
**ХИМИЯЛЫҚ ИНЖЕНЕРИЯ
ХИМИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ
CHEMICAL ENGINEERING**

ӘОЖ 661.321.32

<https://doi.org/10.54251/2616-6429.2026.01.n01>

А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.А. Анарбаев, Д.Р. Махамидали*

т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

т.ғ.д., доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

аға ғылыми қызметкер, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

магистр, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

*Корреспондент авторы: mux-x@mail.ru

ТАБИҒИ НАТРИЙ СУЛЬФАТЫН ҚАҚТАЛҒАН СОДАНЫ ӨНДЕП АЛУ ЖОЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ

Түйін

Қақталған соданы өндірісте төрт түрлі әдіспен өндірілетіндігі анықталды: аммиакты әдіс- натрий хлоридінен, табиғи трондарды өңдеу, нефелиндерді өңдеу және күйдіргіш натрийді көмір қышқылды газымен өңдеу. Бұл әдістәң ішінде аммиакты әдіспен қақталған соданы алу негізгі әдіс болып саналады және оны табиғи натрий хлоридінен өндеп алу меншікті салмағы қолданыста 65 – 70% құрайды. Қазақстандағы табиғи натрий сульфатының қоры анықталып оның құрамы зерттелді. Тәжірибелік зерттеу нәтижесінде натрий сульфатынан көміртекті шикізаттарды қосу арқылы балқытып қақталған соданы алу жолдары зерттелді және тиімді көрсеткіштері температура 1000⁰С, уақыт 45 минут, өту дәрежесі 98,9% құрайтындығы және соданы алуға болатындығы анықталды. Натрий сульфатын кальций карбонатын және көміртегімен араластырып берілген температура мен уақыт аралығында балқытады. Көмірдің шығыны барлық тәжірибеде 104% құрады.

Кілттік сөздер: қақталған сода, натрий хлориді, натрий сульфаты, кальций карбонаты, газ.

Кіріспе

Дүние жүзінде қақталған сода өндірісі қарқынды дамыған және негізінен төрт әдіспен соданы өндіріледі: аммиакты әдіс (натрий хлоридінен), табиғи трондарды өңдеу, нефелиндерді өңдеу және күйдіргіш натрийді көмір қышқылды газымен өңдеу[1,2].

Жоғарыда айтылған аммиакты әдіспен алу негізгі әдіс болып қалуда, және оның меншікті салмағы қолданыста 65-70%. Бұл әдіс мөлдірлендірілген натрий хлориді ерітіндісін аммиактаумен және карбонаттаумен жүргізіледі. Тұнбаға түскен гидрокарбонат натрийді сүзіп және қақтайды. Осыдан дайын сода өнімі алынады және көмір қышқыл газын бірінші сатыға қолданады. Газды аммиакты ары қарай процесстің басына қолданады, ал кальций хлориді ерітіндісін тастанды есебінде ақ теңізге ағызады.

Материалдар мен әдістер

Теориялық талдау

Берілген әдістің тиімді жақтары:

- арзан шикізаттар қолданылады – ас тұзы, кальций карбонаты;
- технологиялық процесстің тұрақтылығы, алынатын өнімнің сапасы айтарлықтай жоғары;
- алынатын соданың өзіндік құны салыстырмалы төмен.

Бірақта бұл әдіс те кейбір кемшіліктерімен сипатталады: натрийдің қолданылуы 2/3, ал хлор және кальцийді іс жүзінде қолданбайды. Осыдан барып 1 тонна сода алғанда шығарылатын 10м³ ағын сулары, ал ағынның құрамы: 10-14% CaCl₂, 5-7% NaCl және т.б. зиянды қоспалардан тұрады, және де залалсыздандыруды қажет етеді; энергияның шығыны айтарлықтай (эк тасын

күйдіруге кеткен); капиталдың көп шығыны (қондырғылардың ірілігі):

- карбонаттау мұнараның диаметрі 3м, ал биіктігі 27м;
- дистиллердің конденсаторының диаметрі 3м, биіктігі 12м;
- дистиллердің жылу алмастырғыштарының диаметрі 3м, биіктігі 16м;
- дистиллер диаметрі 3м, биіктігі 21,7м.

Бар технологияның ішінде қалдықтарды жою қарастырылғанымен, бірақта қалдықсыз және аз қалдықты әдіс ашылғанымен ол әдістер әзірге дейін қолайлы емес. АҚШ-та соданы табиғи трондар даналады (Na_2CO_3 , $\text{NaHCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)[3].

Белгілі әдістің ішінен сесквикарбонатты және монокарбонатты тронды өңдеуден қақталған сода алады. Сесквикарбонатты әдістің табиғи трондарды ерітеді, алынған ерітіндіні мөлдірлендіріп, сүзеді, буландырады және салқындатады. Буландырылғаннан сесквикарбонат натрийдің кристалдары алынады. Сүзіндіні 200°C —де қақтайды [4-7]. Берілген технология бойынша ауыр сода алынады, оның шашыранды салмағы 1070кг/м^3 . Бірақта осы жоғарыда айтылған құрамында содасы бар табиғи шикізаттардан соданы алу экономды болғанымен, аммиакты әдіске қарағанда бұл әдістің болашағы жоқ. Өйткені Қазақстанда соданың табиғи қорының іс жүзінде жоқтығы.

Нефилиндерден алынатын қақталған соданы алюминатты ерітінділерді сілтілеп натрий алюминатын алғаннан кейін қосалқы өнім ретінде алынады, осы себептен оның алынған мөлшері ескерілмейді.

Оңтүстік Қазақстан және Қазақстан Республикасының басқада аймақтарында нефилиннен алынатын содаға шикізат аз болғандықтан, ол аймақта өндіріс тиімсіз. Қақталған соданы күйдіргіш натрийді карбонаттап бикарбонатты алып, оны қақтайды немесе натрий карбонатының ерітіндісін алып буландырудан алады. Осында соданың бастапқы 1070кг/м^3 -ты тығыздығы алынады.

Француз фармацевті Леблан соданы натрий сульфатының майдаланған бор немесе әктас мен көмірдің реакциясына сәйкес қоспаларды қыздыру арқылы алуды ұсынды [8]. Алынған балқымалардағы соданы сумен сілтілейміз және ерітіндіні буландырамыз, Na_2CO_3 қатты жүйеде бөлініп алынады. Өндіріс қалдығы ретінде саналатын CaS шламда тұндырылады.

Леблан әдісі химиялық өнеркәсіпте шикізат базасының дамуына үлкен үлесін қосты. Сода өндіретін зауыттардың айналасына басқа да өнімдердің өндірісі шоғырлана бастады. Натрий сульфатын алу әдісін өңдеу өзінің артынан күкірт қышқылының өндірісінің дамуына әсер етті, олардың артынан азот өндірісі жанданды, бірақ азот қышқылының көмегімен күкірт қышқылын алу нитрозды әдіспен ғана жүзеге асты. Сода өндірісінің қалдығы тұз қышқылы хлорға және хлор өнімдер белилді әктасқа және бертолетті тұздарға өңделді. CaS қалдыған элементарлы күкіртті алды. Хлорлы сутектің қоршаған ортаға әсерін тоқтатпау үшін және құрылғылар мен аппараттардың коррозияға ұшырауын болдырмау үшін тұз қышқылы хлорға және үлкен сұранысқа ие құрамында хлоры бар өнімдерге өңдеу әдістері жүзеге асырылды. Леблан әдісі бойынша жұмыс істейтін зауыттар хлорлы өнімдерді жеткізіп беруші бірден бір зауыт еді, сондықтан олардың өнімдеріне аса қымбат баға қойылды. Бұл Леблан әдісі бойынша алынған соданың құнын төмендетті [9].

Қазақстан Республикасының аймақтарында сода алуға қажетті натрий құрамды шикізаттардың қоры өте мол және оларға натрий сульфаты, натрий хлориды, кальций карбонатты шикізаттар жатады. Біз білетіндей қақталған содан бірнеше сатыда жеке реакциялардың жүруімен түзіледі.

Тәжірибе жүргізу

Зерттеу жұмыстарында $298\text{--}348\text{K}$ температура аралығында термодинамикалық мәндер кальций, натрий, және аммиак хлориді, кальций сульфаты, кальций гидроксиді, натрий гидроксиді, және аммиакпен көмірқышқыл газдың термодинамикалық этропия, этальпия және жылусыйымдылық мәндерін қолдана отырып жүретін реакцияның Гиббс энергиясы

есептелді.

Гиббс энергиясының (ΔG_T^0) температураға $T(K)$ байланысты өзгеруінің тәуелділігі 1 кестеде көрсетілген.

Кесте 1- Гиббс (ΔG_T^0) энергиясының температураға байланысты өзгеруі

№	Реакции	Температура, K	(ΔG_T^0), Дж/мол
1	$Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2$	298	-48407,63
		473	-49203,9
		673	-50000,2
		873	-50796,8
		1273	-51599,2
		1473	-72316,8
2	$Na_2S + CO_2 + H_2O = Na_2CO_3 + H_2S$	298	-8113,9
		473	-8248,3
		673	-8381,6
		873	-8517,9
		1273	-8651,2
		1473	-8702,1
3	$Na_2SO_4 + CaCO_3 + 2C = Na_2CO_3 + CaS + 2CO_2$	298	-23422,9
		473	-24784,6
		673	-25202,3
		873	-25620,0
		1273	-26037,7
		1473	-26759,4

Осы әрекеттесу реакцияларының жүру мүмкіндігін Гиббс энергиясының мәндерінің өзгеруінен көруге болады.

Кесте 1 көрсетілгендей ΔG_T^0 мәндері 1 реакция бойынша 298-1473K температур аралығындағы теріс мәндер, яғни реакцияның жүру мүмкіндігі келесі қосылыстардың Na_2S және CO_2 түзілуімен жүреді.

Натрий сульфидін көміртектендіргенде 2- реакция бойынша ΔG_T^0 теріс мәнге ие және реакцияның $NaHCO_3$ түзілу арқылы жүру мүмкіндігін көрсетеді. Ал натрий гидрокарбонатын 313K және 328K температурада қалцинация жасау ΔG_T^0 теріс мәндері натрий карбонатының түзілу мүмкіндігін көрсетеді.

Зерттеуге табиғи натрий сульфаты 92,6% Na_2SO_4 қолданылды. Алдын ала натрий сульфаты температура 40-60⁰C кептіріледі. Кепкен натрий сульфатын майдалап ыдыстарға жинайды. Натрий сульфатының алғалдылығы 1% артпау қажет.

Натрий сульфатын зертханалық қондырғыда өңдеу үшін кальций карбонаты және көмір қолданылды. Көмірдің құрамында көміртегі 85-99,5% құрайды.

Зертханада натрий сульфаты мен көміртекқұрамды заттарды балқыту процессі температура 800, 900, 1000, 1100⁰C, ал балқыту процессін уақыт 30, 45, 60 минутта жүргізілді. Натрий сульфатын кальций карбонатын және көміртегімен араластырып берілген температура мен уақыт аралығында балқытады. Көмірдің шығыны барлық тәжірибеде 104% құрады.

Натрий карбонаты және кальций сульфиді балқыма түрінде алынады. Алынған балқыманың құрамында Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , CaO , CO_2^{3-} және басқа қоспалар кездеседі.

Тәжірибе нәтижесі және талдау

Тәжірибе нәтижесі келесі 2 кестеде көрсетілген. 2 кесте көрсетілгендей натрий

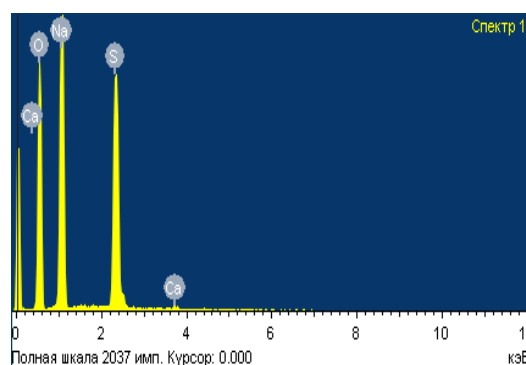
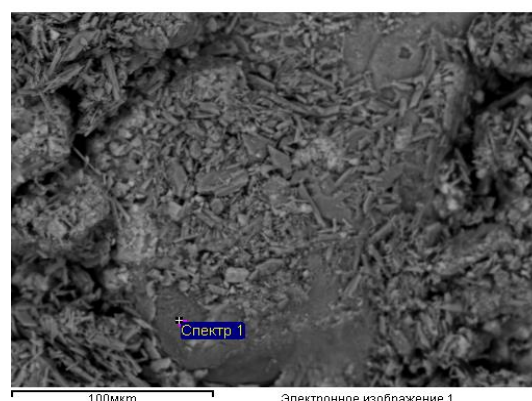
сульфатының тотықсыздану дәрежесі температура 1000⁰С және уақыт 30- 60 минутта 74,6-98,6% құрады. Температура 1000⁰С жоғарылағанда натрий сульфатының тотықсыздану дәрежесі өзгермейді.

Алынған натрий карбонатының балқымасын суда ерітіп шаймалауды 20-30⁰С жүргізеді және шоғыры 27-30% Na₂CO₃ ерітіндісі алынады. Бұл қомалжың ерітіндінің құрамына балқыманың құрамындағы балласты тұздар (Na₂S₂O₃, Na₂SO₄) және тұнба (CaS, SiO₂ т.б.) болады. Ерітіндіні температура 25-30⁰С сүзіп тұнбаны бөліп алады. Ерітіндіні 110-120⁰С кептіріп құрғақ натрий карбонаты алынады. Ал тұнбадағы CaS кептіріп цемент цемент немесе басқа өндірістерге жібереді.

Кесте 2 –Температура және уақытқа байланысты натрий сульфатының тотықсыздану дәрежесіне әсері

№	Температура, °С	Уақыт, мин	Na ₂ SO ₄ (98,6%) шығыны, г	CaCO ₃ (96,9%) шығыны, г	Кокстың (85,0%) шығыны г	Na ₂ CO ₃ шығымы, г	Тотықсыз дану дәрежесі, %
1	800	45	10,14	7,18	1,86	1,94	36,2
2	800	60	10,14	7,18	1,86	2,16	31,3
3	900	30	10,14	7,18	1,86	3,94	74,6
4	900	45	10,14	7,18	1,86	4,12	78,2
5	900	60	10,14	7,18	1,86	4,40	80,1
6	1000	30	10,14	7,18	1,86	5,01	89,9
7	1000	45	10,14	7,18	1,86	5,26	97,9
8	1000	60	10,14	7,18	1,86	5,42	98,6
9	1100	60	10,14	7,18	1,86	5,41	98,1
10	1100	60	10,14	7,18	1,86	5,32	97,9

Элемент	Салмақ, %	Қосылыс	Масса, %
O	20.35	-	-
C	6,49	-	-
Na	24.63	Na ₂ CO ₃	56.91
Ca	21.35	CaS	38.67
S	18.76	-	-
Fe	1.08	Fe ₂ O ₃	1,56
Al	1.01	Al ₂ O ₃	1,42
Si	0.67	SiO ₂	0,82



Сурет 1 - Натрий карбонатының (балқыма) энергия дисперсиялы талдауы

Зертханада балқыманы шаймалауды температура 25, 40⁰C, уақыт 20-60 мин. аралығында жүргізіледі. Қатты затпен сұйықтықтың қатынасы Қ:С=1:3. Зерттеу нәтижелері 3 кестеде берілген.

Кесте 3 көрсетілгендей температура 25⁰C, уақыт 20, 40, 60 минутта балқыманы сумен шаймалағанда соданың ерітіндіге өту дәрежесі 84,4-96,1 % құрайды, температура жоғарылағанда 40⁰C 89,6-98,8% құрайды. Ал тұнбаға кальций сульфиді өтеді және ол кептіруге жіберіледі.

Кесте 3 –Уақыт және температураның соданы шаймалау дәрежесіне әсері

№	Уақыт, мин	Ерітінді құрамы			Соданың ерітіндіге өту дәрежесі,%
		Na, %	CO ₂ , %	Na ₂ SO ₃ %	
1. Температура 25 ⁰ C, Қ:С=1:3					
1	20	3,99	1,22	0,18	84,4
2	40	1,96	1,86	0,17	91,0
3	60	0,22	4,08	0,18	96,1
2. Температура 40 ⁰ C, Қ:С=1:3					
1	20	4,15	1,20	0,19	89,6
2	40	2,10	2,56	0,17	96,2
3	60	0,18	4,86	0,16	98,8

Сода ерітіндісін буландырып кептіру нәтижесінде құрғақ сода алынады. Құрғақ соданының құрамы 4-ші кестеде көрсетілгін.

Кесте 4 - Кептірілген тұнбаның құрамы

T, °C	Құрғақ соданың құрамы, %		
	Na	CO ₂	Na ₂ SO ₃
25	49,6	28,2	0,050
40	27,1	51,2	0,010
60	26,2	53,1	0,011

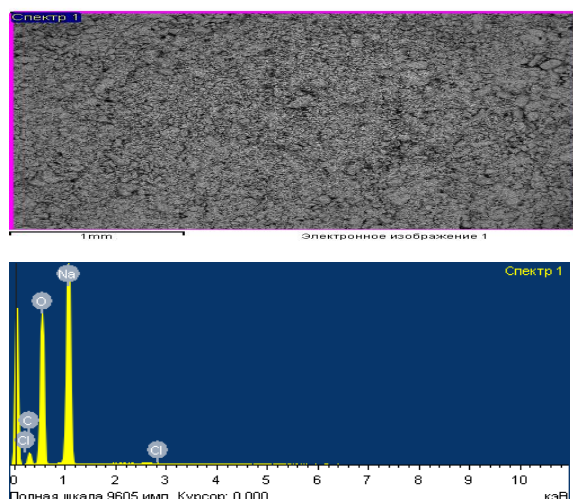
Кесте 5 көрсетілгендей қақталған соданың құрамы негізінен Na₂CO₃ тұрады. Қақталған сода расторлы электронды INCA Energy-350 және HKL Basic микроскопта талдау жүргізілді.

Кесте 5 – Алынған қақталған соданың құрамы

Аттары	Құрамы, %			
	Na ₂ CO ₃	Na ₂ SO ₄	Na ₂ S	к.ж.к, %
Қақталған сода	99,6	0,30		0,10

Қақталған соданың энергия дисперсиялы талдауы келесі 2 суретте көрсетілген.

Элемент	Весовой %
C	13.72
O	43.85
Na	42.27
Cl	0.01

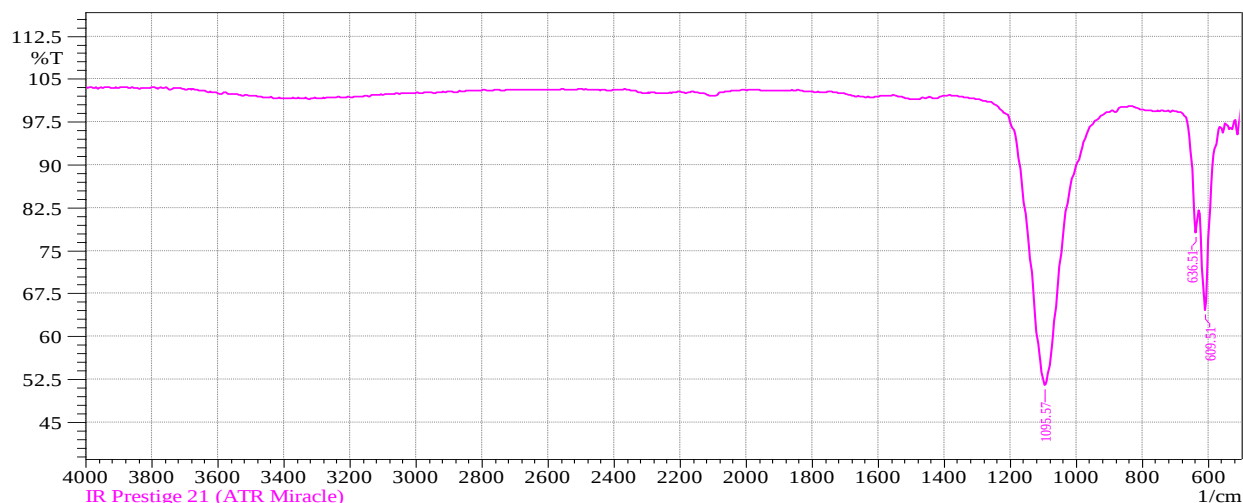


Сурет 2 - Қақталған соданың элементті талдау нәтижелері

Зерттеу нәтижесі бойынша өнімнің құрамында натрий және көміртегінің бар екендігі және хлордың мөлшері 0,01% тұратындығы анықталды.

Алынған өнім ИК-спектроскопия әдістерімен зерттеледі. Зерттеу нәтижелері 3 суретте көрсетілген.

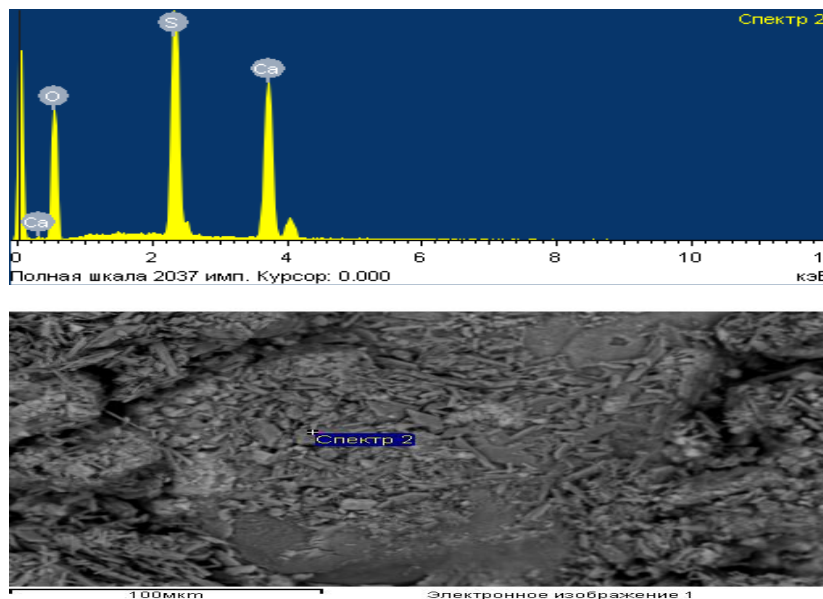
РФА әдісімен талдау нәтижелері тұнбадағы Na₂CO₃ дифракциялы максимумы 1,95; 2,36; 2,54; 2,61; 2,76, 3,82Å сәйкестігін және өнімде натрий карбонатының бар екендігін дәлелдеді.



Сурет 3– Сода тұнбасының ИК-спектрі

ИК-Фурье спектрометр ShimadzuIRPrestige-21 (сурет 3) толқын ұзындығының спектр сіңіру интенсивтілігі 720, 830, 1390, 1485, 1650, 2950 cm^{-1} сәйкес Na-CO_3 байланысына қатысты екенін дәлелдеді.

Элемент	Салмақ, %	Қосылыс
O	8.53	-
S	41,34	-
Ca	50,12.83	CaS



Сурет 4 - Балқыманы шаймалап алған тұнбаның (CaS) энергиядисепрсиялы талдауы

Сүзіп алынған тұнбаның құрамы 4-ші суретте көрсетілген. Онда тұнба негізінен кальций сульфидінен тұрады. Талдау нәтижелері алынған өнімнің сапасы МЕСТ 5200-85 талаптарына сәйкес, ал қақталған сода жеңіл түріндегі содаға жататындығын көрсетті.

Қорытынды

Іс тәжірибелік зерттеулер зертханалық қондырғыларды жүргізілді. Бастпақы шикізаттарды балқыту 800-1100°C уақыт 30-60 минут арлығында жүргізілді.

Тәжірибе нәтижесінде натрий сульфатының тотықсыздану дәрежесі температура 1000°C және уақыт 30-60 минутта 74,6-98,6% құрады. Температура 1000°C жоғарылағанда натрий

сульфатының тотықсыздану дәрежесі өзгермейтіндігі анықталды.

Алынған натрий карбонатының балқымасын суда ерітіп шаймалауды 20-30⁰С жүргізеді және шоғыры 27-30% Na₂CO₃ ерітіндісі алынады.

Ерітіндіні температура 25-30⁰С сүзіп тұнбаны бөліп, алынған ерітінді 110-120⁰С кептіріліп құрғақ натрий карбонаты алынды.

Өңдеп алынған балқыма, сода және шаймалаудан алынған тұнба (CaS) расторлы электронды жабдықта зерттеліп құрамындағы заттардың мөлшері анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Крашенинников С.А. Технология соды, М. Химия, 2018, 304 с.
2. Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев Н.Д. Производство соды// М.: Химия, переизд. 2013, С.309-311.
3. Получение гидрокарбоната натрия. Патент США № 3780160. 1973.
4. Получение карбоната натрия из неочищенной природной троны. Патент США № 3028215. 1962.
5. Clagelt Robert F. Soda ash on He move «Class», 1981, V. 58, №11, P. 399-404.
6. Получение соды из троны. Патент США № 3245755. 1966.
7. Получение кальцинированной соды. Патент США № 3084026. 1963.
8. Белик А.Я., Заир-Бек И. Обзорная информация. Сер. Содовая промышленность, М. НИИТЭХИМ, 2010, С.31-34.
9. Медведев И.И. Разработка технологии получения минеральной добавки на основе побочных карбонатных отходов содового производства// Харьков, ПО «Химпром», 1979.С.35-39.

References

1. Krasheninnikov S.A. Tehnologija sody, M. Himija, 2018, 304 s.
2. Zajcev I.D., Tkach G.A., Stoev N.D. Proizvodstvo sody// M.: Himija, pereizd. 2013, C.309-311.
3. Poluchenie gidrokarbonata natrija. Patent SShA № 3780160. 1973.
4. Poluchenie karbonata natrija iz neochishhennoj prirodnoj trony. Patent SShA № 3028215. 1962.
5. Clagelt Robert F. Soda ash on He move «Class», 1981, V. 58, №11, R. 399-404.
6. Poluchenie sody iz trony. Patent SShA № 3245755. 1966.
7. Poluchenie kal'cinirovannoj sody. Patent SShA № 3084026. 1963.
8. Belik A.Ja., Zair-Bek I. Obzornaja informacija. Ser. Sodovaja promyshlennost', M. NIITJeHIM, 2010, S.31-34.
9. Medvedev I.I. Razrabotka tehnologii poluchenija mineral'noj dobavki na osnove pobochnyh karbonatnyh othodov sodovogo proizvodstva// Har'kov, PO «Himprom», 1979.C.35-39.

А. А. Анарбаев, Б. Н. Кабылбекова, Ж. А. Анарбаев, Д.Р. Махамидали*

д. т. н., профессор, altyn1956@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

д. т. н., доцент, bekki_7@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

старший научный сотрудник, janzh201@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистр, mux-x@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ НАТРИЕВОГО СУЛЬФАТА НАТРИЯ В КАЛЬЦИНИРОВАННУЮ СОДУ

Аннотация

Производство соды в мире базируется на четырех основных способах ее получения: аммиачный (из хлорида натрия), из природной соды, из нефелинов и карбонизацией гидроксида натрия. Аммиачный способ (Сольве) получения соды продолжает оставаться основным методом, и удельный вес его составляет от 65 до 70%. Определены запасы природного сульфата натрия и исследован химический состав сырья. В процессе проведения исследования получения кальцинированной соды из природного сульфата натрия с использованием углеродсодержащего материала методом плавления определены основные параметры: температура 1000°C, время 45 минут, степень перехода 98,9% и показано возможность получения соды. Сульфат натрия и карбонат кальция, смешивая вместе с углеродом, сплавляют в интервале данных температур и времени. Расход кокса во всех экспериментах составил 104%.

Ключевые слова: пищевая сода, хлорид натрия, сульфат натрия, карбонат кальция, газ.

A.A. Anarbayev, B.N. Kabylbekova, Zh.A. Anarbayev, D.R. Makhamidali*

Doctor of Technical Sciences, Professor, altyn1956@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, bekki_7@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Senior Researcher, janzh201@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Master's degree, mux-x@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

INVESTIGATION OF METHODS FOR PROCESSING SODIUM SULFATE INTO SODA ASH

Abstract

Soda production in the world is based on four main methods of its production: ammonia (from sodium chloride), natural soda, nepheline and sodium hydroxide carbonization. Ammonia method (Solvay) of soda continues to be the main method, and its share is from 65 to 70%. The reserves of natural sodium sulfate were determined and the chemical composition of raw materials was investigated. In the process of conducting a study of the production of soda ash from natural sodium sulfate using a carbonaceous material by melting, the main parameters of the temperature of 1000°C, the time of 45 minutes, the degree of transition of 98.9% and the possibility of obtaining soda are determined. Sodium sulfate and calcium carbonate, mixing together with carbon, fused in the range of these temperatures and times. Coke consumption in all experiments was 104%.

Key words: baking soda, sodium chloride, sodium sulfate, calcium carbonate, gas.