

# БОР ШИКІЗАТЫН ҚЫШҚЫЛДЫҚ ЫДЫРАТУ

Орындаған: Есжан А.Н.

## ӨЗЕКТІЛІГІ

Өндіріс нәтижесінде алынған элементтік бор мен оның қосылыстары халық шаруашылығының көптеген салаларында, соның ішінде химия, жеңіл, ағаш, металл өңдеу, машина жасау, құрылыс материалдары өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Бірақ бүгінгі күнде бор кен орындарының көпшілігі жабылған және құрамындағы бордың мөлшері азайған. Сондықтан құрамында бор оксиді аз бор шикізаттарын өңдеудің тиімді әдістерін табу бүгінгі күннің өзекті мәселесі болып табылады.

## МАҚСАТЫ

Боркұрамды шикізат - данбуритті күкірт, тұз, сірке қышқылдарымен өңдеу арқылы құрамынан пайдалы компоненттерді бөліп алу, ыдырау үдерісінің оптимальды параметрлерін таңдау және кен өңдеудің технологиялық негіздерін орнату.

## МІНДЕТІ

- 1) Данбуритті кеннің химиялық және минералогиялық құрамын талдау;
- 2) Данбуритті күкірт, тұз және сірке қышқылдарымен өңдеу нәтижесінде алынған негізгі өнім бор қышқылының шығымын және кальций, магний, сульфат иондарының және бор оксидінің мөлшерлерін анықтау;
- 3) Данбуритті күкірт, тұз, сірке қышқылдармен өңдеу үдерісіне күйдіргенге дейін және одан кейін жағдайда ыдырату факторларының әсерлерін құрамынан пайдалы компоненттерді таңдамалы бөліп алу мақсатында рентгенфазалық талдау нәтижелерінің негізінде зерттеу;
- 4) Данбуритті күкірт, тұз және сірке қышқылдармен өңдеудің принципіалды сызбанұсқасын талдау.

## ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ

Данбуриткұрамды шикізат.

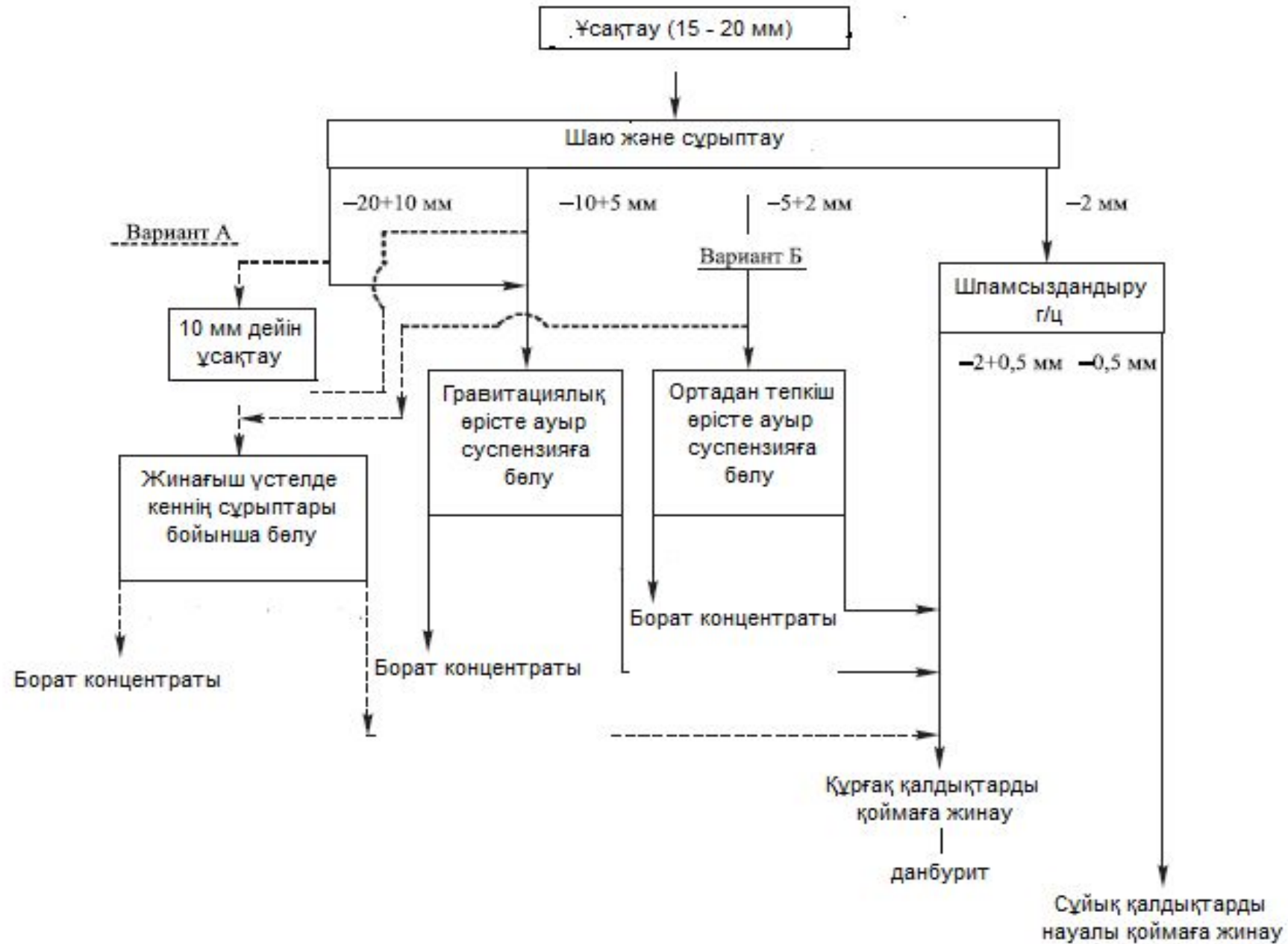
# Шалқар кен орны бор-калийлі кендерінің минералогиялық құрамы

| Атауы                                                                                           | Үлесі, %                                        | Пішіні                                                                             | Өлшемі, мм                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Галит NaCl                                                                                      | 47                                              | Призма тәрізді                                                                     | 0,1 – 10                              |
| Карналлит $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$                                            | 9                                               | Бұрыс формадағы кесектер                                                           | 0,05 – 0,2                            |
| Сильвин KCl                                                                                     | 8                                               | Бұрыс формадағы кесек,<br>түйіршік                                                 | 0,5 – 10                              |
| Бораттар, оның ішінде:                                                                          | 15                                              | Жылтыр кристалл                                                                    | 20 – 200 мкм                          |
| Борацит $\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$                                           | 10                                              | Бұрыс формадағы кесек,                                                             | 0,1 – 10                              |
| Гидроборацит                                                                                    | 3                                               | кристалдар                                                                         | 0,4 – 0,6                             |
| Басқа бораттар                                                                                  | 2                                               |                                                                                    |                                       |
| Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$                                                | 9                                               | Тақташа кристалдар                                                                 | 0,1 – 10                              |
| Силикаттар, құрамында: борсиликат -<br>данбурит борхлоридтер: эрикаит,<br>кургантаит, хилгардит | 7<br>Жеке кристалдар<br>Үгінді және қиыршық ізі | Құм кесектер<br>Призма тәрізді<br>Ұсақ қиыршық, бұрыс<br>формадағы кристалл, кесек | 0,01 – 0,6<br>0,1 – 0,6<br>0,01 – 0,1 |
| Ангидрит $\text{CaSO}_4$                                                                        | 4                                               | Тақташа кристалдар не құм<br>кесектер                                              | 0,1 – 2                               |
| Эпсомит $\text{MgSO}_4$                                                                         | 3                                               | Талшық тәрізді кристалдар                                                          | 0,1 – 0,2                             |
| Магнезит $\text{MgCO}_3$                                                                        | Жеке кристалдар                                 | Түйіршік не ұсақ кристалдар                                                        | 0,01 – 0,2                            |
| Целестин $\text{SrSO}_4$                                                                        | Үгінді іздері                                   | Призма тәрізді                                                                     | 0,01 – 0,2                            |

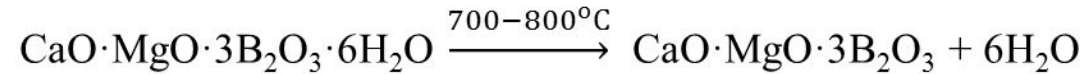
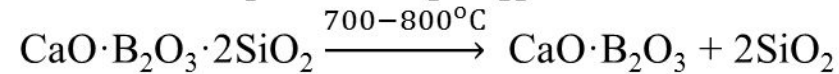
# Шалқар кен орны бор-калий кендері үлгілерінің химиялық құрамы

| Компонент                           | Ылғал химиялық талдау бойынша | Рентген-флюоросцентті талдау бойынша | Бор-калийлі кен үлгісінің құжат мәліметтері бойынша |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| SiO <sub>2</sub>                    | <0,1                          | 1,4                                  | 5                                                   |
| TiO <sub>2</sub>                    | -                             | 0,02                                 | -                                                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 0,21                          | 0,48                                 | -                                                   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | <0,21                         | 0,19                                 | -                                                   |
| MnO                                 | -                             | 0,004                                | -                                                   |
| MgO (жалпы)                         | 4,2                           | 33,7                                 | -                                                   |
| MgO (сулы ерітіндідегі)             | 2,1                           | -                                    | -                                                   |
| CaO (жалпы)                         | 7,1                           | 6,72                                 | -                                                   |
| CaO (сулы ерітіндідегі)             | 3,08                          | -                                    | -                                                   |
| SO <sub>3</sub> (жалпы)             | 9,27                          | 13,3                                 | -                                                   |
| SO <sub>3</sub> (сулы ерітіндідегі) | 3,98                          | -                                    | -                                                   |
| Na <sub>2</sub> O                   | 32,7                          | -                                    | -                                                   |
| K <sub>2</sub> O                    | 4,98                          | 4,08                                 | 3,95                                                |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>       | -                             | 0,05                                 | -                                                   |
| Cl (жалпы)                          | 37,4                          | -                                    | -                                                   |
| Cl (сулы ерітіндідегі)              | 28,77                         | -                                    | -                                                   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>       | 7,36                          | -                                    | 7,57                                                |
| H.O. (сулы ерітіндідегі)            | 22,4; 19,1                    | -                                    | 14,84                                               |
| H.O. (қышқыл ерітіндідегі)          | 1,0                           | -                                    | -                                                   |
| Sr                                  | -                             | -                                    | -                                                   |
| Басқалары                           | 6,6                           | 0,05                                 | -                                                   |

# Шалқар кен орны бор-калийлі кендерін байытудың принципиалды сызбанұсқасы



Алдын ала данбуритті күйдіру кезінде келесі химиялық реакциялар жүреді:



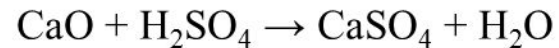
950–980°C-та күйдіру кальций дибораты мен силикатының түзілумен жүреді:



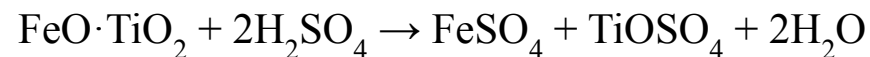
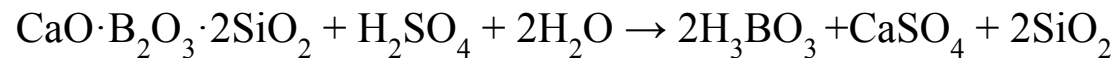
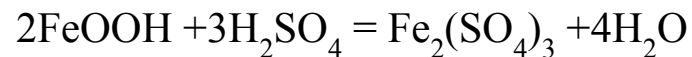
Данбурит құрамындағы кальцит 950–980°C-та кальций оксиді мен көмірқышқыл газын түзе отырып ыдырайды:



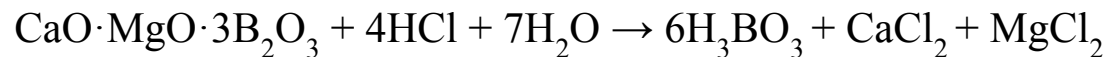
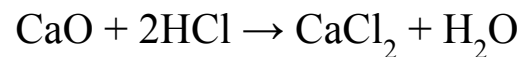
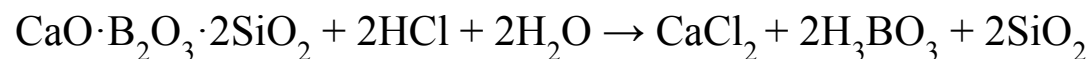
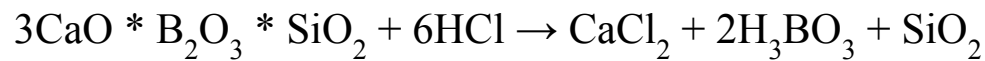
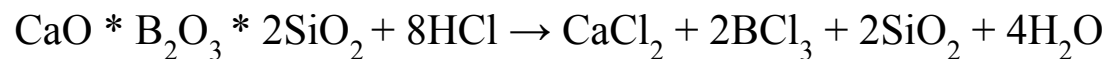
Түзілген кальций оксиді данбуритті термиялық ыдырату өнімдері – кальций дибораты және кремний оксидімен дикальций бораты  $2\text{CaO} * \text{B}_2\text{O}_3$  және кальций силикатын түзе отырып әрекеттеседі. Ары қарай данбурит толық күкірт қышқылымен ыдыратылады:



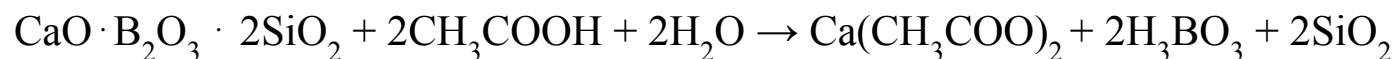
Күкірт қышқылымен данбуритті ыдырату кезінде келесі реакциялар жүреді:



Тұз қышқылымен данбуритті ыдырату әдісінің басқа әдістерден ерекшелігі үдеріс нәтижесінде түзілетін қалдықтар өте аз болады. Кальций хлориді ерітіндіде қалып, кремний екіоксиді тұнбаға бөлініп, таза ортобор қышқылы мен бор хлориді алынады. Оны келесі химиялық реакциялардан көруге болады:

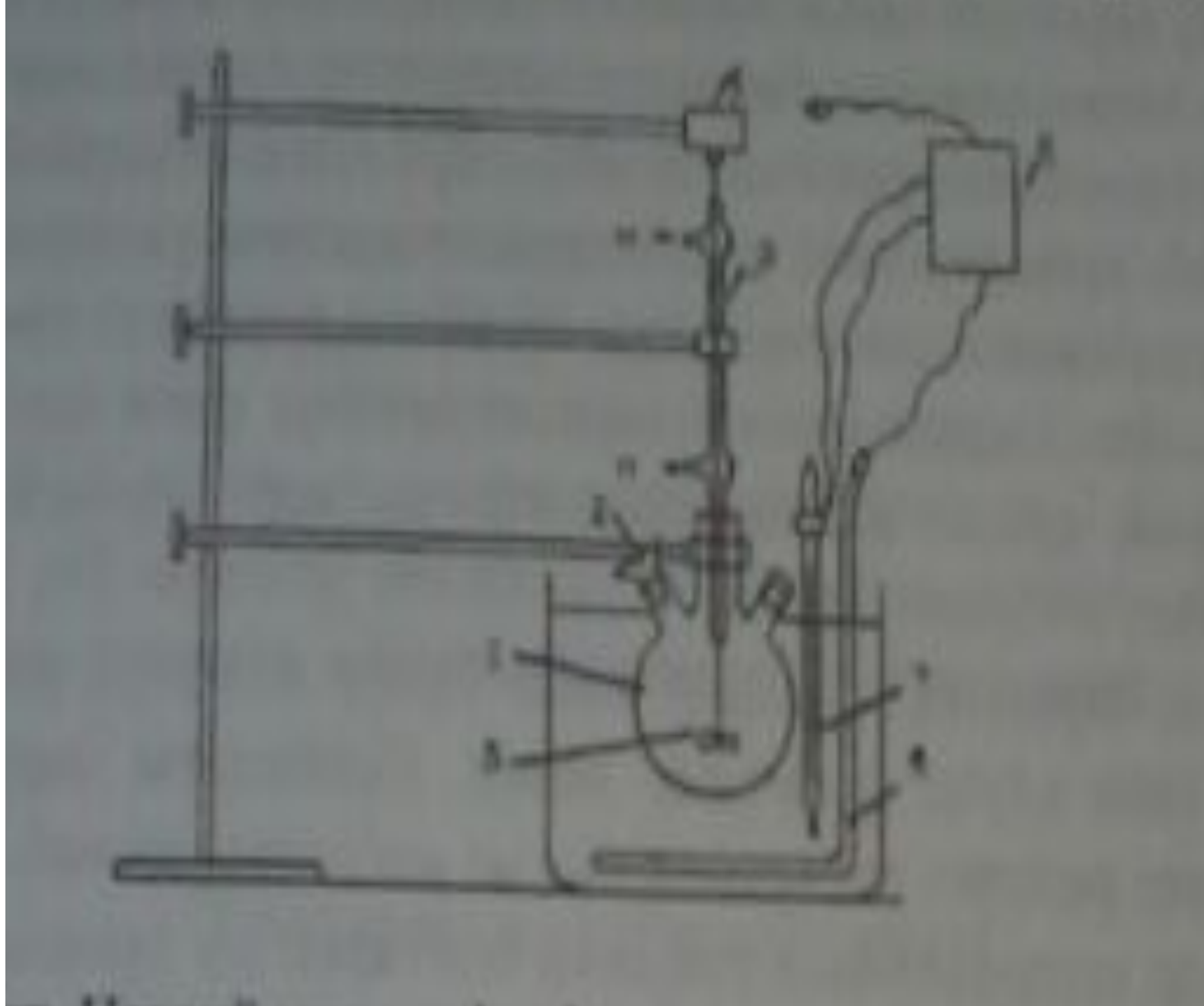


Данбуритті сірке қышқылымен ыдыратудың ерекшелігі – пайдалы компоненттерді бөліп алудың таңдамалығы. Сірке қышқылы кремний екіоксидімен әрекеттеспей, кальциймен ацетат түзе ерітіндіге өтеді де, кристалгидрат түзеді. Бор қышқылының тұнбасы таза күйінде бөлінеді:



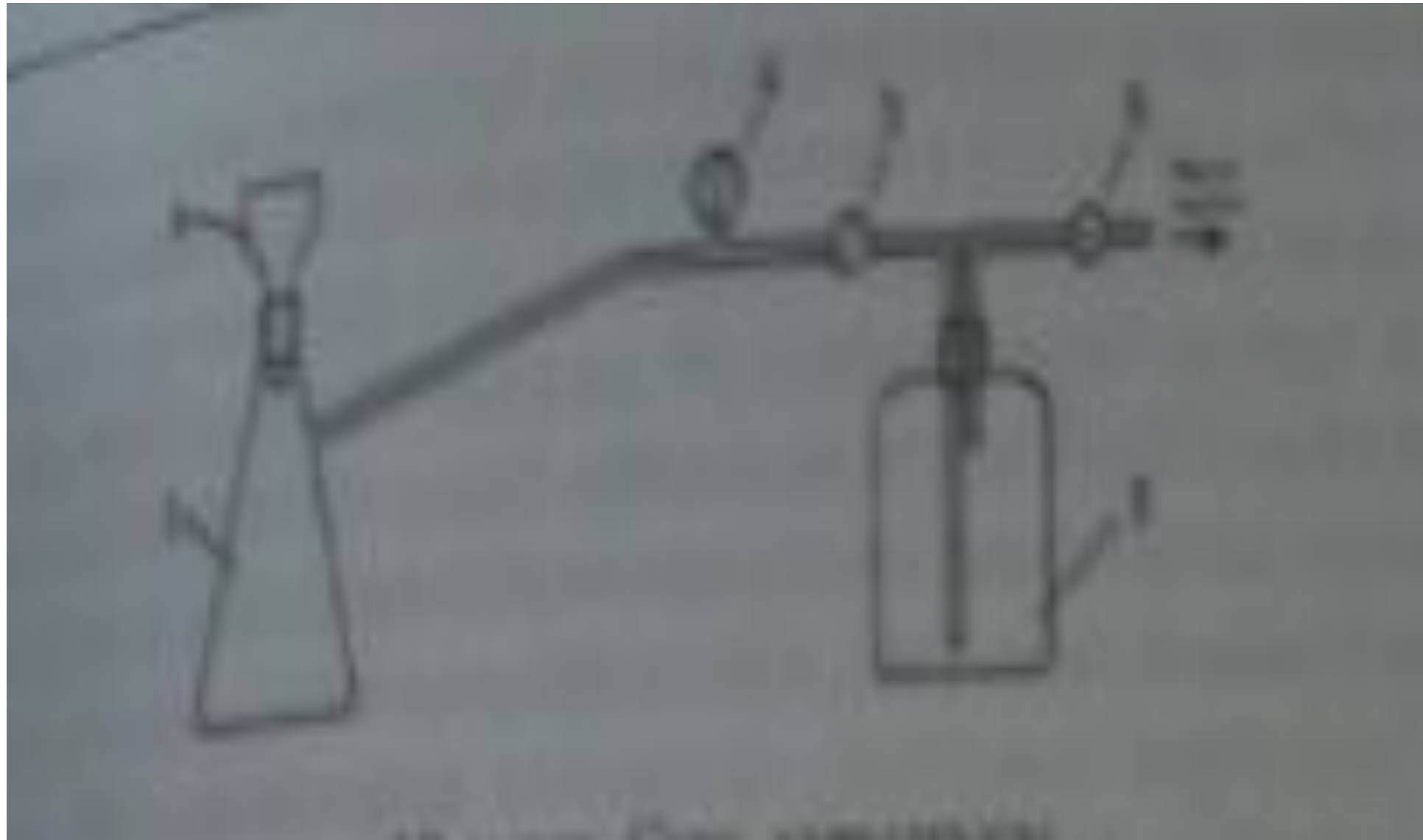
# Данбуритті ыдыратуға арналған зертханалық қондырғы

- 1 — колба;
- 2 — құйғы;
- 3 — кері тоңазытқыш;
- 4 — электрмотор;
- 5 — араластырғыш;
- 6 — қыздырғыш;
- 7 — байланыстырушы термометр;
- 8 — реле;



# Сүзу құрылғысы

- 1 – Бунзен колбасы;
- 2 – вакуумметр;
- 3 – шүмектер;
- 4 – Бюхнер құйғысы;
- 5 – буферлі кеңістік.



## ӨНІМ ШЫҒЫМЫН АНЫҚТАУ

1) Күйдірілмеген данбуритті күкірт қышқылымен ыдырату нәтижесінде:

$$m(\text{данбурит}) = 5 \text{ г}; m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 1,96 \text{ г}$$

$$w = (1,96 / 5) * 100 \% = 39,2 \%$$

2) Алдын ала күйдірілген данбуритті күкірт қышқылымен ыдырату нәтижесінде:

$$m(\text{данбурит}) = 5,43 \text{ г}; m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 3,61 \text{ г}$$

$$w = (3,85 / 5,43) * 100 \% = 70,90 \%$$

3) Күйдірілмеген данбуритті тұз қышқылымен ыдырату нәтижесінде:

$$m(\text{данбурит}) = 5 \text{ г}; m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 2,6 \text{ г}$$

$$w = (2,6 / 5) * 100 \% = 52 \%$$

4) Алдын ала күйдірілген данбуритті тұз қышқылымен ыдырату нәтижесінде:

$$m(\text{данбурит}) = 5,25 \text{ г}; m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 4,58 \text{ г}$$

$$w = (4,58 / 5,25) * 100 \% = 87,24 \%$$

5) Күйдірілмеген данбуритті сірке қышқылымен ыдырату нәтижесінде:

$$m(\text{данбурит}) = 5 \text{ г}; m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 2,91 \text{ г}$$

$$w = (2,91 / 5) * 100 \% = 58,2 \%$$

6) Алдын ала күйдірілген данбуритті сірке қышқылымен ыдырату нәтижесінде:

$$m(\text{данбурит}) = 5,14 \text{ г}; m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 4,7 \text{ г}$$

$$w = (4,7 / 5,14) * 100 \% = 91,44 \%$$

## Бор, кальций, магний, сульфат-иондарын анықтау

1) Борды анықтау:

$$B_2O_3 \% = \frac{0,1 \text{ н} * 5,8 \text{ мл} * 10 \text{ мл} * \frac{1}{6} * 70 \text{ г/моль} * 100}{5,8 \text{ мл} * 5 \text{ г} * 1000} = 1,17 \%$$

2) Кальций ионын анықтау:

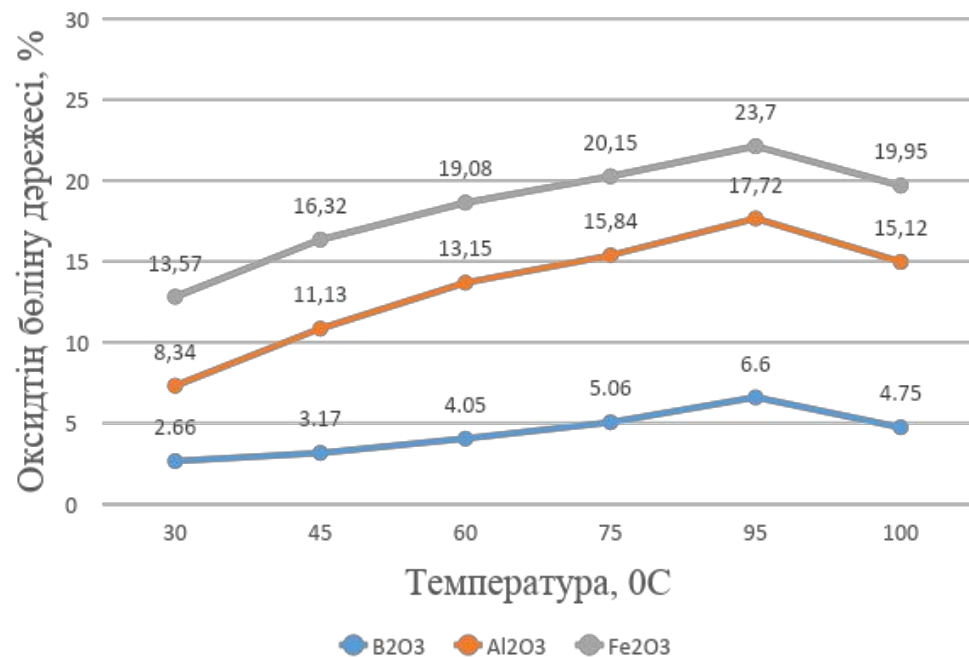
$$Ca^{2+} = \frac{40 * 5 \text{ мл} * 0,1 \text{ н} * 100}{10 \text{ мл} * 1000} = 2,2 \text{ моль/л}$$

3) Магний ионын анықтау:

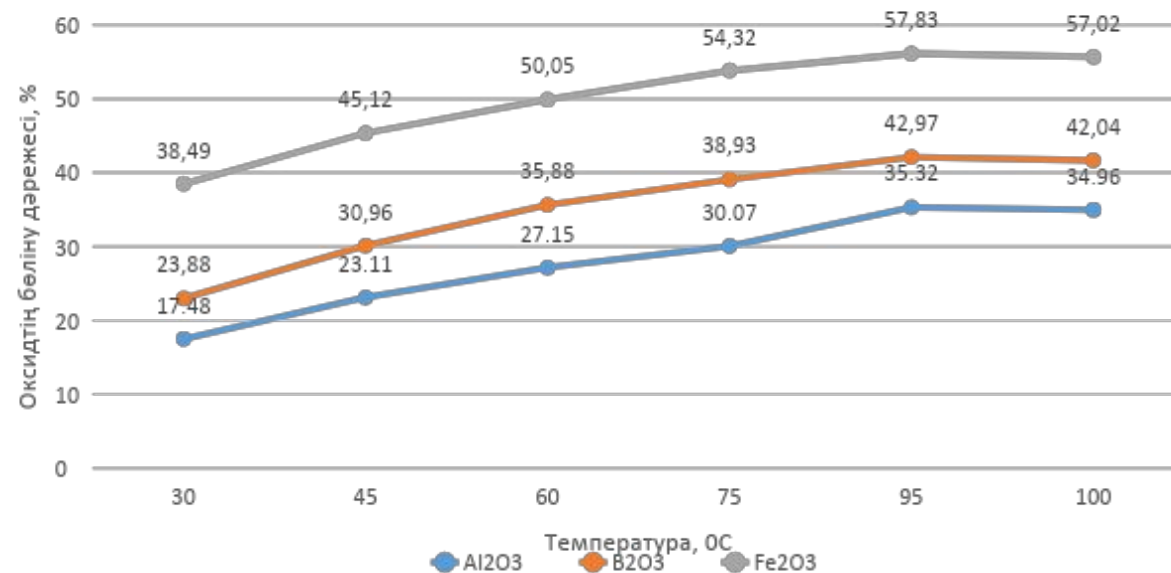
$$Mg^{2+} = \frac{24 * (6,4 - 5,8) \text{ мл} * 0,1 \text{ н} * 100}{10 \text{ мл} * 1000} = 0.0144 \text{ моль/л}$$

4) Сульфат иондарын анықтау:

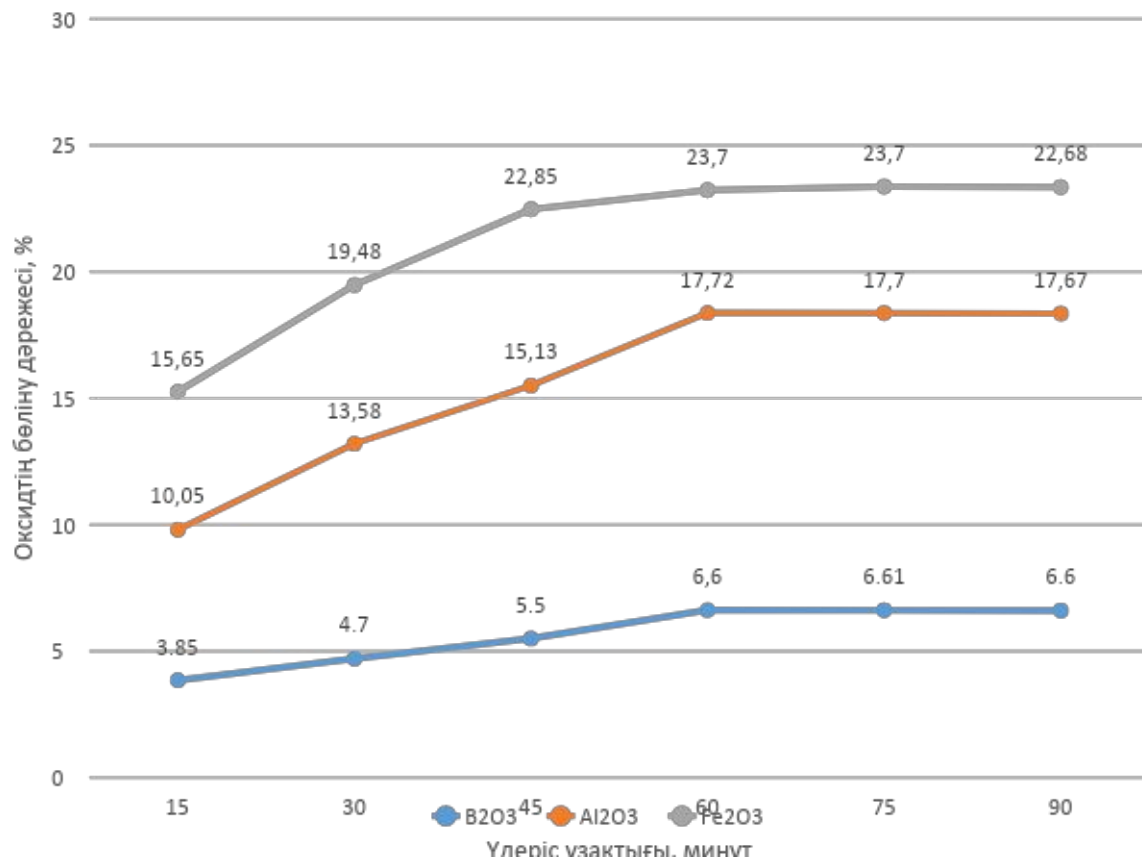
$$SO_4^{2-} = \frac{1 * 0,4116 * 1000}{100} = 4,16 \text{ г/мл}$$



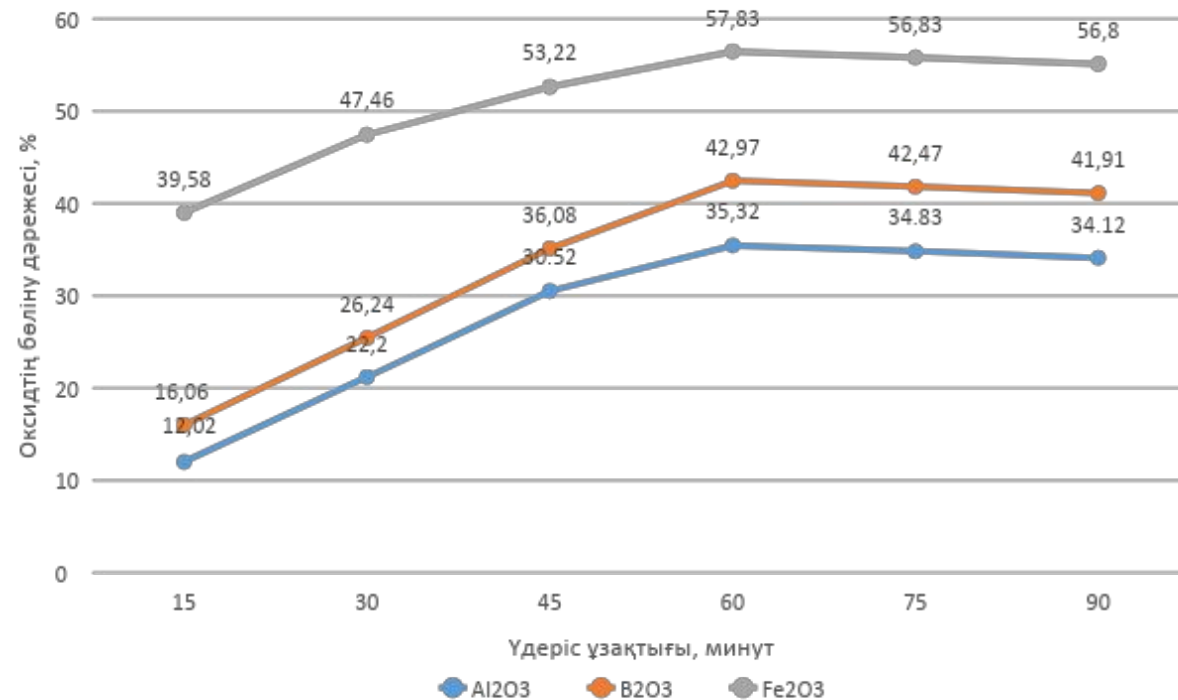
3.1-сурет. Күйдірілмеген данбуритті күкірт қышқылымен ыдырату нәтижесінде оксидтердің бөліну дәрежелерінің ыдырау температураларына тәуелділігі



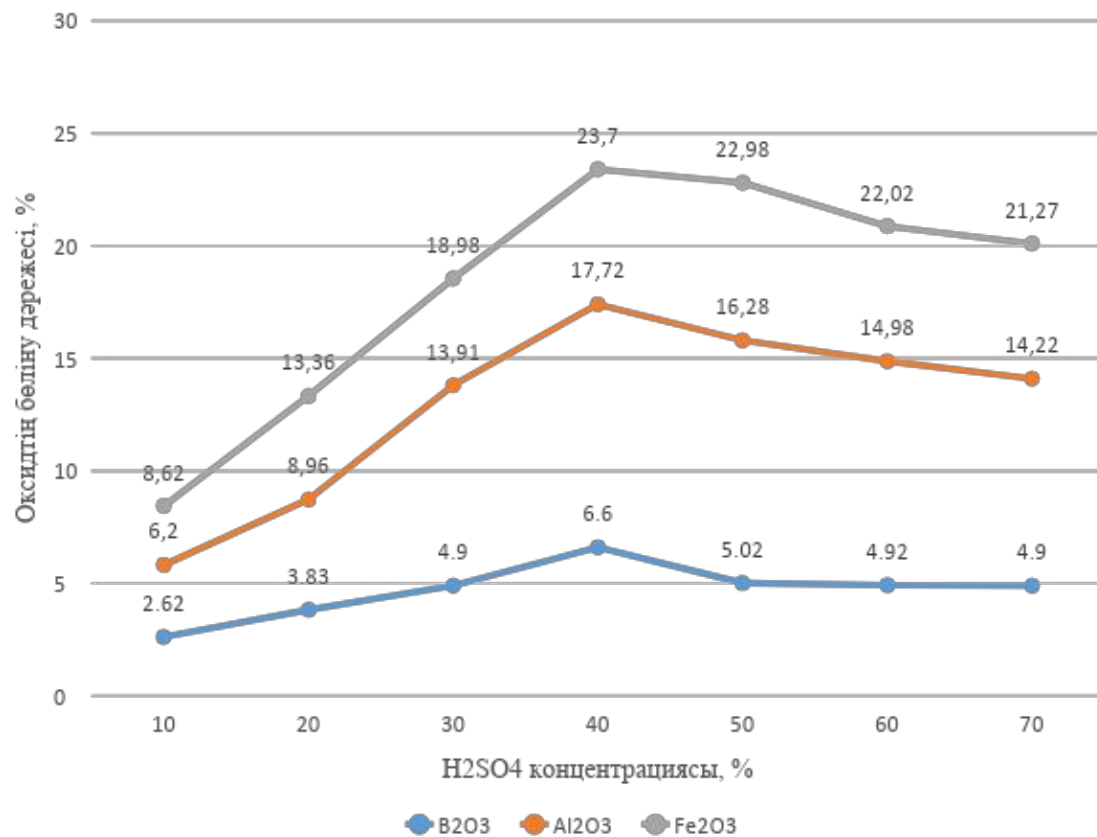
3.1-сурет. Күйдірілген данбуритті күкірт қышқылымен ыдырату нәтижесінде оксидтердің бөліну дәрежелерінің ыдырау температураларына тәуелділігі



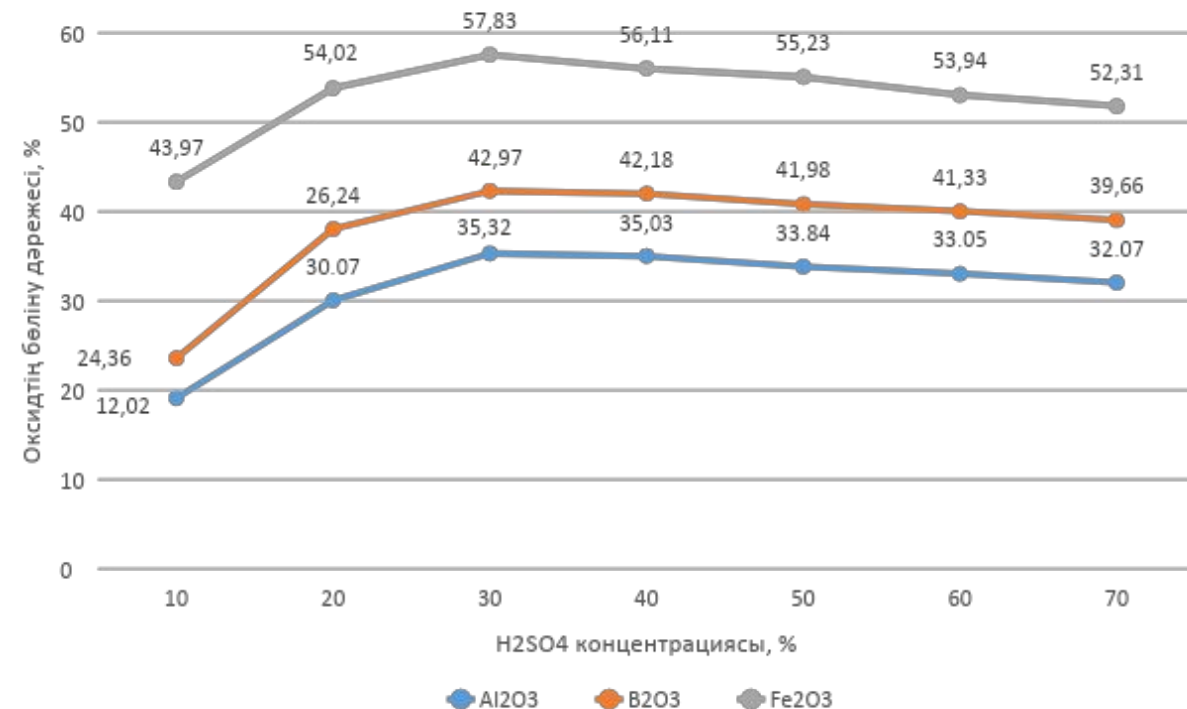
3.2-сурет. Күйдірілмеген данбуритті күкірт қышқылымен ыдырату нәтижесінде оксидтердің бөліну дәрежелерінің ыдырау үдерісінің ұзақтығына тәуелділігі



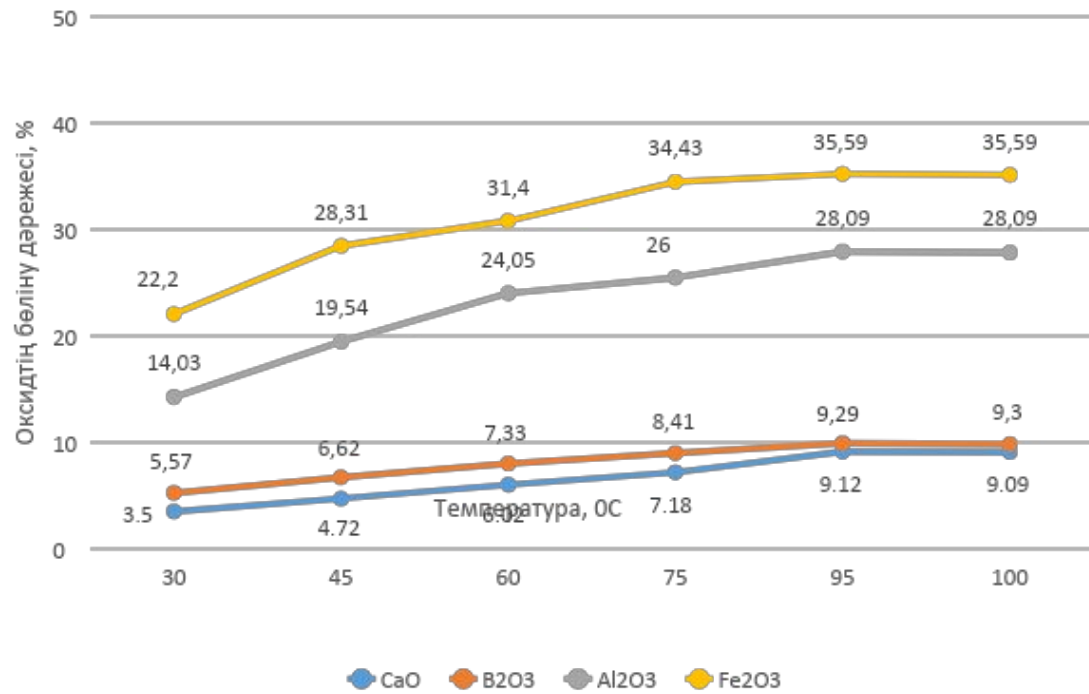
3.2-сурет. Күйдірілген данбуритті күкірт қышқылымен ыдырату нәтижесінде оксидтердің бөліну дәрежелерінің ыдырау үдерісінің ұзақтығына тәуелділігі



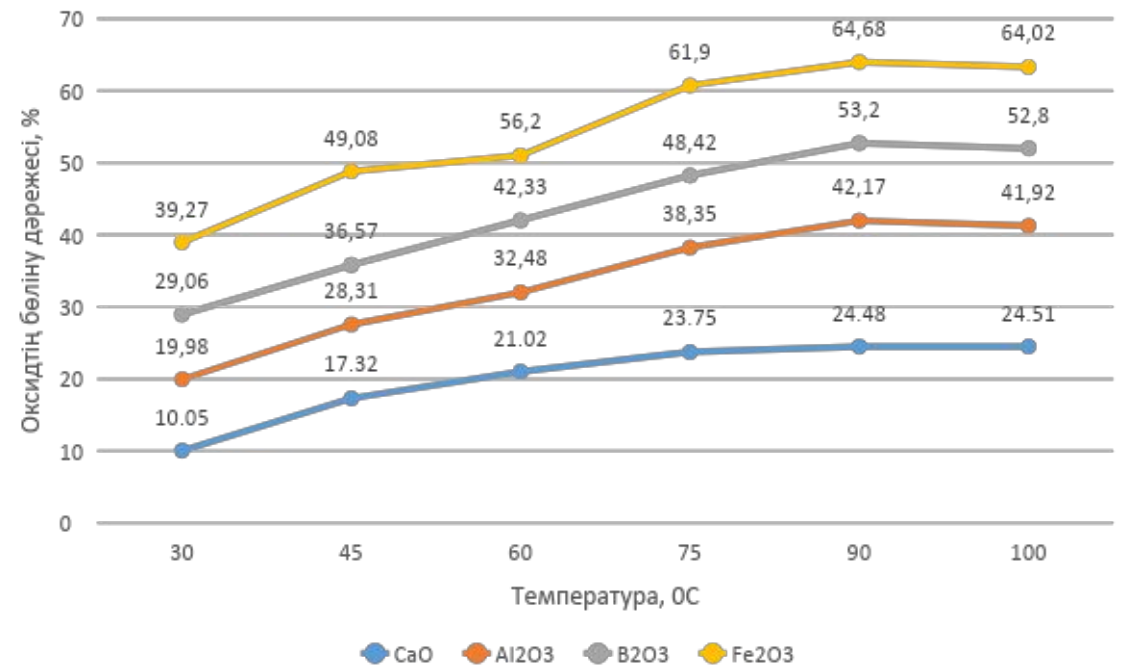
3.3-сурет. Күйдірілмеген данбуриттің ыдырау дәрежелерінің күкірт қышқылының концентрациясына тәуелділігі



3.3-сурет. Күйдірілген данбуриттің ыдырау дәрежелерінің күкірт қышқылының концентрациясына тәуелділігі



а)

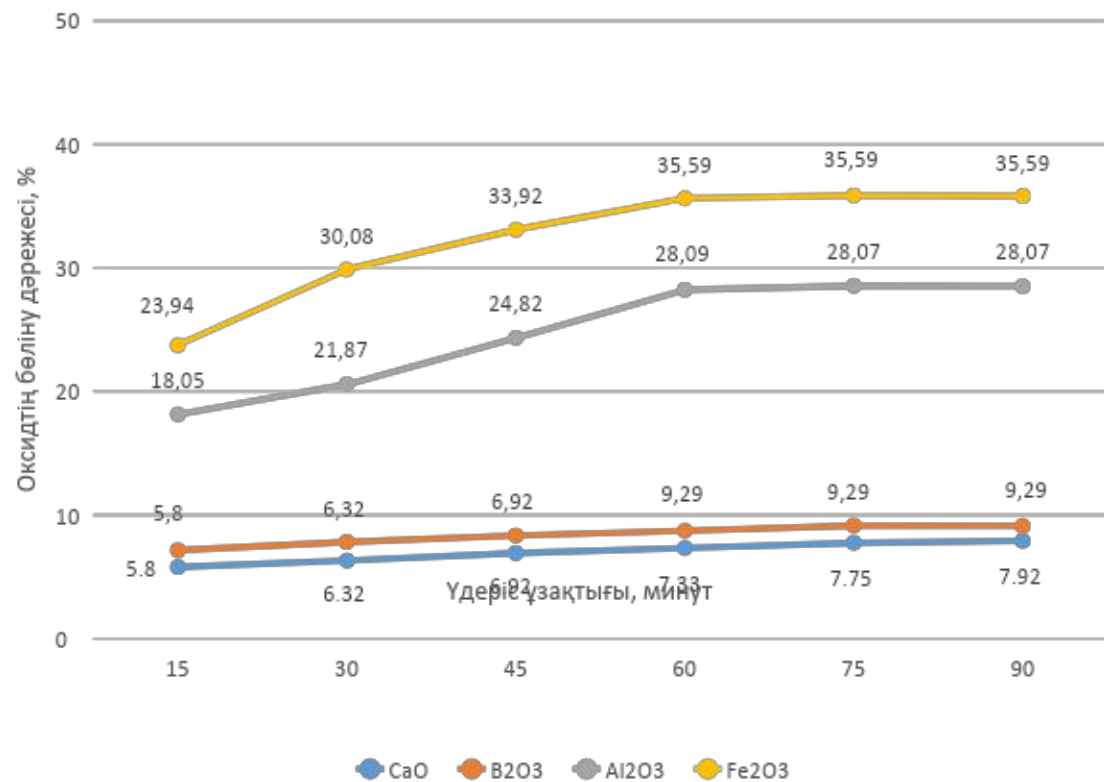


б)

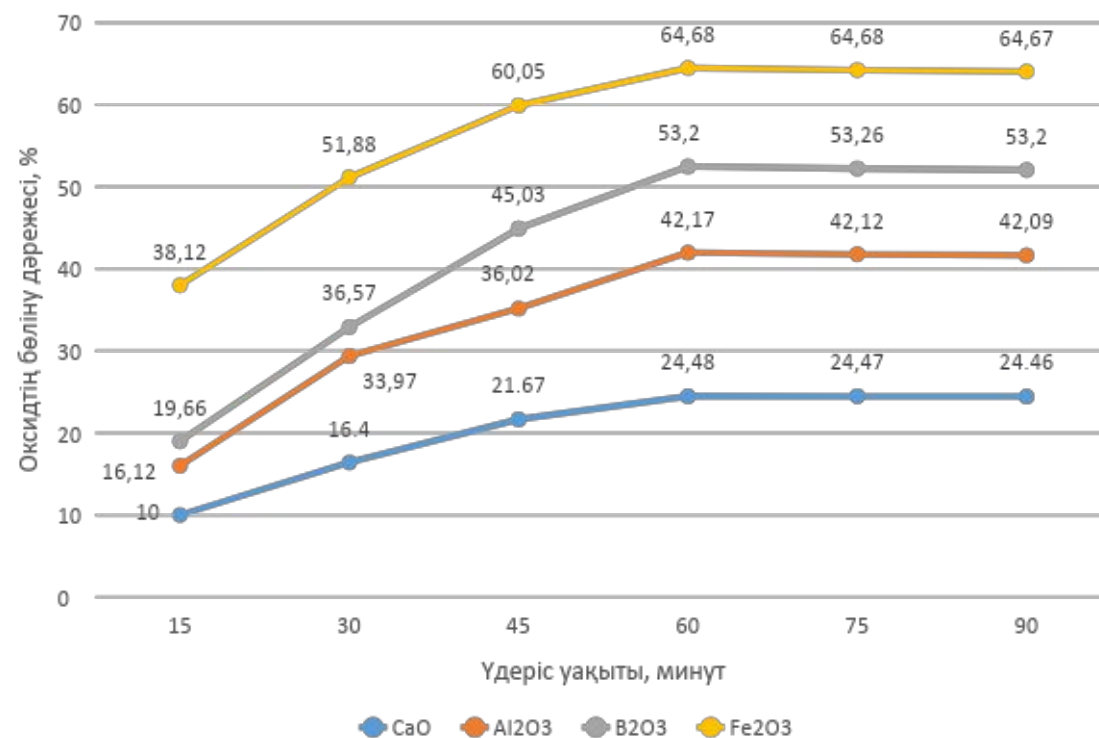
Данбуритті тұз қышқылымен ыдырату нәтижесінде оксидтердің бөліну дәрежелерінің ыдырау температураларына тәуелділігі

а) күйдірілмеген данбурит;

б) күйдірілген данбурит



а)

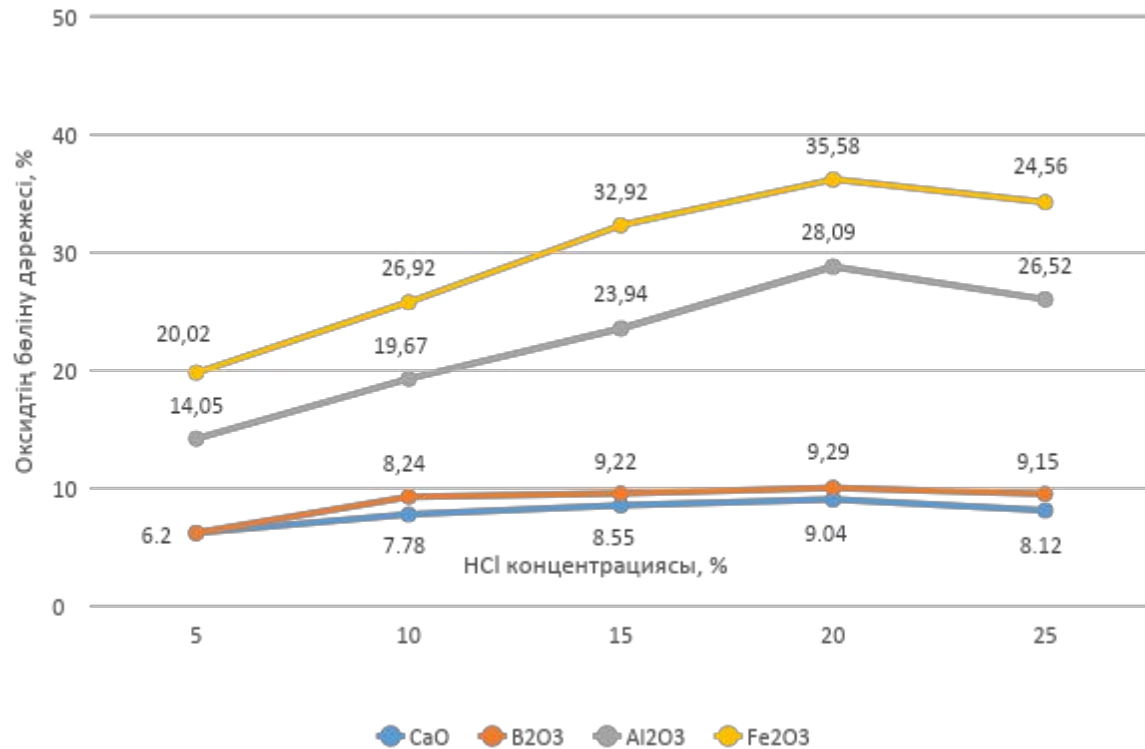


б)

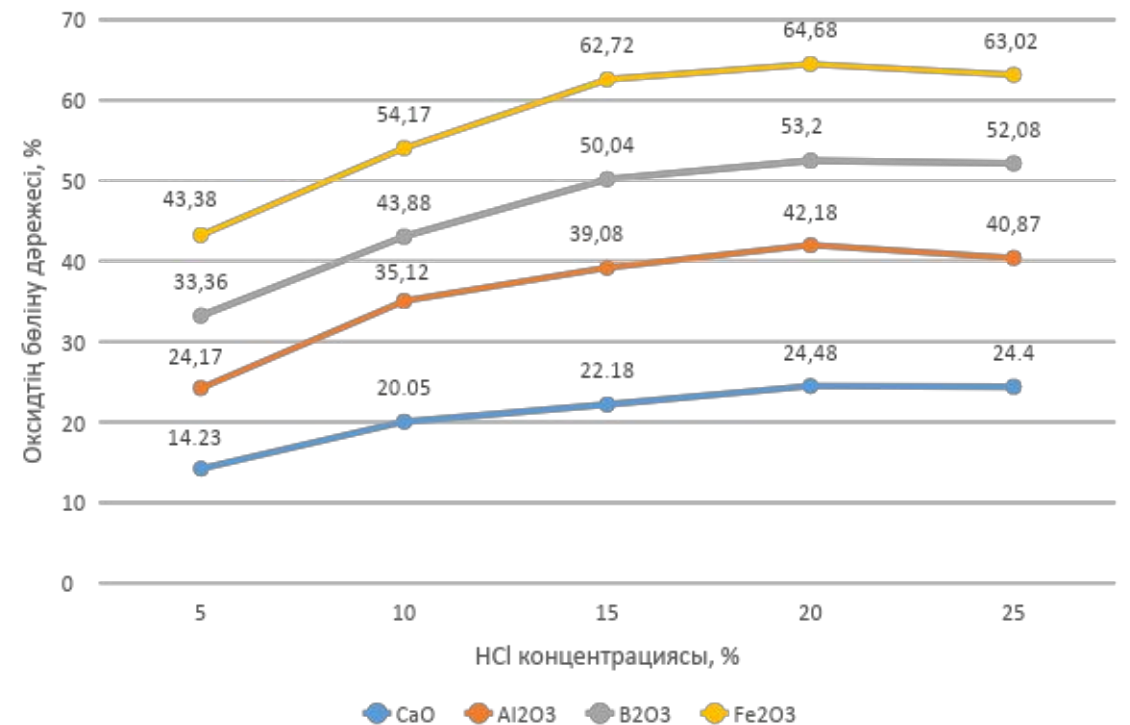
Данбуритті тұз қышқылымен ыдырату нәтижесінде оксидтердің бөліну дәрежелерінің ыдырау үдерісінің ұзақтығына тәуелділігі

а) күйдірілмеген данбурит;

б) күйдірілген данбурит



а)

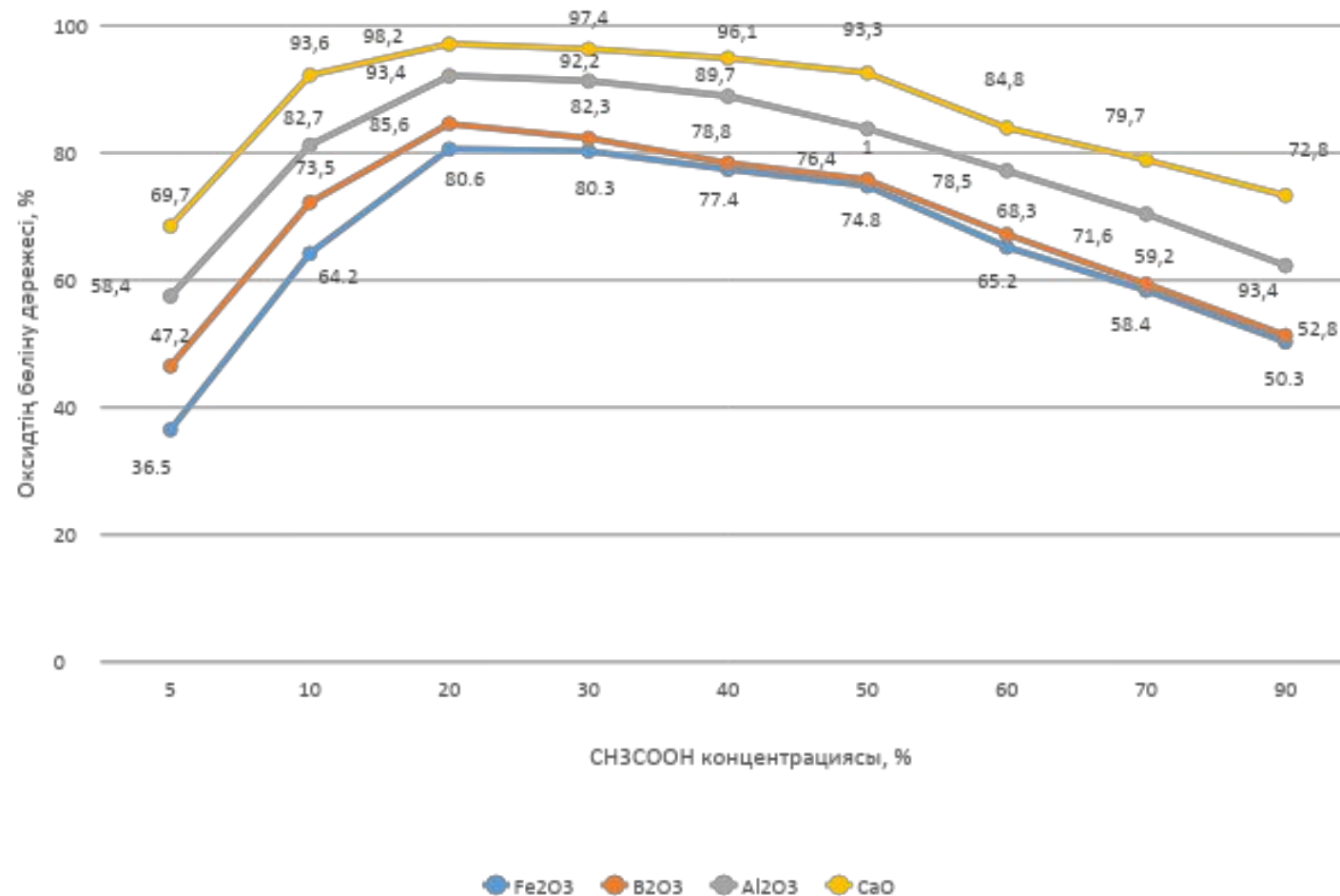


б)

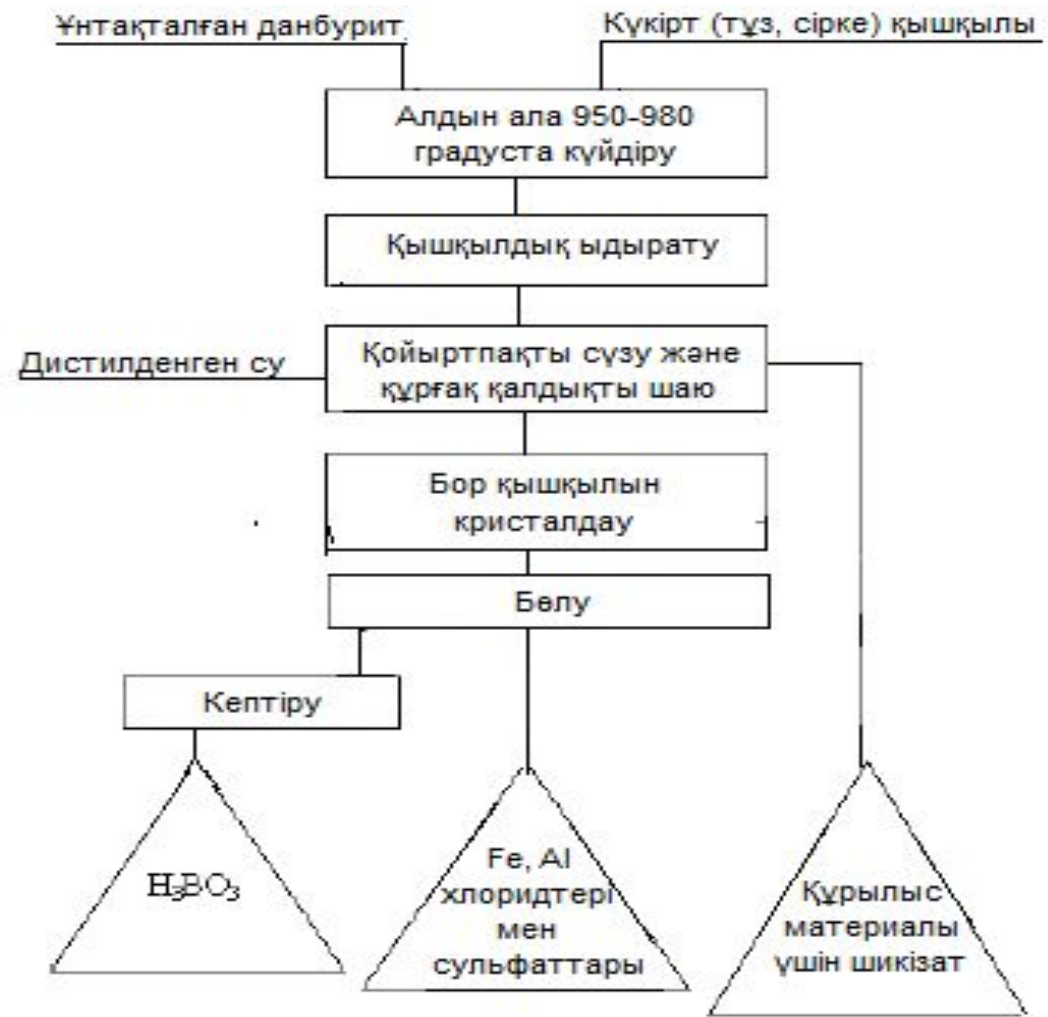
Данбуритті тұз қышқылымен ыдырату нәтижесінде оксидтердің бөліну дәрежелерінің ыдырау үдерісінің ұзақтығына тәуелділігі

а) күйдірілмеген данбурит;

б) күйдірілген данбурит



Данбуритті сірке қышқылымен ыдырату нәтижесінде оксидтердің бөліну дәрежелерінің  
CH<sub>3</sub>COOH концентрациясына тәуелділігі



Данбуритті қышқылдық өңдеудің принципіалды сызбанұсқасы

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дүниежүзінде, оның ішінде Қазақстанда сирек және басқа қоспа кен минералдарымен бірге кездесетін борқұрамды шикізат – данбуритті органикалық және минералды қышқылдармен термиялық өңдеу арқылы ыдыратып, жаңа бор шикізатын өндіру, өңдеу Шалқар кен орнындағы бор-калийлі кендердің табиғатына, құрылымдық, физика-химиялық, кен өндіру және өңдеудің технологиялық ерекшеліктеріне байланысты тұжырымдалды.

1) Алдын ала күйдірілмеген және күйдірілген данбуритті қышқылдық өңдеу нәтижесінде шыққан негізгі өнім – бор қышқылының шығымы есептелді:

Күкірт қышқылымен өңдеу нәтижесінде:  $w = 39,2 \%$ ;  $w = 70,90 \%$ .

Тұз қышқылымен өңдеу нәтижесінде:  $w = 52 \%$ ;  $w = 87,24 \%$ .

Сірке қышқылымен өңдеу нәтижесінде:  $w = 58,2 \%$ ;  $w = 91,44 \%$ .

2) Алынған өнімдер құрамындағы бор, кальций, магний, сульфат иондары мөлшерлері анықталды:

$\omega(B_2O_3) = 1,17 \%$ ;  $C_{Ca^{2+}} = 2$  моль/л;  $C_{Mg^{2+}} = 0,0144$  моль/л;  $C_{SO_4^{2-}} = 1,16$  г/мл

3) Күйдірілген және күйдірілмеген данбуритті қышқылдық өңдеу нәтижесінде шыққан пайдалы компоненттердің үлесі және ыдырату ұзақтығы, температурасы мен қышқыл концентрациясының қышқылдық өңдеу үдересіне әсері рентгенфазалық талдау нәтижелерінен анықталды. Данбуритті алдын-ала күйдіру мен минералды (күкірт, тұз) және органикалық (сірке) қышқылдармен ыдырату үдерістерінің оптимальды параметрлері орнатылды:

- ыдырау ұзақтығы – 60; 60; 45 минут.
- ыдырату температурасы – 95 °C; 95 °C; 60 °C.
- қышқыл концентрациясы – 40 (30); 20 %; 20 %.
- қышқыл мөлшері – стехиометриялық қатынастан 140–150 %;
- термиялық өңдеу ұзақтығы – 50–60 минут;
- термиялық өңдеу температурасы – 950–980 °C.

4) Шалқар кен орны бор-калийлі кендерін және борқұрамды шикізат – данбуритті қышқылдық өңдеудің принципиялды сызбанұсқасы жасалды.