады. Колбаның қабырғалары сумен жуылады және цилиндрдің көмегімен фосфаттарға арналған реактив құйылады. Нөлдік проба ретінде $0,2 \text{ мг/см}^3$ жұмыс ерітіндісі алынады.

Қоспаларды араластыру арқылы алынған күрделі тыңайтқыштардағы жалпы азотты анықтау МЕМСТ (ГОСТ) 18918-85 бойынша жүргізілді, калийді химиялық әдістермен анықталды.

Талдау жүргізу: 1 г аммофос өлшенеді (нәтиже төртінші ондыққа дейін граммен жазылады), сыйымдылығы 250 см^3 өлшеуіш колбаға салынады, 10 см^3 тұз қышқылы құйылады және 5 минут қайнатылады. Салқындағаннан кейін, ерітінді белгіге дейін жеткізіліп, тығынмен жабылады. Содан кейін араластырылады, «ақ лента» қағаз сүзгісі арқылы сүзіліп, сүзгінің алғашқы екі порциясы тасталады. Сыйымдылығы 250 см^3 конусты колбаға 10 см^3 сүзгі аликвота алынады. Бір уақытта нөлдік ерітінді су дайындалады. 2 тамшы метилоранж индикаторы қосылады, сары түс болғанға дейін NaOH 1 моль/дм^3 ерітіндісімен нейтраліздейді. 10 см^3 фосфатты-буферлі реактив қосады, 5 см^3 8% хлорамин ерітіндісін құяды және 15 минут тыныштыққа қояды. Содан соң 3 см^3 15% калий йод ерітіндісін, 10 см^3 (1:6) H_2SO_4 ерітінділерін қосады. 5 минут қараңғы жерге қойып, тиосульфат ерітіндісімен титрлейді.

НРК кешенді тыңайтқышының үлесін анықтау.

1. Жалпы фосфаттарды анықтау: $H-1-250-2-0,260-3.07=14,51\%$
2. Жалпы азотты анықтау: $H-1-250-10-(20,9-9,05)=13,04\%$
3. Калийді анықтау: $H-2-250-(398;394;392;399)=14,07\%$

Бастапқы берілген қоспалардың концентрациясы N:P:K – (15:15:15)% қатынаста болса, тәжірибе жүзінде шыққан қатынастар саны N:P:K – (13,04:14,51:14,07)% көрсетіп отыр. Оның себебі аммофос өнімінде жоғарғы сорт марка Б құрамындағы табиғи қоспалардың болуы, оның ішінде микроэлементтердің (алюминий, темір, магний, кальций оксидтері мен фосфаттарының және сирек жер элементтерінің аз көлемдегі қоспа пайыздарының қосынды концентрациясының), болуы төменде көрсетілген NEX CGII Rigau компаниясының рентгенфлуоресценциялық спектроскопия аппаратында түсірілген сараптама қорытындысынан көрініп тұр.

Сонымен қатар, калий хлориді – 99,8% (NPK) жасауға арналған, оның ішінде 0,2% микроэлементтердің болуы әсер етеді.

Дайындалған (NPK) өнімі СТ РК «Азотты-фосфорлы-калий» тыңайтқышы «Техникалық жағдайдағы» (NPK – удобрение). Технические условия» негізінде 1-2% пайыздық коэффициент корреляция көрсеткішіне сәйкес келеді. Жасалған химиялық сараптаманы қорытындылай келе, сынаманы NEX CGII Rigau компаниясының рентгенфлуоресценциялық спектроскопия аппаратында түсірілді (Алматы қ.), сараптама қорытындысы төмендегі кестеде келтірілген.

Кесте 1

N:P:K – (15:15:15) концентрациясындағы кешенді тыңайтқыштың рентгенфлуоресценциялық спектроскопия аппаратында түсірілген қорытынды нәтижесі

№	Компонент	Нәтиже	Бірлігі	Стат. қателігі	LLD	LLQ	Элемент сызығы	Қарқындылық (cps/mA)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	MgO	ND	mass%	0.739	2.82	8.45	RX9:Mg-K α	0.000
2	Al ₂ O ₃	ND	mass%	0.0632	0.188	0.564	RX9:Al-K α	0.000
3	SiO ₂	1.20	mass%	0.0204	0.0473	0.142	RX9:Si-K α	102.729
4	P ₂ O ₅	29.6	mass%	0.0297	0.0149	0.0446	RX9:P-K α	11804.956
5	Cl	23.9	mass%	0.0109	0.0010	0.0029	RX9:Cl-K α	74528.992
6	K ₂ O	39.8	mass%	0.0256	0.0028	0.0084	Cu:K-K α	19680.061
7	CaO	1.42	mass%	0.0097	0.0223	0.0668	Cu:Ca-K α	672.234
8	TiO ₂	0.0184	mass%	0.0007	0.0013	0.0040	Cu:Ti-K α	19.344
9	V ₂ O ₅	0.0063	mass%	0.0004	0.0010	0.0029	Cu:V-K α	9.608
10	Cr ₂ O ₃	0.0110	mass%	0.0003	0.0005	0.0015	Cu:Cr-K α	31.040
11	MnO	0.114	mass%	0.0012	0.0011	0.0032	Mo:Mn-K α	132.306
12	Fe ₂ O ₃	1.36	mass%	0.0034	0.0007	0.0020	Mo:Fe-K α	2239.312
13	Co ₂ O ₃	0.0067	mass%	0.0006	0.0016	0.0049	Mo:Co-K α	16.335
14	NiO	0.0108	mass%	0.0002	0.0003	0.0009	Mo:Ni-K α	42.001
15	CuO	0.0042	mass%	0.0001	0.0003	0.0008	Mo:Cu-K α	22.311
16	ZnO	0.0115	mass%	0.0002	0.0001	0.0004	Mo:Zn-K α	86.358
17	Ga ₂ O ₃	(0.0004)	mass%	<0.0001	0.0002	0.0006	Mo:Ga-K α	3.716
18	GeO ₂	ND	mass%					
19	As ₂ O ₃	0.0046	mass%	<0.0001	0.0001	0.0004	Mo:As-K α	67.205
20	SeO ₂	ND	mass%					
21	Br	0.0518	mass%	0.0002	<0.0001	0.0001	Mo:Br-K α	1437.933
22	Rb ₂ O	0.0027	mass%	<0.0001	0.0002	0.0005	Mo:Rb-K α	86.148

I-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	SrO	0.0111	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0002	Mo:Sr-K α	368.721
24	Y ₂ O ₃	0.0083	mass%	<0.0001	0.0001	0.0004	Mo:Y-K α	294.517
25	Nb ₂ O ₅	ND	mass%					
26	MoO ₃	ND	mass%					
27	RuO ₂	ND	mass%					
28	Rh ₂ O ₃	ND	mass%					
29	PdO	ND	mass%					
30	Ag ₂ O	0.0027	mass%	0.0001	0.0002	0.0005	Al:Ag-K α	3.587
31	CdO	ND	mass%					
32	In ₂ O ₃	ND	mass%					
33	SnO ₂	0.0290	mass%	0.0005	0.0005	0.0014	Al:Sn-K α	33.587
34	Sb ₂ O ₃	0.0038	mass%	0.0003	0.0006	0.0017	Al:Sb-K α	4.783
35	TeO ₂	0.0137	mass%	0.0004	0.0009	0.0026	Al:Te-K α	15.249
36	I	ND	mass%					
37	Cs ₂ O	ND	mass%					
38	BaO	ND	mass%					
39	La ₂ O ₃	ND	mass%					
40	CeO ₂	ND	mass%					
41	Pr ₆ O ₁₁	ND	mass%					
42	Nd ₂ O ₃	ND	mass%					
43	HfO ₂	0.0192	mass%	0.0004	0.0006	0.0018	Mo:Hf-La	41.555
44	Ta ₂ O ₅	ND	mass%					
45	WO ₃	(0.0011)	mass%	0.0002	0.0006	0.0018	Mo:W-La	2.858
46	Ir ₂ O ₃	(0.0005)	mass%	0.0002	0.0005	0.0014	Mo:Ir-La	2.217
47	HgO	ND	mass%					
48	Tl ₂ O ₃	ND	mass%					
49	PbO	0.0015	mass%	0.0001	0.0004	0.0011	Mo:Pb-La	14.036
50	Bi ₂ O ₃	ND	mass%					
51	ThO ₂	ND	mass%					
52	U ₃ O ₈	ND	mass%					
53	Au	ND	mass%					
54	Na ₂ O	ND	mass%					
55	Sc ₂ O ₃	ND	mass%	0.0014	0.0044	0.0131	Cu:Sc-K α	0.001
56	ZrO ₂	0.612	mass%	0.0024	0.0004	0.0012	Al:Zr-K α	432.801
57	ReO ₂	ND	mass%					
58	Pm ₂ O ₃	ND	mass%					
59	Sm ₂ O ₃	ND	mass%					
60	Eu ₂ O ₃	(0.0115)	mass%	0.0024	0.0073	0.0218	Mo:Eu-La	5.985
61	Gd ₂ O ₃	ND	mass%					
62	Tb ₄ O ₇	ND	mass%					
63	Dy ₂ O ₃	ND	mass%	0.0030	0.0091	0.0272	Cu:Dy-La	0.003
64	Ho ₂ O ₃	ND	mass%					
65	Er ₂ O ₃	ND	mass%	0.0057	0.0171	0.0514	Cu:Er-La	0.559
66	Tm ₂ O ₃	ND	mass%	0.0010	0.0030	0.0090	Mo:Tm-La	0.436
67	Yb ₂ O ₃	(0.0038)	mass%	0.0005	0.0013	0.0040	Mo:Yb-La	6.302
68	Lu ₂ O ₃	ND	mass%					
69	Po	ND	mass%					
70	Pt	(0.0006)	mass%	0.0001	0.0003	0.0009	Mo:Pt-La	3.151
71	OsO ₄	(0.0018)	mass%	0.0002	0.0006	0.0019	Mo:Os-La	5.465
72	Tc	ND	mass%					
73	S	1.69	mass%	0.0038	0.0029	0.0087	RX9:S-K α	2693.492

Қорытынды. Бұл жұмыста инновациялық НРК тыңайтқыш қоспасын жасауға негіз болды. НРК тыңайтқыштарын өндірудің дәстүрлі әдістері әдетте бейтарап ортаға аммонизацияланатын экстракциялық фосфор қышқылы және күкірт қышқылы сияқты сұйық химиялық заттарды қолдануды қамтиды. Бұл жұмыс калий хлориді, аммоний нитраты, күкірт және аммофос сияқты құрғақ тыңайтқыштарды қолдануды қамтитын балама тәсілді ұсынады.

Тыңайтқыш қоспасын жасау процесі аталған компоненттерді қосып, оларды біртекті масса алынғанша сумен араластырылып дайындалды. Нәтижелер алынған қоспаның тыңайтқыш ретінде тиімділігін растайтын қанағаттанарлық агрохимиялық сипаттамаларын көрсетті. Жүргізілген сынақтар ұсынылған тук қоспасы өсімдіктерге қажетті қоректік элементтерді қамтамасыз ететінін және олардың толық өсуі мен дамуына ықпал ететінін көрсетті.

Әдебиеттер тізімі

1. Бабкин, В.В. Фосфорные удобрения России [Текст] / В.В. Бабкин, А.А. Бродский. – М.: ТОО «Агροхимпринт», 2012. – 464 с.
2. Maartensdijk S.A. Direct production of granulated superphosphates and PKcompounds from sulphuric acid, phosphoric acid, rock phosphate and potash //Proceedings of the I.S.M.A. technical conference. – Netherlands: Hague, 2006. – P. 200-214.
3. Кувшинников, И.М. Минеральные удобрения и соли: свойства и способы их получения [Текст] / И.М. Кувшинников. – М.: Химия, 2017. – 256 с.
4. Андриянова Е.А. Зависимость слеживаемости минеральных удобрений от условий хранения [Текст] / Е.А. Андриянова, В.В. Соколов, А.Б. Грибков, И.А. Петропавловский //Материалы международной научно-практического семинара «Роль аналитических служб в обеспечении качества минеральных удобрений и серной кислоты». – М.: НИУИФ, 2015. – С. 87.
5. Бродский А.А. Получение кормовых фосфатов кальция с использованием барабанного гранулятора-сушилки [Текст] / А.А. Бродский, В.И. Родин, Б.В. Левин //Химическая промышленность сегодня. – 2005. – № 7. – С. 19-22.

Материал редакцияға 27.06.24 түсті.

**Х.Р. Садиева¹, А.К. Кожакан², Э.И. Шүкүр оглы³, Ш.Н. Кубекова⁴,
А.Н. Нурлыбаева¹, И.К. Алимғалиев⁵, Ж.М. Нығметов⁵**

¹Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³Азербайджанский технический университет, г. Баку, Республика Азербайджан

⁴Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

⁵ТОО «Атик», г. Атырау, Казахстан

СИНТЕЗ АЗОТНО-ФОСФОРНО-КАЛИЕВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. При исследовании химического состава почвы известно, что в каждом регионе он различен. Поэтому необходимо готовить комплексные смешанные удобрения из тех химических элементов, которых растениям не хватает в почве каждого региона, и удобрять почву. Научная статья посвящена синтезу азотно-фосфорно-калийных комплексных удобрений и исследованию их химического состава.

Ключевые слова: комплексные минеральные удобрения, азотно-фосфорно-калийные, азотно-фосфорно-серные, комплексные удобрения.

**Kh.R. Sadiyeva¹, A.K. Kozhakhon², E.I. Shukur ogly³, Sh.N. Kubekova⁴,
A.N. Nurlybayeva¹, I.K. Alimgaliyev⁵, Zh.M. Nigmatov⁵**

¹*M.Kh.Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan*

²*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

³*Azerbaijan Technical University, Baku, Republic of Azerbaijan*

⁴*Kazakh National Research Technical University named after Kanysh Satpayev,
Almaty, Kazakhstan*

⁵*"Atik" LLP, Atyrau, Kazakhstan*

SYNTHESIS OF NITROGEN-PHOSPHORUS-POTASSIUM COMPLEX FERTILIZERS

Abstract. When studying the chemical composition of the soil, it is known that it is different in each region. Therefore, it is necessary to prepare complex mixed fertilizers from those chemical elements that plants lack in the soil of each region, and fertilize the soil. The scientific article is devoted to the synthesis of nitrogen-phosphorus-potassium complex fertilizers and the study of their chemical composition.

Keywords: complex mineral fertilizers, nitrogen-phosphorus-potassium, nitrogen-phosphorus-sulfur, complex fertilizers.

References

1. Babkin, V.V., Brodskiy, A.A. Fosfornyye udobreniya Rossii [Phosphorus fertilizers of Russia]. – Moscow: "Agrokhimprint" LLP, 2012. – 464 p. [in Russian].
2. Maartensdijk S.A. Direct production of granulated superphosphates and PKcompounds from sulphuric acid, phosphoric acid, rock phosphate and potash //Proceedings of the I.S.M.A. technical conference. – Netherlands: Hague, 2006. – P. 200-214.
3. Kuvshinnikov, I.M. Mineral'nyye udobreniya i soli: svoystva i sposoby ikh polucheniya [Mineral fertilizers and salts: properties and methods of their production]. – Moscow: Chemistry, 2017. – 256 p. [in Russian].
4. Andriyanova Ye.A., Sokolov V.V., Gribkov A.B., Petropavlovskiy I.A. Zavisimost' slezhivayemosti mineral'nykh udobreniy ot usloviy khraneniya [Dependence of mineral fertilizer caking on storage conditions] // Proceedings of the international scientific and practical seminar "Rol' analiticheskikh sluzhb v obespechenii kachestva mineral'nykh udobreniy i sernoy kisloty" ["The role of analytical services in ensuring the quality of mineral fertilizers and sulfuric acid"]. – Moscow: NIUIF, 2015. – P. 87. [in Russian].
5. Brodskiy A.A., Rodin V.I., Levin B.V. Polucheniye kormovykh fosfatov kal'tsiya s ispol'zovaniyem barabannogo granulyatora-sushilki [Obtaining feed calcium phosphates using a drum granulator-dryer] //Khimicheskaya promyshlennost' segodnya [Chemical industry today]. – 2005. – No. 7. – P. 19-22. [in Russian].