

فلوتاسیون سیلویت از شورابه های پتاسیم دار

احمد امینی
کارشناس
سازمان زمین شناسی کشور

منوچهر اولیازاده
دانشیار
دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران

چکیده

در پی اکتشافات شورابه های پتاسیم دار منطقه خور و بیابانک واقع در شرق و شمال شرقی شهرستان خور و انجام مطالعات اولیه جهت بررسی امکان تولید پتاس، تحقیقاتی برای فلوتاسیون سیلویت از این شورابه انجام گرفت که نتایج آن در این مقاله ارائه شده است. وجود کارنالیت و نمک های کلسیم به همراه سیلویت و هالیت در شورابه های خور و بیابانک، فلوتاسیون تفریقی سیلویت را کار مشکل و پیچیده ای می سازد. کمبود مقالات و گزارش های علمی بدون در این زمینه بر پیچیدگی موضوع می افزاید. در این مطالعه، پس از انجام چندین مرحله فلوتاسیون با فاز آبی شورابه و محلول های اشباع کلرور سدیم و شورابه، جداسازی سیلویت با استفاده از محلول تقریباً اشباع کلرور منیزیم امکان پذیر شد. استفاده از محلول کلرور منیزیم باعث تجزیه کارنالیت به KCl و $MgCl_2$ شده و جداسازی KCl را ممکن می سازد. در شرایط بهینه، کنسانتره ای با عیار ۷۴ درصد کلرور پتاسیم به کمک کلکتور لیلافلوت، شرکت کنویل به دست آمد. شورابه خور و بیابانک حدود ۶ درصد پتاسیم دارد.

Flotation of Sylvite from Potash Brine

M. Oliazadeh
Associate Professor
Department of Mining Engineering ;
Tehran University

A. Amini
Expert
Geological Survey of Iran

Abstract

After exploration of potash deposits at Khour and Biabanac areas near Khour city. Some research works were carried out to study the possible extraction of potash from these areas. This paper presents the results of intensive investigations performed on sylvite separation by flotation. Many efforts were made to float sylvite selectively by liquid phase of the saturated brine samples, but due to presence of carnalite in the Khour and Biabanac brine, no success was achieved. Thus, a saturated liquid of $MgCl_2$ was used. At the optimum conditions in terms of collector type and dosage, a concentrate containing 74% KCl was produced.

مقدمه

پتاس از نظر فراوانی هفتمین عنصر سطح زمین است. پتاسیم یک جزء اصلی و مهم در گیاهان و بدن موجودات زنده می باشد. به علت فعالیت شیمیایی زیاد پتاسیم، این عنصر در طبیعت به صورت خالص یافت نمی شود. بلکه به صورت ترکیبات مختلف معدنی در نهشته های زیرزمینی و شورابه های طبیعی، پدیدار می شود. کانسنگ های محدودی برای استخراج پتاسیم مناسبند، کانسارهای نمک در تمام دنیا تقریباً در تمام سازندهای زمین شناسی به سنهاى مختلف وجود داشته اند. برای تشکیل ذخایر نمک وجود حوضچه های تبخیری لازم است. جهت ایجاد حوضچه های تبخیری لازم است بخشی از اقیانوس یا دریا به صورت حوضه مجزا از آن جدا شود. این عمل توسط ریف ها و یا وجود کوه های زیردریایی و حرکت پیوسته زمین و نظایر آن ایجاد می شود. در اثر شرایط آب و هوای خشک و گرم که باعث افزایش میزان تبخیر و غلظت شورابه و رسیدن آن به حد فوق اشباع می شود، نمک های محلول، بدین ترتیب که اول کربنات ها مثل آهک و دولومیت و سپس سولفات ها مانند ژپس و آندیریت و در مرحله بعدی که حجم آب به $0/8$ حجم اولیه شورابه رسیده است، نمک طعام و در نهایت نمک های پتاسیم و منیزیم دار در حالی که فقط $0/4$ از حجم اولیه آب باقی مانده است، از محلول نمکی به صورت کانی های تبخیری جدا می شوند. این امر بارها با به زیر آب رفتن مجدد حوضه تکرار گشته و باعث جدایش کل نمک های تبخیری با لایه های رسی از یکدیگر و تشکیل کانسارهای عظیم تبخیری می گردد. تشکیل کانی های تبخیری در محیط های مختلف نمکی از توالی و ترتیب خاص آن منطقه به عواملی مانند: قابلیت حلالیت نمک ها، درجه حرارت محیط ترکیب شیمیایی شورابه و مقدار آب موجود در حوضه و عوامل دیگر بستگی دارد. [۱]

داخل آن گردیده و ژپس و نمک ته نشین می شوند که می تواند ترکیبات پتاسیم نیز تشکیل شود. [۱]

جدول شماره (۱) کانسنگ های اصلی و مهم پتاس را نشان می دهد. سیلوانیت مخلوط فیزیکی سیلوانیت (KCl) و نمک طعام (NaCl) می باشد که به همراه مقداری از کانی های رسی و کمپلکس های پتاسیم دار یافت می شود و مهمترین منبع تولید پتاس در دنیا است. کیزریت ($MgSO_4 \cdot H_2O$) سولفات منیزیم، مهمترین ناخالصی نهشته های پتاس است. مقادیر ناچیز اکسید آهن باعث تغییر رنگ سیلوانیت به قرمز می شود. در حالی که رنگ خاکستری و یا زرد سیلوانیت دلالت بر وجود کانی های رسی همراه دارد.

نمک های محلول پتاس از اهمیت صنعتی بیشتری برخوردار هستند. حدود ۸۵ درصد منابع پتاس را تبخیرهای دریایی تشکیل می دهد. پتاس از نهشته های زیرزمینی، و از تبخیر شورابه های قابل استحصال می باشد. [۴]

جدول (۱) کانی های اصلی پتاس

سنگ	ترکیب شیمیایی
سیلوانیت	سیلوانیت و هالیت KCl, NaCl
نمک کارنالیت	کارنالیت، هالیت، کیزریت KCl.MgCl _۲ .۶H _۲ O, NaCl, MgSO _۴ .H _۲ O
نمک کاینیت	کاینیت و هالیت Kcl. MgSO _۴ . ۲H _۲ O, NaCl
نمک سخت	سیلوانیت، هالیت، کیزریت KCl, NaCl, MgSO _۴ . H _۲ O

مهمترین تولیدات صنعت پتاس، کلرور پتاسیم، سولفات پتاسیم، سولفات مضاعف پتاسیم و منیزیم می باشند و مقدار کمی از سنگ معدنی به صورت سیلوانیت در بازار به فروش می رسد. تولیدات دیگر پتاسیم عبارتند از: هیدروکسید پتاسیم، کربنات پتاسیم، نیترات پتاسیم که در مقادیر کم و برای صنایع ویژه ای تولید می شوند.

مصرف عمده پتاس، در کود شیمیایی است که حدود ۹۵ درصد تولید پتاسیم را به خود اختصاص می دهد.

شرایط پیدایش نهشته های نمک های پتاسی از لحاظ ژئومورفولوژی شرایط خاصی است. یک مشکل کف حوضه تبخیری بسته یا نبسته بودن آن جهت تمرکز شورابه می باشد و دیگری شرایط آب و هوایی خشک و گرم با میزان تبخیر زیاد و سوم ورود مستمر یا متناوب آب شورابه حوضه می باشد.

یک مورد مشخص از ایجاد سدهای طبیعی و حوضه تبخیری، خلیج قره بغاز در شرق دریای خزر می باشد. در این حوضه روزانه حدود ۱۳۰ تن نمک های محلول

پتاس به همراه ترکیبات فسفر و ازت به عنوان منبع غذایی به خاک افزوده می شود.

کربنات پتاسیم در تولید شیشه های با کیفیت بالا به کار می رود. حدود ۶۰ درصد تولید کربنات پتاسیم برای تولید لامپ های تلویزیون، ۲۰ درصد آن برای تبدیل به سایر ترکیبات شیمیایی، ۱۰ درصد بلور و سرامیک، شیشه های نوری و ۱۰ درصد باقیمانده به مصارف گوناگون دیگر می رسد. از پتاس همچنین در صابون سازی، شوینده ها، دارو سازی، صنایع غذایی و نوشیدنی ها استفاده می شود. آینده صنعت پتاس بسیار روشن است، چون پتاسیم به عنوان عامل غذایی گیاهان از اهمیت به سزایی برخوردار است و دنیا جهت رشد محصولات غذایی به آن نیازمند است. [۲]

کویر بزرگ ایران، بخش مرکزی و پست یک حوضه آبریز بزرگ را تشکیل می دهد. سطح اکثر فرورفتگی های (پلایا) کویر بزرگ پوشیده از یک لایه نسبتاً ضخیم نمکی به نام پوسته نمکی^(۱) است که به طور معمول شورابه اشباع از کلرور سدیم فضای خالی بین کریستال های این پوسته نمکی را پر کرده است. سطح ایستایی این شورابه بین کریستالی^(۲) معمولاً در ۳۰ سانتی متری سطح پوسته نمکی قرار گرفته است. شورابه بین کریستالی به دلیل وجود درصد نسبتاً بالای یون پتاسیم در آن جهت بررسی امکان بهره برداری و استحصال پتاس از آن مورد بررسی های اکتشافی و آزمون های آزمایشگاهی و صحرایی واقع شده است. یکی از بزرگترین پلایاهای کویر بزرگ به نام پلایای خور واقع در شرق و شمال شرق شهرستان خور است. وسعت این پلایا حدود ۱۸۰۰ کیلومتر مربع می باشد.

در شرایط عادی بارندگی حجم شورابه بین کریستالی در پوسته نمکی این پلایا حدود ۱۸۰۰ میلیون متر مکعب است که متوسط ترکیب شیمیایی آن بر مبنای نمونه برداری های سطحی و عمقی به صورت ذیل است.

[۱]

سولفات: ۰/۲	گرم در لیتر
کلر: ۱۹	گرم در لیتر
چگالی: ۱/۲۶	گرم بر سانتیمتر مکعب
سدیم: ۶۸	گرم در لیتر
پتاسیم: ۴	گرم در لیتر
منیزیم: ۱۵/۸	گرم در لیتر
کلسیم: ۳۹/۲	گرم در لیتر

۱- فرآوری پتاس

سه روش عمده برای فرآوری معمولی کانسنگ های سیلوینیتی وجود دارد: فلوتاسیون، جدایش واسطه سنگین، انحلال و کریستالیزاسیون. از روش انحلال و جدایش با حلال آلی نیز برای جداسازی کلرور پتاسیم (KCl) استفاده می شود.

دانه بندی مناسب روش های مختلف فرآوری پتاس در جدول شماره (۲) آورده شده است.

جدول (۲) مناسب ترین اندازه دانه بندی برای روش های

مختلف فرآوری پتاس در صنعت.

فرآوری پتاس در صنعت.

مناسبترین اندازه دانه ها (میلیمتر)	روش فرآوری
۴-۱۰	سیلوینیت ها: انحلال و کریستالیزاسیون
۲۰-۴	کارنالیته ها: انحلال و کریستالیزاسیون
۰/۵-۴	نمک های سخت: انحلال و کریستالیزاسیون
۱۰	واسطه سنگین (ثقیل)
۰/۰۶-۰/۸	فلوتاسیون

۱-۱- فلوتاسیون

این روش متداولترین و اقتصادی ترین روش بازیابی سیلویت از سیلوینیت می باشد. در این روش کلرور پتاسیم (یا کلرور سدیم) شناور شده و در کف تجمع می یابد. شناور کردن کلرور پتاسیم از لحاظ اقتصادی، مرسوم تر است. به طور معمول از آمین ها برای آبران کردن سیلویت استفاده می شود. فلوتاسیون فرایند شیمیایی - فیزیکی و مکانیکی است و عوامل زیادی برای تولید محصول پرعیار با بازیابی بالا، باید به دقت کنترل شوند. اگر کانسنگ پتاس حاوی بیش از ۲/۵ تا ۴ درصد رس و نرمه باشد، باید نرمه گیری شود و در نتیجه بازیابی کلی پتاس کاهش می یابد. برای بازیابی ذرات ریز سیلویت درگیر با رس ها به روش ها و تجهیزات خاصی نیاز است. [۲]

شناور کردن رس های نامحلول از کانسنگ پتاس، پیچیده است. برای شناور کردن کانی های رسی از ۴ مرحله فلوتاسیون استفاده می شود و پس از آن پتاس، معمولاً در دو مرحله (اولیه و تمیز کردن) شناور می شود. برای فلوتاسیون کانی های رسی از حدود ۶۵

گرم در تن کلکتور سولفانات (اثر فلویت ۸۷۰) و پلی اکریلامید (سوپرفلاک ۱۲۷) استفاده می شود. از کلکتورهای آمین (حدود ۱۰۰ گرم در تن) برای فلوتاسیون اولیه پتاس و از حدود ۲۰ گرم در تن برای تمیز کردن کنسانتره اولیه استفاده می شود. شکل (۱) شمائی از روش تولید کلرور پتاسیم را بر روش فلوتاسیون نشان می دهد. کانه های پتاس ترد و شکننده هستند. بنابراین باید در انتخاب وسایل برای کاهش ابعاد و اندازه آن دقت لازم را به عمل آورد. معمولاً اولین مرحله خرد کردن در معادن (زیرزمینی) با استفاده از سنگ شکن غلطکی انجام می شود. بزرگترین اندازه ذرات ۱۰ تا ۱۲/۵ سانتیمتر است. در مرحله دوم خردایش از سنگ شکن چکشی در سطح زمین استفاده می شود که پس از این مرحله سنگ توسط سرنند در اندازه های مناسب تقسیم می شود. آخرین مرحله خردایش، استفاده از آسیای میله ای تریا سومین مرحله سنگ شکنی خشک است. برای آسیا کردن پتاس تا ۱۲/۵ میلیمتر از آسیاهای میله ای در مسیر بسته با سرنند یا سیکلون استفاده می شود. بلورهای کلرورپتاسیم بزرگتر از ۳/۳۵ میلیمتر در مرحله فلوتاسیون به خوبی شناور نمی شوند. بنابر این باید خوراک تا ریزتر از ۳/۲۵ میلیمتر خرد شود.

کانسنگ های حاوی بیش از ۳ درصد رس باید مورد سایش قرار گرفته و در هر مرحله سایش، ذرات درشت توسط سرنند جدا گردند. نرمه گیری معمولاً در چند مرحله صورت می گیرد. امروزه عملی ترین روش، جدا کردن ذرات خرد شده تا ۰/۸۵ میلیمتر از ذرات درشت است. سرنند خمیده، سیکلون ها و یا کلاسیفایرهای مکانیکی به طور یکسان، می توانند عمل نرمه گیری را انجام دهند.

یک فرآیند خوب نرمه گیری شامل جدا کردن بخش ۴۵ میکرون است که بخش عمده ای از ذرات رس را شامل می شود. فلوتاسیون در دمای معمولی ۲۱ تا ۳۲ درجه سانتیگراد انجام می شود که این دما در طول آزمایش ثابت نگه داشته می شود.

کلکتورهای پتاس، آمین های اولیه هستند که از چربی حیوانی تهیه می شوند. آمین های تجاری، یک مخلوط هموزن از آمین های پالمیتیل، استریل و اولئیل هستند که گروه آلکیل آنها شامل ۱۶ و ۱۸ اتم غیر اشباع کربن است. یک نوع جدید آمین با هیدروژنه کردن تهیه می شود که باعث تبدیل اولئیل آمین به استریل آمین

می شود و در نتیجه گروه های آلکیل را به حالت اشباع نزدیک می کند. این گروه از آمین ها به آمین های هیدروژنه معروفند که نقطه ذوب بالا، پایداری و توان آبرانی بیشتر از مشخصه های آنها می باشد. کیفیت هر دو آمین چرب و هیدروژنه را می توان با تقطیر بهبود بخشید، این کلکتورها، به نام تجاری آمین های تقطیری شناخته می شوند. هر کدام از این چهار نوع کلکتور در فلوتاسیون پتاسی به صورت نمک های کلرور یا استاتی استفاده می شود. یک روش معمول خنثی کردن آمین های محلول گیاهی تا حدود ۹۰ تا ۹۷ درصد است. آمین های با زنجیره طولانی مانند استریل (۱۸ کربن) و اراجدیل - بنیل^(۳) (۲۰ - ۲۲ کربن) با قیمت های متفاوت در دسترس هستند. استفاده عمده این کلکتورها برای فلوتاسیون ذرات درشت سیلویت در دمای بیشتر از ۳۲ درجه سانتیگراد است. بازدارنده های عمده نرمه ها، نشاسته، دکستریل، صمغ، پلیمرها (رپلی اکریلامیدها و پلی گلیکول) هستند. صمغ از نشاسته مؤثرتر بوده ولی برای دستیابی به شرایط بازداشت یکسان ۵ برابر صمغ باید نشاسته مصرف کرد. پلی اکریلامیدها و دکستریل خیلی مؤثر هستند، اما قیمت بالایی دارند. آمین های تجاری، معمولاً مقادیر کمی از آمین های با زنجیره کوتاه مانند کاپریل دارند که این آمین ها، قابلیت انحلال بیشتری داشته و مقادیر قابل توجهی کف تولید می کنند که مورد نیاز فرایند نیز می باشد. متیل ایزوبوتیل کربینول (MIBC) یک کف ساز متداول است که در فلوتاسیون پتاس نیز بکار می رود. از مشتقات نفتی و کک (مانند بارت ۶۴)^(۴) و پلیمرهای سیلیکون در فلوتاسیون بلورهای درشت کلرور پتاسیم استفاده می شود. از نشاسته و صمغ به عنوان فلوکولانت نیز در ته نشین کردن نرمه در تیکنرها و زلال سازی محلول برای کریستالیزاسیون استفاده می شود. در مورد مکانیزم جذب کلکتورهای کاتیونی، آمین ها با زنجیره هیدروکربوری طولانی، بر روی سیلویت نظریات متفاوتی ارائه شده است. این عقیده وجود دارد که فلوتاسیون سیلویت بعد از رسوب کلرور آمین اتفاق می افتد. هر چند این امکان که کلکتور رسوب کرده، بر روی سطح کانی جذب شود، ضعیف است.

در مطالعاتی که اخیراً توسط میلر انجام شده است [۷] پدیده هتروکواگولاسیون، که پدیده اتصال ذرات با بارهای مخالف در محیط آبی است، بین کلوئید باردار کلکتور و سطح ذرات نمک را در جذب کلکتور توسط

سیلویت و مؤثر تشخیص داده شده است. شکل ۲، توزیع محرک الکتروفورزی KCL و KaCL را نشان می‌دهد. همان طوری که مشاهده می‌شود، سیلویت دارای بار الکتریکی منفی و هالیت دارای بار الکتریکی مثبت است. از اطلاعات حاصل برای تعیین علامت بار سطحی این کانی‌ها در محلول اشباع استفاده گردیده است. قابل ذکر است که اگر چه لایه دوتایی حول ذرات در محلول اشباع، فشرده شده است، اما هنوز سطح کانی‌ها دارای بار سطحی اند. شکل ۳ نشان می‌دهد که سیلویت به خوبی با کلکتور $R_{12}NH_3CL$ پس از رسوب کلکتور شناور می‌شود. هر چند جذب تک لایه ای قبل از نقطه رسوب کلکتور اتفاق می‌افتد. قابل توجه است که $R_{12}NH_3CL$ (راسب) بار مثبت داشته و لذا امکان هتروکواگولاسیون بین کلئید کلکتور با بار مثبت و ذرات سیلویت با بار منفی در pH طبیعی وجود دارد. به علاوه از شکل مزبور می‌توان دریافت که هالیت با این کلکتور شناور نمی‌شود. زیرا هالیت دارای بار سطحی هم علامت (مثبت) با کلکتور است.

فلوتاسیون هالیت و عدم شناور شدن سیلویت با کلکتور کربوکسیلی هم به این طریق قابل توجیه است. زیرا هالیت دارای بار سطحی مثبت و کلکتور دارای بار سطحی منفی است. در مقابل سیلویت بار منفی داشته و لذا کلکتور نمی‌تواند بر روی آن جذب شود. در سنگ‌ها یا شورابه‌های حاوی کارنالیت، کلرور منیزیم حتی در شورابه‌های سرد وارد محلول شده و کلرور پتاسیم به صورت بلورین در آمده و مشابه سیلویت طبیعی قابل شناور شدن است. در فلوتاسیون سیلویت هدف همیشه تولید کنسانتره‌ای با بیشترین عیار و بیشترین بازیابی است. معمولاً افزایش عیار کنسانتره، کاهش بازیابی را به دنبال دارد، بنابراین باید نقطه بهینه‌ای را بین عیار و بازیابی انتخاب کرد. [۲]

زمان و شرایط آماده‌سازی، چگالی پالپ، غلظت منیزیم و دمای پالپ فلوتاسیون از جمله عواملی هستند که در فلوتاسیون پتاس مؤثرند. اگر در دمای نسبتاً زیاد (فصل تابستان) کار شود، باید از آمین‌هایی با زنجیره الکلیل طولانی و اشباع تری استفاده نمود ($C_{20}-C_{22}$) و در فصل زمستان استفاده از آمین‌هایی با زنجیره کوتاه و غیر اشباع توصیه می‌شود. عیار کنسانتره اولیه فلوتاسیون سیلویت از سیلینیت معمولاً به ۴۰ تا ۴۲ درصد K_2O می‌رسد. با چند بار تمیز کردن کنسانتره می‌توان به عیار ۵۸ - ۵۶ درصد K_2O رسید.

در فلوتاسیون سیلویت از نمک کارنالیتی، مصرف کلکتور به علت حضور یون منیزیم به ۵ - ۶ بار میزان مورد مصرف در نمک‌های سیلویتی افزایش می‌یابد. معمولاً عیار کنسانتره حاصل از فلوتاسیون نمک‌های کارنالیتی حداکثر به ۴۰ درصد K_2O با بازیابی ۵۰ - ۶۰ درصد می‌رسد. [۸]

۱-۲- واسطه سنگین

برای جدا کردن بلورهای درشت کلرورپتاسیم می‌توان از جدایش واسطه سنگین استفاده کرد. با توجه به اختلاف وزن مخصوص سیلویت ($1/98$) و هالیت ($2/13$) و استفاده از یک واسطه با چگالی مابین این دو وزن مخصوص، می‌توان انتظار داشت این دو کانی از هم جدا شوند. از فروسیلیس و یا منیتیت می‌توان برای تهیه واسطه سنگین استفاده کرد. معمولاً از سیکلون‌های واسطه سنگین برای جدایش استفاده می‌شود. اختلاف وزن مخصوص کارنالیت ($1/6$) و هالیت نیز می‌تواند اساسی برای جدایش ثقلی هالیت باشد. از این پدیده با استفاده از شورابه با وزن مخصوص $1/30$ به عنوان واسطه در مقیاس نیمه صنعتی در مجموعه پتاس شرکت پتاس عرب (APC) بهره‌برداری موفقیت آمیزی شده است [۱۰].

گرانروی زیاد واسطه کاربرد این فرایند را محدود به ذرات درشت‌تر از $1/5$ میلی‌متر می‌سازد. در یک عملیات نیمه صنعتی در این شرکت مقدار کلرورسدیم در محصول غوطه‌ور، در دانه بندی $1/6$ تا $4/5$ میلی‌متر از ۹ درصد به $32/4$ درصد افزایش یافته است. درصد کلرورسدیم محصول شناور $2/7$ درصد و بازیابی کارنالیت بالغ بر ۸۴ درصد گزارش شده است. شکل ۴ شمائی از جدایش واسطه سنگین را نشان می‌دهد. همانطوری که از شکل برمی‌آید منیتیت پس از جدایش و شستشو توسط جداکننده مغناطیسی جدا می‌شود و دو مرتبه به مدار برمی‌گردد. در مرحله شستشوی محصول غوطه‌ور شده امکان شستشوی ذرات ریز وجود ندارد لذا از بار ورودی با ابعاد بزرگتر از $1/7$ میلی‌متر استفاده می‌کنند و ذرات ریز توسط روش فلوتاسیون مورد جدایش قرار می‌گیرند. [۴ و ۹]

۱-۳- انحلال - کریستالیزاسیون

انحلال کانسنگ و بازیابی کلرورپتاسیم با کریستالیزاسیون ضرورتاً در معدنکاری انحلالی پتاس

به کار می رود. مزیت این روش، جداسازی پتاس از کانسنگهای با درصد زیاد مواد نامحلول مانند رس ها و تولید محصول پرعیار (۶۲ - ۶۳ درصد K_2O) است. اساس جدایش، قابلیت انحلال KCl و $NaCl$ در آب گرم و سرد است. شکل ۵، میزان انحلال کلرور سدیم و پتاسیم را براساس دما نشان می دهد. کلرور پتاسیم به میزان $24/7$ و کلرور سدیم به مقدار $35/4$ گرم در 100 میلی لیتر آب در دمای $20^\circ C$ حل می شود. این مقدار در آب 100 درجه به ترتیب $56/7$ ، $39/1$ گرم در 100 میلی لیتر آب است. این اعداد برای انحلال این نمک ها به طور جداگانه است. برای محلول های حاوی هر دو نمک، انحلال $NaCl$ با افزایش دما، قدری کاهش می یابد. بنابراین وقتی شورابه اشباع شده در $20^\circ C$ تا $100^\circ C$ حرارت داده شود، قادر به انحلال مقادیر قابل توجهی KCl (امانه $NaCl$) خواهد بود.

در اینجا سیلوپنیت تا 2 - میلیمتر خرد شده و با محلول سرد و اشباع از $NaCl-KCl$ شسته می شود. بخش عمده رس در مرحله نرمه گیری جدا می شود. محلول زلال حرارت داده می شود و برای انحلال KCl از سنگ شسته شده بکار می رود. همانطور که گفته شد، کلرور سدیم در شورابه داغ، حل نمی شود و در نتیجه به عنوان باطله دور ریخته می شود. محلول نمک، سپس خنک شده و بلورهای KCl پس از کریستالیزاسیون از محلول نمکی جدا شده و خشک می شود. محلول نمک باقیمانده به فرایند برگردانده می شود. اگر محصول با خلوص بالا در نظر باشد، بلورهای KCl ، دوباره حل شده و کریستالیزه می شود تا محصولی با بیش از 99 درصد KCl تولید شود. [۲]

شکل ۶ شمای ساده ای از روش کریستالیزاسیون را نشان می دهد. در مورد مواد کارنالیتی اساس جدایش KCl از $MgCl_2$ را می توان در شکل ۷ مشاهده کرد. تمام محلول های داخل مرز $AEFB$ غیراشباعند و محلول های خارج از این مرز مخلوط هتروژنی از نمک و مخلولند. اگر محلول X ، در دمای 25 درجه سانتی گراد تبخیر شود، غلظت محلول افزایش می یابد تا به خط AE برسد. تبخیر بیشتر باعث انباشته شدن KCl می شود تا اینکه ترکیب محلول به نقطه E برسد، یعنی شرایطی که کارنالیت تشکیل می شود. اگر رسوب KCl جدا نشود، حل شده و دوباره به صورت کارنالیت رسوب می کند. کارنالیت آنقدر رسوب می کند تا به نقطه F کوه

جدول (۳) ترکیب فازهای جامد در سیستم $KCl-MgCl_2-H_2O$.

نقطه	فاز جامد	
	$MgCl_2$	K_2Cl_2
A	۰	۴۴
B	۱۰۸	۰
E	۷۲/۵	۵/۵
F	۱۰۵	۱

۲- مطالعات انجام شده

۲-۱- نمونه

حدود 200 لیتر نمونه، از حوضچه های تغلیظ در معدن خور دریافت گردید. نمونه به صورت شورابه بوده و دو فاز جامد و مایع در آن قابل تشخیص و تمیز بودند. از هر دو فاز نمونه متوسطی تهیه شد که ترکیب شیمیایی آن در جدول ۴ آمده است. همان طور که نتایج نشان می دهد، علاوه بر یون پتاسیم، حضور یون های کلسیم و منیزیم در هر دو فاز قابل توجه است. مقدار یون پتاسیم در فاز مایع نسبت به فاز جامد ناچیز می باشد و در حقیقت یون پتاسیم در فاز جامد تجمع یافته است و جدایشی در دو فاز اتفاق افتاده است. از فاز جامد، پراش اشعه ایکس تهیه شد که کانی های اصلی موجود در آن کارنالیت، هالیت، ژیپس تاکاهیدریت، کلرورکلسیم تشخیص داده شدند.

به طور کلی در مورد این نمونه می توان گفت: مقدار کلرورپتاسیم کم و محدود به 10 تا 12 درصد می باشد. در مقابل نمونه حاوی مقدار زیادی یون منیزیم و کلسیم است که در فلوتاسیون پتاس مشکل ساز هستند.

۲-۱- فلوتاسیون

کلیه آزمایش های فلوتاسیون در سلول آزمایشگاهی

دور انجام شد. در این آزمایش‌ها، از کلکتورهای مختلفی به شرح زیر استفاده شد. علت استفاده از کلکتورهای مختلف، انتخاب مؤثرترین و بهترین کلکتور برای نمونه مورد نظر بود.

همانطوری که از جدول شماره ۶ مشخص است در هیچ‌یک از آزمایشات جدایش قابل قبول یا امیدوارکننده‌ای به دست نیامده است.

۲-۳- آزمایش‌های فلوتاسیون مرحله سوم

در این سری از آزمایش‌ها از یک محلول اشباع نمکی در آب استفاده شد. در تمامی آزمایش‌ها، کلکتور مورد استفاده لیلافوت بود. خوراک فلوتاسیون فاز جامد بود که قبل از فلوتاسیون، فیلتر شده و تا حد امکان آب همراه آن جدا گردید. پس از انجام هر آزمایش، محصولات فیلتر شده و مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. نتایج آزمایش‌ها (جدول ۷) نشان داد که:

- در تمامی آزمایش‌ها، افت وزنی، ناشی از انحلال مجدد، صورت گرفته است.

- به علت پدیده انحلال مجدد، عیار جامد متوسط از نظر پتاسیم افزایش یافته است (عیار محاسباتی)

- در هیچ یک از آزمایش‌ها محصول مناسبی تولید نشده است.

۲-۴- آزمایش‌های فلوتاسیون مرحله چهارم

در این مرحله، از محلول فوق اشباع که با استفاده از آب معمولی و فاز جامد نمونه در درجه حرارت ۷۰-۷۵ درجه سانتیگراد تهیه شده بود، استفاده گردید. در این آزمایش‌ها، از فلوتیگام - اس و روغن کاج استفاده شد. فقط در آزمایش دوم، برای بررسی تأثیر انحلال بهتر کلکتور آمین، اسیدکلریدریک (نمک کلرور) به کار گرفته شد. نتایج این مرحله در جدول ۸ آمده است. همانطور که دیده می‌شود افت وزنی در این مرحله، ناچیز و یا به عبارت بهتر پدیده انحلال مجدد صورت نگرفته است. به علت تبخیر طبیعی نمونه اولیه، عیار متوسط سدیم و پتاسیم بار ورودی افزایش یافته بود، لذا نمونه متوسط جدیدی تهیه شده و مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت که نتایج به شرح ذیل است:

درصد پتاسیم = $7/54$ ، درصد منیزیم = $6/41$ ، درصد کلسیم = $3/9$ و درصد سدیم = $2/7$. در این مرحله، به علت عدم موفقیت روش فلوتاسیون برای پرعیار سازی شورابه پتاس خور و بیابانک، چندین آزمایش فلوتاسیون مستقیم با استفاده از فاز آبی شورابه و چند آزمایش فلوتاسیون معکوس با استفاده از محلول فوق اشباع و فاز جامد نمونه اولیه انجام گرفت که به علت مثبت نبودن نتایج، از ذکر آنها خودداری شده است.

کلکتور	سازنده
آرماک سی (Armc-C)	شرکت آکزو
اوام. سی ۳۰۸ (Omc-308)	شرکت هنکل
لیلافوت (Lila-Flot)	شرکت کنوبل
فلوتیگام - اس (Flotigam-S)	شرکت هوخست

علاوه بر کلکتورهای فوق، از دکسترین و کف ساز آتروفلوت ۶۵ (شرکت سیانامید) نیز استفاده شد. به علت پیچیدگی فلوتاسیون کانی‌های پتاسیم از شورابه، آزمایش‌های فلوتاسیون در چند مرحله انجام شد. در آزمایش‌های مرحله اول، از فاز آبی نمونه اولیه برای تهیه پالپ فلوتاسیون استفاده شد. در مراحل بعدی به ترتیب از محلول اشباع کلرورسدیم، آب، محلول فوق اشباع، استفاده شد و در نهایت محلول اشباع کلرورمنیزیم به کار گرفته شد. هر مرحله فلوتاسیون به استناد سوابق تجربی و عملی بود که در منابع علمی مختلف برای شناورسازی پتاس گزارش شده‌اند.

۲-۲-۱- آزمایش‌های فلوتاسیون مرحله اول

دو آزمایش فلوتاسیون با استفاده از فاز مایع نمونه اولیه انجام شد. در آزمایش اول، از ۱۵۰۰ گرم فاز جامد و ۵۰۰ میلی لیتر فاز مایع و در آزمایش دوم، از ۵۰ گرم فاز جامد به همراه ۱۰۰۰ میلی لیتر فاز مایع استفاده گردید. کلکتور و کف ساز مورد استفاده آرماک - سی و آتروفلوت ۶۵ بودند، با این تفاوت که در آزمایش از دکسترین نیز استفاده شد. نتایج این آزمایش‌ها در جدول ۵ آورده شده است. همان طور که نتایج نشان می‌دهند جدایشی در مورد پتاسیم صورت نگرفته است.

۲-۲-۲- آزمایش‌های فلوتاسیون مرحله دوم

در این سری از آزمایش‌ها ابتدا محلول اشباعی از نمک طعام تهیه شده و سپس با استفاده از فاز جامد دو آزمایش فلوتاسیون مستقیم جهت شناور کردن کانی‌های پتاسیم دار انجام شد. مواد شیمیایی مصرفی در آزمایش اول او - ام - سی ۳۰۸ و روغن کاج بود ولی در آزمایش دوم از لیلافلوت اچ - بی - جی استفاده شد. [۳]

عدم موفقیت آزمایش های فلوتاسیون تاکنون را می توان به علت حضور کارنالیت در شورابه خور و بیابانک دانست به خصوص در شرایطی که سایر یون ها مانند یون کلسیم نیز در محیط موجود باشند.

۲-۲-۵- آزمایش های فلوتاسیون مرحله پنجم

برای جدایش پتاس از شورابه خور و بیابانک، در این مرحله، تصمیم گرفته شد که کارنالیت مستقیماً شناور شود. برای شناور سازی کارنالیت، از محیط ۹۰ - ۸۰ درصد اشباع از کلرور منیزیم انجام شد. در هر آزمایش، ابتدا محلول اشباع ۸۰ - ۹۰ درصد کلرور منیزیم تهیه شده و سپس حدود ۲ کیلوگرم از فاز جامد شورابه به مدت یک ساعت در محلول اشباع، به هم زده شد. سپس پالپ آماده شده، به مدت ۲ ساعت بدون حرکت نگهداری

شد تا کارنالیت به دو فاز سیلویت و کلرور منیزیم تبدیل شود. سیلویت حاصل در این فاصله زمانی به صورت بلورهای ریز ظاهر می شود که می توان به کمک کلکتور، شناور جدا کرد. [۵، ۱۰] لازم به ذکر است که در این آزمایش ها، از فلوتیگام - اس و لیلافلوت استفاده شد. باتوجه به توان بیشتر از نمک کلرور این کلکتورها استفاده گردید. برای ارزیابی نتایج، دو روش بکار گرفته شد. در روش اول، محصولات مختلف آبیگری نشدند ولی پس از خشک شدن در خشک کن، تجزیه شیمیایی شدند. در روش دوم، محصولات پس از آبیگری و خشک شدن مورد تجزیه قرار گرفتند. نتایج آزمایش های مرحله نهایی در جداول ۹ و ۱۰ درج گردیده است. تنها در این سری از آزمایش ها، جدایش مناسبی بین پتاس و کانی های همراه صورت گرفته است.

جدول (۴) تجزیه شیمیایی دو فاز جامد و مایع.

نمونه	%Ca	%Mg	%Na	%K	%Cl	%NO ₃	%I
جامد	۶/۲۱	۵/۷۹	۱/۶	۶/۰۵	۲۵/۸۲	۱/۲	nd
مایع	۱۲/۰۸	۳/۵۵۴	۰/۱۲	۰/۱۷	—	—	—

جدول (۵) فلوتاسیون با استفاده از فاز آبی نمونه اول.

آزمایش	محصول	پالپ		Mg درصد (لیتر/گرم)	Ca درصد (لیتر/گرم)	K درصد (لیتر/گرم)	Na درصد (لیتر/گرم)
		وزن - گرم	حجم - سی سی				
۱	کف	۱۰۰۷	۶۸۵	۴/۷۷ (۷۰/۰۴)	۸/۹۲ (۱۳۱/۰۶)	۲/۸۶ (۴۲)	۱/۲۳ (۱۸)
	باطله	۱۱۴۳	۷۷۵	۴۶ (۸۰/۵)	۷/۶۷ (۱۱۳/۰۳)	۴/۶۱ (۶۸)	۱/۰۹ (۱۶)
—	خوراک	۲۱۵۰	۱۴۶۰	۵/۱۴ (۷۵/۶)	۸/۲۵ (۱۲۱/۴۸)	۳/۷۹ (۵۵/۸۳)	۱/۱۶ (۱۶/۹۴)
۲	کف	۱۱۲۰	۷۷۵	۳/۸۴ (۵۵/۴۵)	۱۱/۰۴ (۱۵۹/۵۲)	۰/۹۷ (۱۴)	۰/۴۷ (۱۶/۹۴)
	باطله	۸۰۵	۵۵۰	۴/۰۶ (۵۹/۳۴)	۱۰/۴۴ (۱۵۲/۷)	۱/۸۷ (۲۶)	۰/۵۰ (۷۲)
—	خوراک	۱۹۲۵	۱۳۲۵	۳/۹۴ (۵۷/۰۸)	۱۰/۷۹ (۱۵۶/۶۷)	۱/۳۱ (۱۹/۰۲)	۰/۴۹ (۶/۹۷)

جدول (۶) فلوتاسیون با استفاده از محلول اشباع نمک طعام.

آزمایش	محصولات	وزن گرم	درصدوزنی	%Ca	%Mg	%Na	%K
۳	کف	۴۶/۵	۱۸/۰۲	۱/۰۷	۰/۷۶	۲۷/۱۳	۱/۱۱
	باطله	۲۱۱/۵	۸۱/۹۸	۰/۵۲	۰/۴۲	۲۹/۸۱	۰/۸۷
۴	کف	۱۴۷	۶۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۷۹	۲۹/۲۶	۱/۱۲
	باطله	۹۵	۳۹/۲۶	۰/۵۹	۰/۴۱	۲۹/۹۵	۰/۶۱

جدول (۷) فلوتاسیون با محلول اشباع تهیه شده با آب معمولی.

شماره آزمایش	بار ورودی		محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	درصد عیار			
	جامد	محلول اشباع				K	Na	Mg	Ca
۵	۷۹۰ گرم	۶۰۰ سی سی	کف	۲۷۰	۵۲/۴۳	۰/۹۲	۶/۶۹	۳/۲۲	۱۴/۱۴
			باطله	۲۴۵	۴۶/۵۷	۰/۸۵	۶/۲۶	۵/۹۴	۱۲/۳۸
—	—	—	خوراک	۵۱۵	۱۰۰	۰/۸۹	۶/۴۶	۴/۵۱	۱۳/۳۰
۶	۶۰۰ گرم	۶۰۰ سی سی	کف اول	۱۵۲	۳۴/۰۱	—	—	۱/۸۷	۱۱/۷۳
			کف دوم	۱۷۰	۳۸/۰۳	—	—	۳/۴۷	۱۰/۶۷
			باطله	۱۲۵	۲۷/۹۶	—	—	۴/۳۵	۱۰/۹۴
—	—	—	خوراک	۴۴۷	۱۰۰	—	—	۳/۱۷	۱۱/۱۰
۷	۹۰۰ گرم	۶۰۰ سی سی	کف اول	۲۲۳	۳/۰۶۳	—	—	۲/۴۷	۱۰/۶۳
			کف دوم	۲۵۵	۳۵/۰۳	—	—	۳/۵۹	۱۰/۴۱
			باطله	۲۵۰	۳۴/۳۴	—	—	۳/۱۱	۱۰/۹۷
—	—	—	خوراک	۷۲۸	۱۰۰	—	—	۳/۰۸	۱۰/۶۷
۸	۸۰۰ گرم	۵۰۰ سی سی	کف	۱۶۴	۲۸/۵۷	—	—	۴/۶۰	۱۰/۲۰
			باطله	۴۱۰	۷۱/۴۳	—	—	۲/۵۹	۱۰/۱۰
—	—	—	خوراک	۵۷۴	۱۰۰	—	—	۳/۱۶	۱۰/۱۳

جدول (۸)

شماره آزمایش	بار ورودی		محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	درصد عیار	
	جامد	محلول اشباع				K	Ma
۹	۸۵۰ گرم	۵۰۰ سی سی	کف	۲۷۰	۳۲/۳۳	۴/۸۱	۹/۳۸
			باطله	۵۶۵	۶۷/۶۷	۲/۳۷	۹/۴۸
—	—	—	خوراک	۸۳۵	۱۰۰	۳/۱۶	۹/۴۵
۱۰	۸۵۰ گرم	۵۰۰ سی سی	کف	۱۸۰	۲۱/۶۹	۴/۴۴	۸/۸۸
			باطله	۶۵۰	۷۸/۳۱	۳	۹/۲۴
—	—	—	خوراک	۸۳۰	۱۰۰	۳/۳۱	۹/۱۶

۳- نتیجه گیری نهایی

- ۱- امکان فلوتاسیون مستقیم پتاس با استفاده از محلول اشباع شوره های پتاسیم دار، مانند نمونه شوره خور و بیبانک بعید می باشد.
- ۲- استفاده از فاز آبی شوره، به عنوان محصول اشباع نیز چاره ساز فرآیند فلوتاسیون نیست.
- ۳- فلوتاسیون معکوس پتاس، یعنی فلوتاسیون مستقیم

۴۴۰

جدول (۹) فلوتاسیون بدون آبگیری محصولات.

شماره آزمایش	بار ورودی		محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	درصد عیار				%KCl		
	جامد	اشباع				K	Na	Mg	Ca	عیار	بازیابی	
۱۱	۱۵۰۰ گرم	۱ لیتر	کف اول	۶۰۷	۲۷/۵	۷/۵۲	۹/۹۲	۲/۵۲	۱۲/۰۵	۱۵/۷۲	۶۹/۴۹	۲۲/۹۲
			کف دوم	۳۰۳	۲۲/۷۱	۷/۶۹	۱۰/۸۲	۲/۶۷	۵/۸۶	۷/۰۶	۱۵/۵۷	۱۱/۱۹
			باطله	۲۶۸	۲۸/۷۹	۹/۹۵	۱۴/۲۸	۳/۳۷	۴/۶۳	۵/۵۸	۱۲/۹۴	۸/۸۴
			خوراک	۱۲۷۸	۱۰۰	۸/۲۶	۱۱/۴۵	۲/۸۴	۸/۹۲	۱۰/۷۴	۱۰۰	۱۷/۰۳
۱۲	۱۶۰۰ گرم	۷۰۰ سی سی	کف اول	۹۵	۶/۶۹	۱۱/۳۲	۵/۷۵	۱/۵	۱۲/۳۷	۱۷/۳۱	۱۰/۷۵	۲۷/۳۵
			کف دوم	۲۵۶	۱۷/۸۷	۸/۲	۸/۲۷	۲/۳۴	۱۱/۴۱	۱۲/۷۵	۲۲/۸۱	۲۱/۷۹
			کف سوم	۵۵۵	۳۹/۰۶	۵/۲	۷/۷۷	۲/۶۰	۸/۲۳	۹/۹۲	۲۵/۹۶	۱۵/۷۲
			باطله	۵۱۷	۲۶/۳۸	۴/۲	۰/۰۱	۲/۷۴	۷/۴۹	۹/۰۲	۲۰/۴۸	۱۲/۳۱
۱۰۰	۱۷/۰۷	۱۰۰	۸/۷۷	۸/۹۲	۳/۴۶	۸/۵۲	۵/۹	۱۰۰	۱۷/۰۷	۱۰۰		
۱۳	۲ کیلوگرم	۱ لیتر	کف اول	۲۶۵	۲۶/۹۹	۸/۰۶	۸/۶۴	۲/۷۲	۱۱/۱۸	۱۲/۴۷	۲۲/۵۹	۲۱/۳۵
			کف دوم	۲۴۵	۱۴/۲۲	۵/۹	۸/۳۴	۲/۲۴	۹/۲۳	۱۱/۱۲	۱۴/۶۰	۱۷/۶۳
			کف سوم	۳۹۰	۲۲/۴۳	۵/۷۴	۱۲/۳۰	۳/۶۱	۸/۲۲	۹/۹۰	۲۰/۷۰	۱۵/۷۰
			باطله	۶۲۳	۳۶/۱۶	۵/۱۰	۸/۶۱	۲/۲۴	۷/۷۲	۹/۳۱	۲۱/۱۱	۱۴/۷۶
۱۰۰	۱۷/۱۵	۱۰۰	۱۰/۸۲	۸/۹۷	۳/۱۸	۹/۴۱	۶/۱۶	۱۰۰	۱۷/۱۵	۱۰۰		
۱۴	۲ کیلوگرم	۱ لیتر	کف سه بار پاک شده	۳۰۰	۱۶/۰۲	۳/۸۸	۵/۱۵	۱/۹۷	۱۴/۱۵	۱۷/۰۵	۳۴	۲۷/۰۳
			باطله " " "	۲۲۸	۱۲/۷۱	۴/۲۹	۵/۹۴	۲/۸۵	۱۱/۴۱	۱۲/۷۵	۲۱/۷۲	۲۱/۷۹
			باطله دوبار " "	۳۶۰	۱۹/۲۲	۴/۵۴	۶/۲۳	۳/۱۱	۵/۳۷	۶/۵۹	۱۵/۷۶	۱۰/۴۵
			باطله یکبار " "	۴۸۲	۲۵/۷۳	۴/۸۰	۷/۴۲	۲/۷۷	۴/۰۲	۴/۸۶	۱۵/۵۵	۷/۷
باطله نهایی	۴۹۳	۲۶/۳۲	۵/۰۵	۷/۳۹	۲/۷۷	۳/۲۸	۲/۷۷	۳/۹۵	۱۲/۹۵	۶/۲۵		
۱۰۰	۱۲/۷۳	۱۰۰	۸/۰۳	۶/۶۷	۲/۷۲	۶/۶۳	۴/۱۶	۱۰۰	۱۲/۷۳	۱۰۰		
۱۵	۲ کیلوگرم	۱ لیتر	کف سه بار پاک شده	۲۸۵	۱۵/۴۸	۳/۴۲	۵/۰۱	۱/۶۲	۱/۲۶	۲۰/۸۰	۳۵/۵۴	۳۲/۹۷
			باطله " " "	۲۱۶	۱۱/۷۳	۳/۵۹	۵/۳۱	۳/۱۵	۱۱/۶۱	۱۴	۱۸/۱۱	۲۲/۱۷
			باطله دوبار " "	۴۰۵	۲۲	۴/۷۹	۶/۸۷	۳/۰۸	۵/۹۹	۷/۲۲	۱۷/۵۳	۱۱/۴۴
			باطله یکبار " "	۳۴۰	۱۸/۳۷	۴/۷۸	۷/۲۲	۲/۸۵	۵/۴۲	۶/۵۴	۱۲/۳۲	۱۰/۳۷
باطله نهایی	۵۹۵	۳۲/۳۲	۷/۸۶	۷/۷۷	۲/۳۸	۲/۶۰	۴/۳۴	۱۵/۴۸	۶/۸۸			
۱۰۰	۱۴/۳۶	۱۰۰	۹/۰۶	۷/۵۲	۲/۵۹	۶/۷۶	۵/۴۳	۱۰۰	۱۴/۳۶	۱۰۰		

۴ - به نظر می‌رسد، استفاده از یک محلول اشباع ۸۰ تا ۹۰ درصدی کلرور منیزیم، بهترین شرایط را برای فلوتاسیون سیلویت فراهم می‌کند. در این شرایط، کارنالیته موجود در شورابه، به سیلویت و کلرور منیزیم تفکیک می‌شود و در نتیجه می‌توان سیلویت را جدا کرد. محلول اشباع کلرور منیزیم را می‌توان به فرایند برگرداند.

۵ - از میان کلکتورهای مطرح برای فلوتاسیون پتاس از شورابه‌ها، لیلافلوت بهترین نتیجه را نشان داده است.

۶ - پس از دو مرحله شستشو کنسانتره فلوتاسیون، عیار پتاسیم (اکسید پتاسیم و کلرور پتاسیم) در محصول نهایی به ۳۷/۸۴ درصد (و بهمین ترتیب ۴۵/۶ و ۷۲/۷۲ درصد) افزایش می‌یابد.

۷ - افت بازیابی در محصول باطله برداری پتاس حدود ۵

درصد می‌باشد.

۸ - باطله نهایی حدود ۲۳ درصد سدیم، ۲/۵ درصد کلسیم و ۰/۹ درصد منیزیم دارد. محلول حاصل از فیلتراسیون باطله، حاوی ۱/۵ درصد سدیم، ۳/۵ درصد پتاسیم، ۶ درصد کلسیم و ۸/۵ درصد منیزیم است.

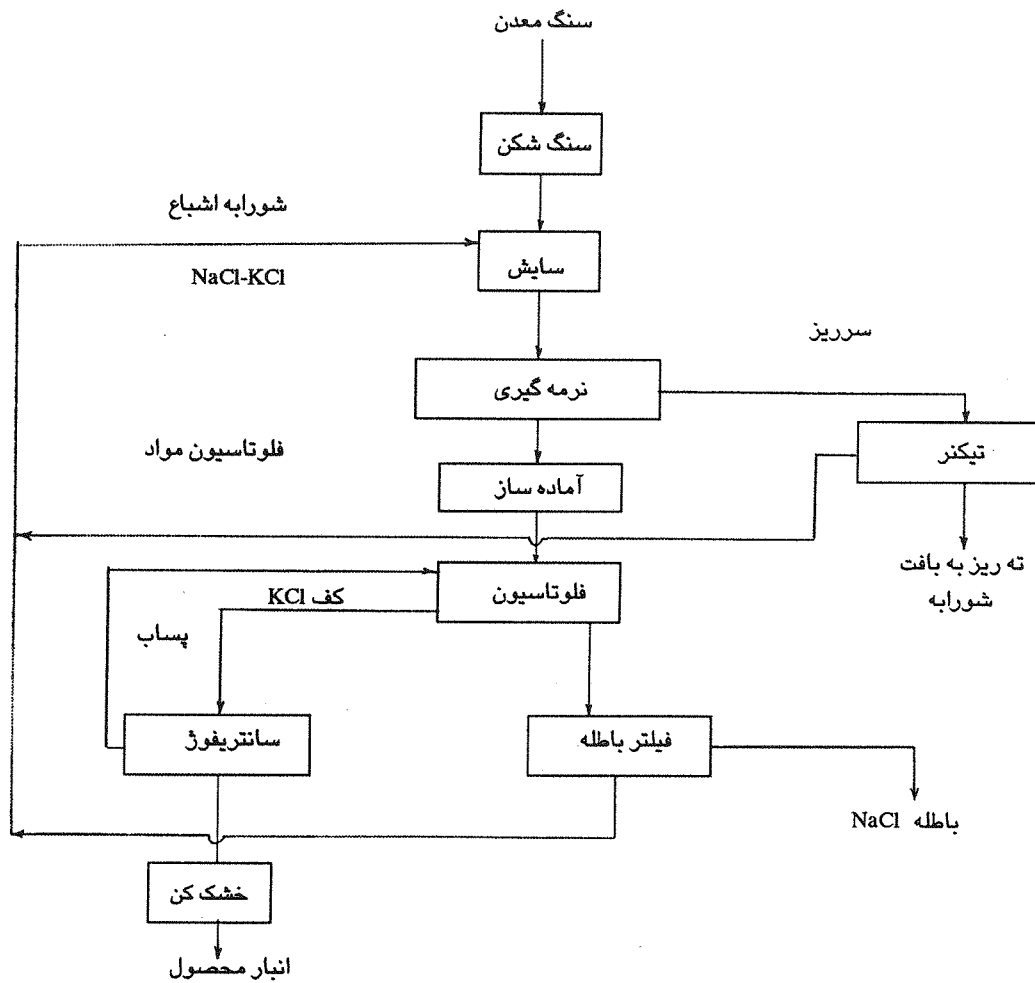
۹ - باتوجه به عدم وجود گزارشات منتشر شده در مورد فلوتاسیون پتاس از شورابه‌ها، نتایج حاصله می‌تواند علاوه بر طرح پتاس خور و بیابانک، از لحاظ علمی نیز در خور توجه باشد.

زیر نویس‌ها

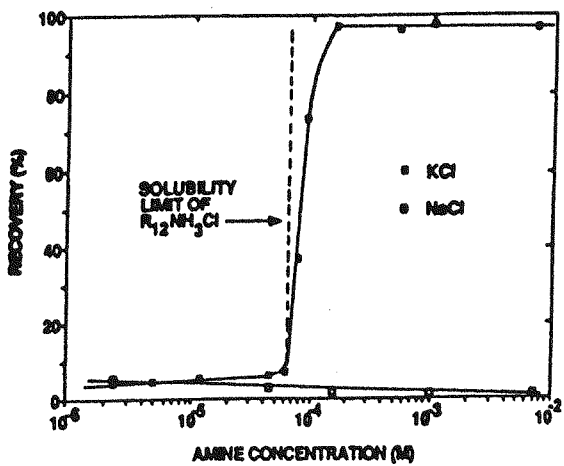
- 1 - Salt Crust
- 2 - Inter Crystalline Brine
- 3 - Arachiady- Behnyl
- 4 - Barret Oil 64

جدول (۱۰) فلوتاسیون همراه با آگیری محصولات.

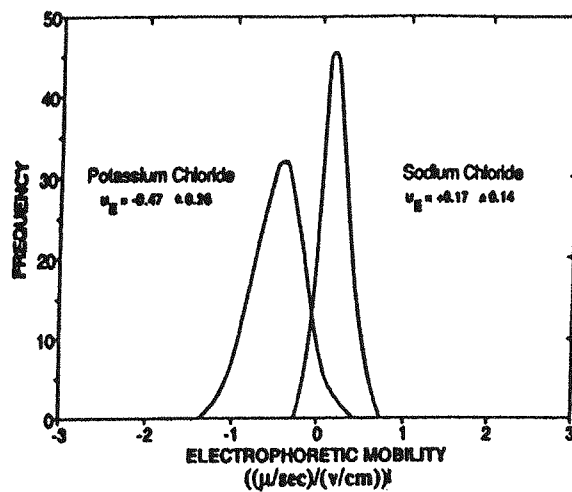
شماره آزمایش	بار ورودی		محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	درصد عیار							
	جامد	اشباع				K	Na	Mg	Ca				
۱۶	۲ کیلوگرم	۱ لیتر	پر عیار	۳۲۵	۱۶/۶۹	۲/۷۹	۲/۷۲	۶/۴۶	۳۱/۰۴	۳۷/۴۰	۶۴/۱۰	۵۹/۲۸	
			محلول اشباع باطله	۹۰	۴/۶۲	۴/۷۹	۲/۲۸	۲۱/۸۶	۸/۹۹	۱۰/۸۲	۵/۱۴	۱۷/۱۷	۵/۱۴
			۸۰ درصد فیلتر پر عیار	۷۶۲	۳۹/۱۴	۹/۰۷	۶/۰۴	۱/۳۶	۳/۰۹	۳/۷۲	۱۴/۹۶	۵/۹۰	۱۴/۹۶
			فیلتر باطله	۷۷۰	۳۹/۵۵	۵/۸۸	۸/۲۸	۱/۳۷	۳/۲۳	۲/۸۹	۱۵/۸۰	۶/۱۷	۱۵/۸۰
—	—	—	خوراک	۱۹۴۷	۱۰۰	۶/۵۹	۶/۱۰	۳/۱۶	۸/۰۸	۹/۷۴	۱۵/۴۳	۱۰۰	
۱۷	۲ کیلوگرم	۱ لیتر	کف دو بار پاک شده	۱۴۵	۷/۴۹	۱/۹۹	۰/۹	۳/۳۵	۳۷/۸۴	۴۵/۶۰	۳۴/۴۸	۷۲/۲۷	
			محلول اشباع باطله دوبار پاک شده	۸۰	۴/۱۳	۲/۸۰	۱/۶۷	۵/۷۴	۳۱/۸۴	۳۸/۳۷	۶۰/۸۱	۱۶	
			۸۰ درصد باطله	۸۱	۴/۱۸	۱/۶۴	۱/۷۲	۱۲/۴۲	۲۳/۶۰	۲۸/۴۴	۴۵/۰۸	۱۲	
			باطله نهایی	۸۲	۴/۲۳	۲/۵۳	۰/۹۳	۲۲/۸۷	۹/۶۴	۱۱/۶۲	۱۸/۴۱	۴/۹۶	
			فیلتر پر عیار	۸۹۹	۴۶/۴۱	۵/۷۳	۷/۸۹	۱/۴۸	۳/۳۳	۴/۰۱	۱۸/۸	۶/۳۹	۱۸/۸۰
			فیلتر باطله نهایی	۶۵۰	۳۳/۵۶	۶/۱۰	۸/۴۹	۱/۵۰	۳/۳۷	۴/۰۶	۱۳/۷۶	۶/۴۴	۱۳/۷۶
			—	—	—	خوراک	۱۹۳۷	۱۰۰	۵/۱۴	۶/۷۶	۳۱/۱۶	۸/۲۲	۹/۹۰



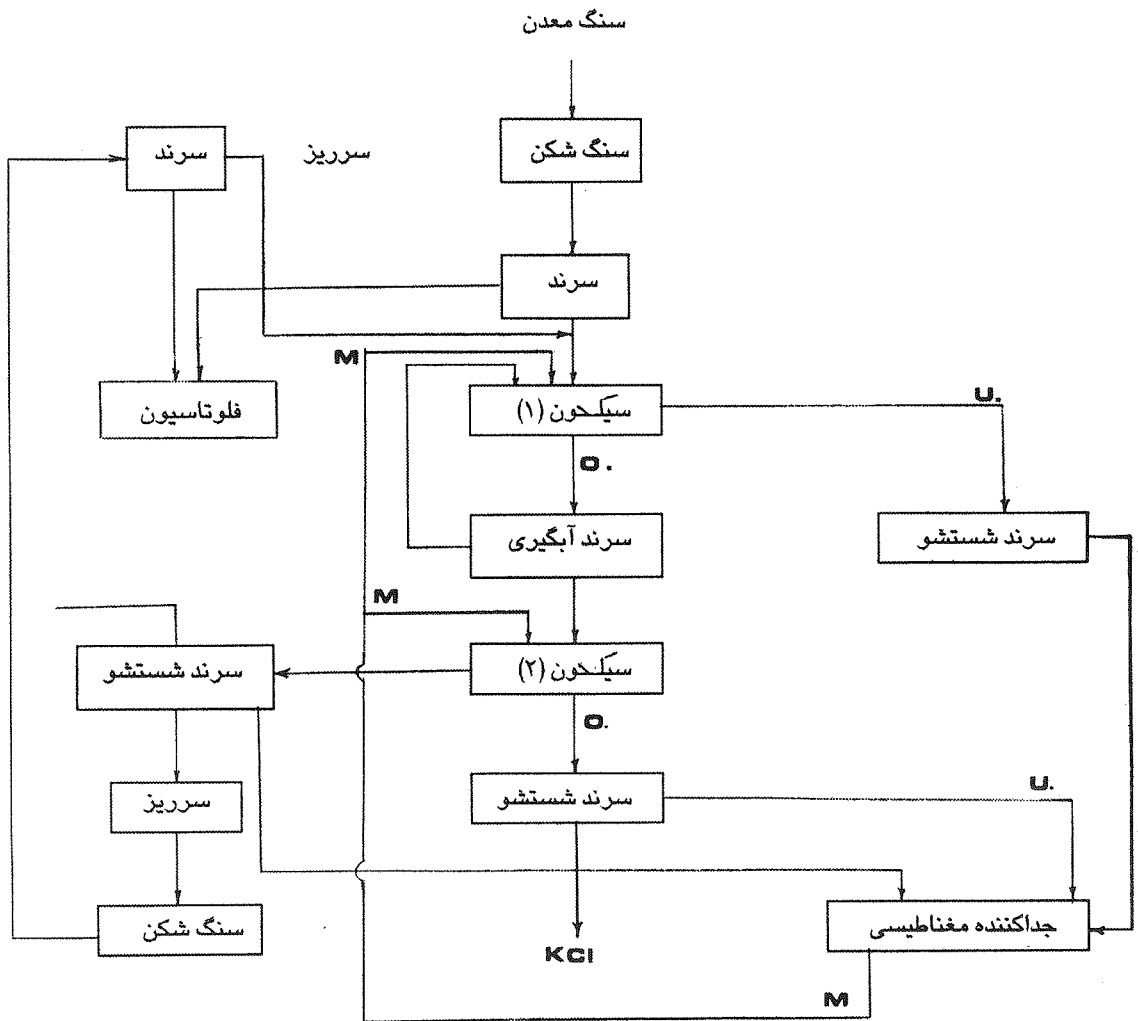
شکل (۱) فرآیند فلوتاسیون برای تولید KCl.



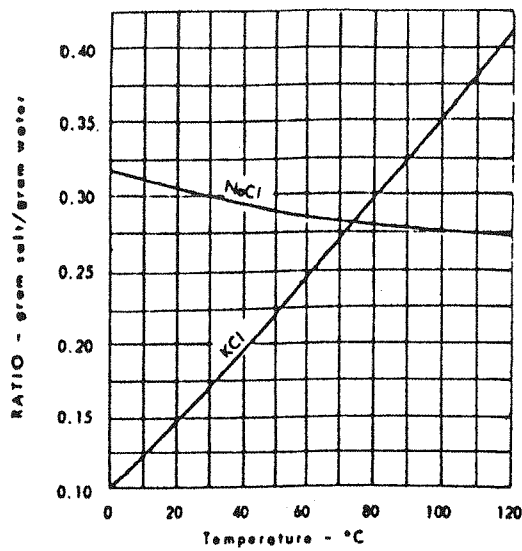
شکل (۳) جذب کلکتور آمین بر روی کانی سیلویت.



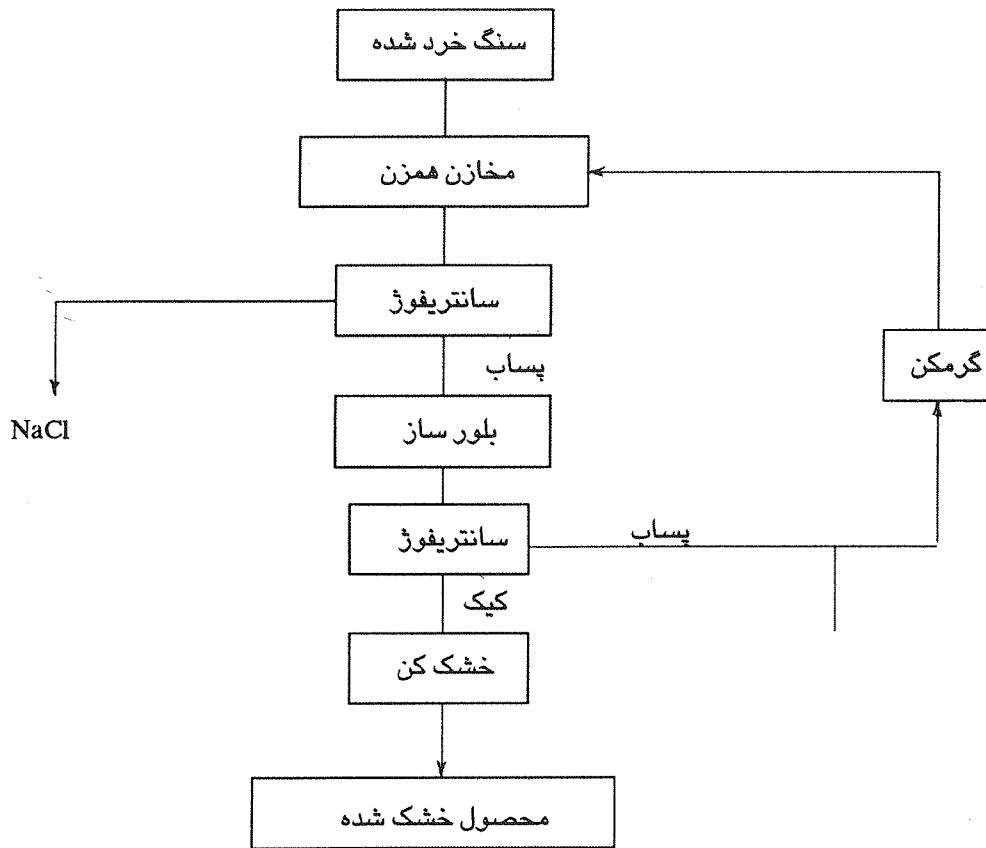
شکل (۲) تحرک الکتروفورزی کانی های سیلوی و هالیت.



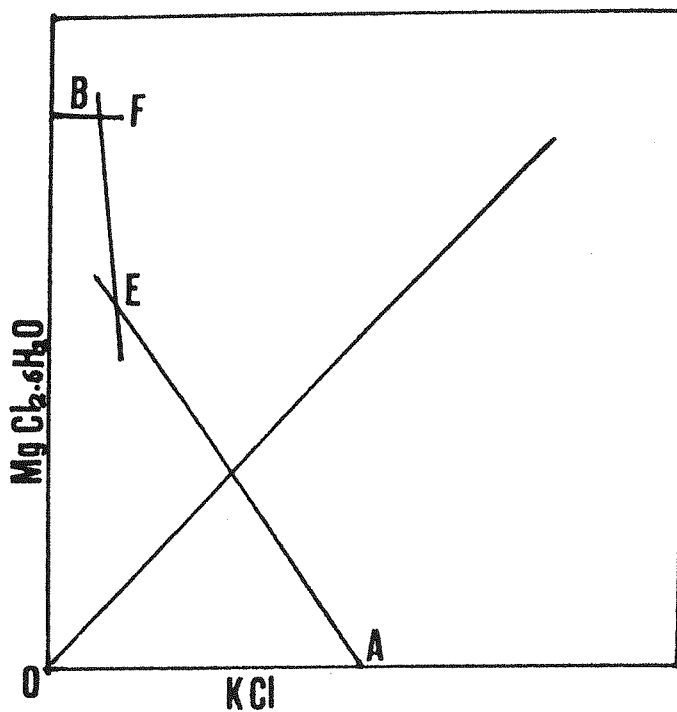
شکل (۴) فرایند جدایش واسطه سنگین بتاس.



شکل (۵) قابلیت انحلال سیلویت و شالیت.



شکل (۶) فرایند انحلال - کریستالیزاسیون پتاس.



شکل (۷) ترکیب فازهای جامد در سیستم کلرور پتاسیم، کلرور منیزیم.

مراجع

- [1] نبيان، چ و روزبه كارگر، سرمد. «گزارش مطالعات اکتشافی و بررسی امکان بهره برداری از ذخایر پتاس دار کویر بزرگ ایران» سازمان زمین شناسی کشور ۱۳۷۰.
- [2] اصلانی، س. و اولیازاده، م. فرآوری کانسنگ پتاس گرمسار دانشکده فنی دانشگاه تهران، گروه معدن ۱۳۷۶.
- [3] رئیس، ع. و امینی، ا. پرعیار سازی پتاس گرمسار سازمان زمین شناسی کشور ۱۳۶۹.
- [4] Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd edition, Vol-18.
- [5] Anon, Potash Floation, Mining Chemicals Notebook, Hoesch GmbH.,1990
- [6] Zandon V. A., Potash, Mineral Processing Handbook, Weiss D., Sec. 22 SME 1986.
- [7] Miller J. D., Yalamanchili, Fundamental Aspects of Soluble Salt Flotation, Mineral Engineering, Vol. 7, No. 2/3, pp. 305-317, 1994.
- [8] Schubert H., What goes on During Potash Flotation, E/MJ, pp. 94-97, 1967.
- [9] Anon, Cleveland Potash, Reprinted from Fertilizer Focus, 1984.
- [10] Amiraj. and Darius R., Beneficiation of Carnalite ore by Gravity Separation and Flotation, APC Project Reprt, pp. 47-55.