UDC 543.3; 553.6.
SCOPUS CODE 1305
https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-1-47-54

სახარე ტბის ფსკერზე დალექილი მარილებიდან უწყლო ნატრიუმის სულფატის მიღების შესწავლა ექსპერიმენტის მათემატიკური დაგეგმვის გზით

თამარ ნასუაშვილი ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: tamara2903@gmail.com

ლერი გვასალია ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: lerigv@hotmail.com

რეცენზენტები:

ზ. გელიაშვილი, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: z.geliashvili@gtu.ge

ს. გალუმოვა, შპს „გამა“. სამეცნიერო-კვლევითი ფირმა “გამას” საგამოცდო ლაბორატორიის ქიმიკოსი, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: s.galumova@gmail.com

ანოტაცია. აზამბურის ჯგუფის მირაბილიტის საბადოზე, კერძოდ სახარე ტბაზე ჩატარებულმა კვლევამ საშუალება მოგვცა, უწყლო ნატრიუმის სულფატის მიღების მიზნით, მათემატიკური გზით, დაგვეგეგმა ექსპერიმენტული კვლევები და გამოგვეთვალა პროცესის თეორიული გამოსავალი.

ამისათვის შეირჩა საოპტიმიზაციო პარამეტრი და მასზე მოქმედი ფაქტორები, რომელთა გათვალისწინებით დაიგეგმა და ჩატარდა ექსპერიმენტები. ექსპერიმენტებით მიღებული შედეგების სანდოობა შემოწმდა ფიშერის, კოხრენისა და სტიუდენტის კრიტერიუმებით და შედგა პროცესის მათემატიკური მოდელი. აღნიშნული მოდელი თითოეული ცდისთვის შემოწმდა ადეკვატურობაზე.

მას შემდეგ, რაც შესაბამისმა გამოთვლებმა დაადასტურა მოდელის ადეკვატურობა, განხორციელდა პროცესის ოპტიმიზაცია და შეირჩა ის პარამეტრები, რომლებიც უზრუნველყოფს პროცესის მაქსიმალურ გამოსავალს.

საკვანძო სიტყვები: მირაბილიტი; მანგანუმის ქლორიდი; ნატრიუმის სულფატი; ოპტიმიზაცია; ფაქტორები.

შესავალი

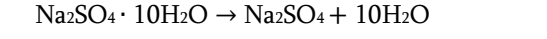
როგორც ცნობილია, საქართველოში, საგარეჯოს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე არის აზამბურის ჯგუფის მლაშე ტბები (მათ შორის მნიშვნელოვანია სახარე ტბა), რომლებიც მირაბილიტის საბადოზეა განთავსებული. აღნიშნულ საბადოში ნატრიუმის სულფატის დიდი მარაგია და საჭიროა მათი ათვისება, რაც ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებას სასიკეთოდ წაადგება.

უწყლო ნატრიუმის სულფატის მიღების მიზნით, სახარე ტბაზე ჩატარებულმა სეზონურმა დაკვირვებამ, ასევე ტბის წყლისა და ტბის ფსკერზე დალექილი მარილის ქიმიურმა კვლევამ საშუალება მოგვცა დაგვეგეგმა ექსპერიმენტული კვლევები, რათა მათემატიკური მოდელირების მეშვეობით გამოგვეთვალა გამოლექვის თეორიული გამოსავალი.

ჩატარებულ დაკვირვებებსა და ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ კლიმატური და ჰიდროლოგიური ფაქტორები განსაზღვრავს მარილიანი ტბების წყლის ჰიდროქიმიურ რეჟიმს. ტემპერატურის ცვლილება გავლენას ახდენს ტბაში წყლის დონეზე, წყალში გახსნილი მარილების კონცენტრაციაზე, მარილების გამოკრისტალების ან, პირიქით, მათი გახსნის პროცესებზე.

ტბის ფსკერზე დალექილი მარილის ქიმიური კვლევის მიხედვით, ყველა სინჯი შეიცავს წყალში უხსნარ მინარევებს და მათი შემცველობა დაახლოებით 10 - 15 % ფარგლებში იცვლება. ამავე სინჯებში ნატრიუმისა და სულფატის იონების რაოდენობა მნიშვნელოვნად აღემატება ჩვენ მიერ გამოკვლეული სხვა იონების რაოდენობას და დაახლოებით 78–83 % ფარგლებშია, ხოლო დაახლოებით 3–5 % მოდის სხვა ხსნად მარილებზე, რომელთაგან მაგნიუმის ქლორიდი სჭარბობს [1].

როგორც ლიტერატურული წყაროებიდან არის ცნობილი [2,3,4], ნატრიუმის სულფატის წყალში ხსნადობა 20 ^{0}C ტემპერატურაზე 16,3 %-ს, ხოლო 100 ^{0}C-ზე 29,7 %-ს შეადგენს. 32,4 ^{0}C-ზე ნატრიუმის სულფატის შემცველი ხსნარიდან გამოკრისტალდება უწყლო ნატრიუმის სულფატი. აქვე გასათვალისწინებელია ისიც, რომ 32,4 ^{0}C-ზე დაბალ ტემპერატურაზე ხსნარიდან მირაბილიტი გამოილექება, რომელიც სწორედ 32,4 ^{0}C-ზე იწყებს ლღობას და იშლება ნატრიუმის სულფატად და წყლად:



$$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + 10H_2O$$

ჩატარებული კვლევების მიზანი იყო, მირაბილიტის ზემოაღნიშნული თვისებების გათვალისწინებით, მისი შემცველი ხსნარიდან, გამოკრისტალების მეთოდით, მიგვეღო უწყლო ნატრიუმის სულფატი და პროცესის ოპტიმალური პირობები დაგვედგინა.

ძირითადი ნაწილი

მათემატიკური მეთოდით, ექსპერიმენტის დაგეგმვის მიზნით, თავდაპირველად შეირჩა საოპტიმიზაციო პარამეტრი (Y % – ნატრიუმის სულფატის გამოლექვის ხარისხი) და მასზე მოქმედი ფაქტორები (X_1 – ტემპერატურა ^{0}C; X_2 – მირაბილიტის კონცენტრაცია (C_1-გ/ლ); X_3 – მაგნიუმის ქლორიდის კონცენტრაცია (C_2-გ/ლ)).

საოპტიმიზაციო პარამეტრი დამოკიდებულია ფაქტორებზე და ეს დამოკიდებულება გამოისახება ტეილორის პოლინომით, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს [5]:

$$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+\cdots+b_nX_n+b_{12}X_1X_2+\cdots$$
$$+b_{(n-1)n}X_{n-1}X_n+b_{12}X_2^2+\cdots+b_{nm}X_n^2. \quad (1)$$

რაც უფრო მეტია წევრთა რაოდენობა პოლინომში, მით უფრო ზუსტად აღწერს იგი პროცესს, მაგრამ რთულდება განტოლების ამოხსნა, ამიტომ კმაყოფილდებიან განტოლების წრფივი ნაწილით, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს:

$$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+\cdots+b_nX_n+b_{12}X_1X_2+\cdots+b_{(n-1)n}X_{n-1}X_n. \quad (2)$$

მიღებული არასრული კვადრატული (რეგრესიის) განტოლებაა. b_0, b_1,…, b_n სიმბოლოები ცალკეული ფაქტორების კოეფიციენტებია, ხოლო b_{12},…, $b_{(n-1)n}$ – ფაქტორების ერთდროული ზემოქმედების. მათი გამოთვლით და (2) განტოლებაში ჩასმით ვღებულობთ პროცესის მათემატიკური მოდელს.

პროცესის მათემატიკური მოდელი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ფაქტორების გავლენა საოპტიმიზაციო პარამეტრებზე და მოიძებნოს პროცესის ოპტიმიზაციის გზა.

ჩვენს შემთხვევაში პროცესის მიმდინარეობაზე მოქმედი ფაქტორების რაოდენობა k=3. ექსპერიმენტების მათემატიკური დაგეგმვისთვის ჩასატარებელი ცდების რაოდენობა გამოითვლება ფორმულით:

$$N=2^k=2^3=8$$

ჩატარებული ცდების გეგმის ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია 1-ელ ცხრილში, ხოლო ექსპერიმენტების დაგეგმვის მატრიცა – მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 1

ჩატარებული ცდების გეგმის ძირითადი მახასიათებლები

ფაქტორები	X_1 – t ^{0}C	X_2 - C_1, გ/ლ	X_3 - C_2 გ/ლ
ძირითადი დონე	30	200	5
ვარირების	5	20	0.5
ინტერვალი	35	220	5,5
ცხრილში			
ზედა დონე	25	180	4.5
ქვედა დონე			

შენიშვნა. ცხრილში წარმოდგენილი ძირითადი დონის პარამეტრები აღებულია წინასწარი სასინჯი ცდებით.

ცხრილი 2

ექსპერიმენტის დაგეგმვის მატრიცა

ცდის №	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Y_1	YY_2	$\bar{Y}$	S_i^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	40.35	40.05	40,2	0,045
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	46.15	46.5	46,325	0,06125
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	45.95	46.15	46,05	0,02
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	50.95	50.10	50,525	0,36125
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	40.7	42.6	41,65	1,805
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	45.35	46.3	45,975	0,78125
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	43.25	44.3	43,775	0,55125
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	42.4	42.6	42,5	0,02

რადგან ბუნებრივი მარილების შემცველ ხსნარებში არ გვქონდა შესაძლებლობა, წინასწარ განსაზღვრული გეგმის მიხედვით, შეგვეცვალა ნატრიუმის სულფატისა და მაგნიუმის ქლორიდის კონცენტრაციების თანაფარდობა, ცდების ჩასატარებლად გამოყენებულ იქნა ქიმიურად სუფთა ნატრიუმის სულფატის და მაგნიუმის ქლორიდის ბაზაზე დამზადებული მოდელური მარილხსნარები.

მე-2 ცხრილის პირველ სვეტში წარმოდგენილია ცდების ნომრები, ხოლო 2–9 სვეტებში – საოპტიმიზაციო პარამეტრებზე მოქმედი ფაქტორები და მათი ნამრავლები. ამ სვეტებში პროცესზე მოქმედი ფაქტორები შეტანილია კოდირებული ცვლადების სახით: +1 აღნიშნავს ზედა დონეს, ხოლო –1 – ქვედა დონეს; მე-10 და მე-11 სვეტებში – ძირითადი და პარალელური ცდების შედეგები (%); მე-12 სვეტში – პარალელური ცდების საშუალო მნიშვნელობები (%).

პირველ რიგში განისაზღვრა პარალელური ცდების ცდომილებები

$$S_i^2=\frac{1}{m-1}\sum(Y_{iu}-Y_i)^2,$$

სადაც m=2 პარალელური ცდების რაოდენობაა. პირველი ცდისთვის ცდომილება იქნება:

$$S_i^2=\frac{1}{2-1}(40{,}35-40{,}2)^2+(40{,}05-40{,}2)^2=0{,}045.$$

ანალოგიურად გამოითვლება ცდომილებები დანარჩენ ცდებში. შედეგები წარმოდგენილია მე-2 ცხრილის მე-13 სვეტში.

იმის შესამოწმებლად, არის თუ არა ცდომილება ყველა ცდაში, დასაშვებ ზღვრებში ვიყენებთ კოხრენის კრიტერიუმს, რომლის საანგარიშო მნიშვნელობა განისაზღვრა ტოლობით:

$$G_s=\frac{maxS_i^2}{\sum S_i^2},$$

სადაც $maxS_i^2$ ცდომილების მაქსიმალური მნიშვნელობაა, რომელიც 1,805-ის ტოლია; $\sum S_i^2$ – მიღებული ცდომილებების ჯამი და 3,645-ის ტოლია.

ამ მონაცემების გათვალისწინებით, კოხრენის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობა იქნება:

$$G_s=\frac{1{,}805}{3{,}645}=0.495199.$$

მიღებული რიცხვი შევადარეთ კოხრენის კრიტერიუმის ცხრილურ მნიშვნელობებს [5], რომელიც ჩვენ შემთხვევაში იქნება: Gt=0.679. ვინაიდან დაცულია Gs<Gt პირობა, ითვლება, რომ ცდომილება დასაშვებ ზღვრებშია.

შემდეგ გამოვთვალეთ ყველა ცდის ცდომილება, რომელიც რეალიზებულია მატრიცაში:

$$S^2_{\{y_i\}}=\frac{\sum S_i^2}{f}=\frac{3{,}645}{8}=0.455625.$$

პროცესის მათემატიკური მოდელის (2) გამოსაყვანად გამოვთვალეთ განტოლების კოეფიციენტები $b_0, b_1, b_3, \cdots, b_0$ ფორმულით:

$$b_0=\frac{1}{N}\sum\bar{Y}_i,$$

ხოლო დანარჩენი კოეფიციენტები

$$b_i=\frac{1}{N}\sum X_{ji}\bar{Y}_i.$$

ზემოთ მოცემულ ფორმულებში შესაბამისი მონაცემების შეტანით მივიღებთ: b_0 = 44,625; b_1 = 1,70625; b_2 = 1,0875; b_3 = -1,15; b_4 = -0,90625; b_5 = -0,94375; b_6 = -1,425; b_7 = -0,49375.

ამ მნიშვნელობების რეგრესიის განტოლებაში შეტანით გვექნება:

$$Y= 44{,}625 + 1{,}70625X_1 + 1{,}0875X_2 - 1{,}15X_3 - 0{,}90625X_1X_2 - 0{,}94375X_1X_3 - 1{,}425X_2X_3 - 0{,}49375X_1X_2X_3.$$

რეგრესიის განტოლების კოეფიციენტები შეფასდა t_{∞}, სტიუდენტის კრიტერიუმით, რომლის თეო-

რიული (ცხრილური) მნიშვნელობა [5], ჩვენს შემთხვევაში, 3,36 ტოლია. სტიუდენტის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობის გამოსათვლელად ჯერ განისაზღვრება:

$$S^2_{\{b_i\}}=\frac{S^2_{\{y_i\}}}{Nm}=\frac{0,455625}{8\cdot 2}=0,028477,$$

აქედან $S_{\{bi\}}=\sqrt{S^2_{\{b_i\}}}=\sqrt{0.028477}=0.16875.$

სტიუდენტის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობები ყველა კოეფიციენტისათვის განისაზღვრება ფორმულით:

$$t_i=\frac{|b_i|}{S_{\{bi\}}},$$

სადაც bi კოეფიციენტების აბსოლუტური მნიშვნელობებია და აღნიშნულ ფორმულაში შესაბამისი მონაცემების შეტანით მივიღებთ: t_0=264,44; t_1=10,11; t_2=6,44; t_3=6,81; t_{12}=5,37; t_{13}=5,59; t_{23}=8,44; t_{123}=2,92.

მიღებული კოეფიციენტებიდან სტიუდენტის კრიტერიუმს აღემატება 7 კოეფიციენტი, ხოლო ერთი კოეფიციენტი მასზე ნაკლებია. ის კოეფიციენტები, რომლებიც ზემოაღნიშნულ კრიტერიუმს აღემატება მნიშვნელოვან კოეფიციენტად ფასდება და შეიტანება შემდგომ გაანგარიშებებში, ხოლო, რომელიც ნაკლებია – გამოირიცხება.

საბოლოოდ, პროცესის მათემატიკურ მოდელს ექნება შემდეგი სახე:

$$Y= 44,625 + 1,70625X_1 + 1,0875X_2 - 1,15X_3 - 0,90625X_1X_2 - 0,94375X_1X_3 - 1,425X_2X_3.$$

აღნიშნული მოდელი ადეკვატურობაზე შემოწმდა, ყველა ცდისთვის, შემდეგი განტოლებით:

$$S^2_{ad}=\frac{\sum(\bar{Y}_i-\hat{Y}_i)^2}{N-d},$$

სადაც d მნიშვნელოვან კოეფიციენტთა რიცხვია და 7-ის ტოლია, ხოლო $\hat{Y}_i$ განისაზღვრა რეგრესიის განტოლებაში X_1, X_2, X_3, X_1X_2, X_1X_3 და X_2X_3 კოდირებული მნიშვნელობების შეტანით.

შედეგად მივიღეთ: $\hat{Y}_1$=39,70625; $\hat{Y}_2$=46,81875; $\hat{Y}_3$=46,5438; $\hat{Y}_4$=50,0313; $\hat{Y}_5$=42,1438; $\hat{Y}_6$=45,4813; $\hat{Y}_7$=43,28125; $\hat{Y}_8$=42,99375.

მიღებული მონაცემებით ჯერ გამოთვალეს ადეკვატურობის დისპერსიის მნიშვნელობა:

$$S^2_{ad}=\frac{\sum(\bar{Y}_i-\hat{Y}_i)^2}{N-d},$$

სადაც d მნიშვნელოვან კოეფიციენტთა რიცხვია, $\hat{Y}_i$ – მიღებული განტოლებით გამოთვლილი Y-ის მნიშვნელობები – S^2_{ad}=1,950313, ხოლო შემდეგ ფიშერის კრიტერიუმი

$$F_s=\frac{S^2_{ad}}{S^2_{\{y_i\}}}=4,280521.$$

გაანგარიშებით მიღებული ფიშერის კრიტერიუმი ნაკლებია ფიშერის კრიტერიუმის ცხრილურ [5] მნიშვნელობაზე, რომელიც მოცემული პირობებისთვის 11,3-ის ტოლია. აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჩვენ მიერ მიღებული მათემატიკური მოდელი ადეკვატურად აღწერს საკვლევ პროცესს.

პროცესის ოპტიმიზაცია განვახორციელეთ სწრაფი აღმასვლის მეთოდით {6}. ამ მიზნით გამოითვალა ფაქტორების ახალი ბიჯები (Δt=1, ΔC_1=2; ΔC_2=-0.05) და დაიგეგმა ცდები, რომელიც წარმოდგენილია მე-3 ცხრილში. ცხრილის პირველ სვეტში მოცემულია ვარირების ინტერვალი, ფაქტორების დონეები და ცდების ნომრები; მე-2–4 სვეტებში – საოპტიმიზაციო პარამეტრებზე მოქმედი ფაქტორები, მე-9 ცდაში – ცდებისთვის შერჩეული ძირითადი დონეები, რომელიც მოცემულია 1-ელ ცხრილში. ცდების რეალიზაციის შედეგები წარმოდგენილია მე-3 ცხრილის მე-5 სვეტში.

ცხრილი 3

საოპტიმიზაციო ცდების პარამეტრები და მიღებული შედეგები

ვარირების ინტერვალი და ფაქტორების დონე	X_1	X_2	X_3	Y (%)
1	2	3	4	5
ძირითადი დონე	30	200	5	
ვარირების ინტერვალი	5	20	0.5	
რეგრესიის კოფიციენტი, b_i				
ნამრავლი, $\varphi i=b_i\Delta X_i$	1,70625	1,0875	-1.15	
ფარდობა, $\beta=\frac{\Delta X_3^*}{b_3}=0.1$	8,53125	21,75	-0,575	
ბიჯი, $\Delta X_i^*=0.1\varphi i$	1	2	-0,05	
ცდები 9	30	200	5	47,0
10	31	202	4,95	48,6
11	32	204	4,9	54,2
12	33	206	4,85	52,09
13	34	208	4,8	47,58

დასკვნა

როგორც ვხედავთ, მაქსიმალური გამოსავალი მიღებულია მე-11 ცდაზე, რომლის შესაბამისი პარამეტრებია: t=32 ^{0}C; C_1=204 გ/ლ და C_2=4,9 გ/ლ და სწორედ ისინია პროცესის ოპტიმალური პარამეტრები.

ამრიგად, ტემპერატურის 32 გრადუსამდე გაზრდით მცირდება ხსნარიდან მირაბილიტის გამოკრისტალება და იზრდება უწყლო ნატრიუმის სულფატის გამოლექვა, ხოლო ტემპერატურის 32 გრადუსზე ზემოთ გაზრდით გამოლექილი ნატრიუმის სულფატი გახსნას იწყებს და პროცესის გამოსავალი მცირდება. ამასთან, ყველა შემთხვევაში, ხსნარში მირაბილიტის კონცენტრაციის გაზრდით და მანგანუმის ქლორიდის კონცენტრაციის შემცირებით პროცესის გამოსავალი იზრდება.

ლიტერატურა

1. Eristavi, D., Pomerantseva, N., Chilingarashvili, T. (1956). Proceedings of the Kirov State Polytechnic Institute. From the funds protected by the LEPL National Mineral Agency. (In Georgian);
2. Pozin, M. (1974). Technology of mineral salts (fertilizers, pesticides, industrial salts, oxides and acids. Leningrad: *Chemistry.* (In Russian);
3. Shiheeva, L., Zyryanov, V. (1978). Sodium sulfate Properties and production. Leningrad: *Chemistry.* (In Russian);
4. Matusevich, N. (1968). Crystallization from Solutions in the Chemical Industry. Moscow: *Chemistry.* (In Russian);
5. Sautin, N. (1957). Experiment planning in chemistry and chemical technology. Leningrad: *Chemistry.* (In Russian);
6. Zedginidze, I. (1969). Optimization of the technological process. *Science.* (In Georgian).

UDC 543.3; 553.6.
SCOPUS CODE 1305
https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-1-47-54

Study of the Production of Anhydrous Sodium Sulfate From Salts Deposited at the Bottom of Lake Sakhare by Mathematical Planning of the Experiment

Tamar Nasuashvili Department of Chemical and Biological Technologies, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str.
E-mail: tamara2903@gmail.com

Leri Gvasalia Department of Chemical and Biological Technologies, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str.
E-mail: lerigv@hotmail.com

Reviewers:

Z. Geliashvili, Candidate of Chemical Sciences, Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: z.geliashvili@gtu.ge

S. Galumova, Candidate of Chemical Sciences, Chemist of the Research Laboratory Gamma LLC
E-mail: s.galumova@gmail.com

Abstract. The study of the Mirabilith deposit of the Azambur group, namely Lake Sakhare, allowed us to plan the experiment by mathematical planning of the experiment in order to obtain anhydrous sodium sulfate, conduct experimental studies and calculate a theoretical solution of the reaction.

To do this, we selected the optimization parameter and the factors affecting it, according to which experiments were planned and conducted.

The validity of the results obtained in the experiments was tested according to the criteria of Fischer, Kohren and Stiudent. After that a mathematical model of processes was chosen. This model was tested for adequacy of each experiment.

After the relevant calculations confirmed the adequacy of the model, process optimization was carried out and parameters were selected to ensure the maximum solution of the reaction.

Keywords: factors; Mirabilite; manganese chloride; optimization; sodium sulfate.

UDC 543.3; 553.6.
SCOPUS CODE 1305
https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-1-47-54

Исследование получения безводного сульфата натрия из солей, отложившихся на дне озера "Сахаре", методом математического планирования эксперимента

Тамар Насуашвили Департамент химической и биологической технологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: tamara2903@gmail.com

Лери Гвасалия Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: lerigv@hotmail.com

Рецензенты:

З. Гелиашвили, кандидат химических наук, профессор факультета химической технологии и металлургии ГТУ
E-mail: z.geliashvili@gtu.ge

С. Галумова, кандидат химических наук, химик научно-исследовательской лаборатории ООО «Гамма»
E-mail: s.galumova@gmail.com

Аннотация. Изучение месторождения Мирабилита группы Азамбур, а именно озера "Сахаре", позволило нам спланировать эксперимент путем математической планировки эксперимента, с целью получения безводного сульфата натрия, провести экспериментальные исследования и рассчитать теоретическое решение реакции.

Для этого подобрали параметры оптимизации и воздействующие на него факторы, в соответствии с которыми были спланированы и проведены эксперименты.

Достоверность результатов, полученных в экспериментах, проверяли по критериям Фишера, Кохрена и Стиудента. Затем была выбрана математическая модель процесса. Эта модель была проверена на адекватность для каждого эксперимента.

После того как соответствующие расчеты подтвердили адекватность модели, была проведена оптимизация процесса и подобраны параметры, обеспечивающие максимальное решение реакции.

Ключевые слова: Мирабилит; оптимизация; сульфат натрия; факторы; хлорид марганца.

განხილვის თარიღი 27.01.2022
შემოსვლის თარიღი 28.01.2022
ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.03.2022