



وزارت صنعت، معدن، تجارت

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

**عنوان:**

**گزارش وضعیت فلورین در ایران و جهان**

**مجری طرح:**

امید اردبیلی

**تهیه کننده:**

صبا خدرزاده، مریم شعاعی

آمارهای منتشر شده حاکی از این است که تولیدات صنعتی جهانی در کشورهای در حال توسعه و نوظهور همچنان با سرعت بیشتری نسبت به کشورهای توسعه یافته صنعتی در حال افزایش است. این موضوع به همراه تقاضا برای فلزات و مواد معدنی در آینده‌ای کم‌کربن جهان، جایگاه رو به رشدی برای تقاضای مواد معدنی ترسیم می‌نماید که بر این اساس، آلومینیوم، مس، سرب، لیتیوم، منگنز، نیکل، نقره، فولاد، روی و عناصر نادر خاکی مانند ایندیوم، مولیبدن و نئودیمیم انواع مواد معدنی و فلزاتی هستند که با رشد انرژی‌های پاک، کاربرد بیشتری پیدا خواهند کرد. در این راستا، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور طی سال ۱۳۹۸، ۲۶ عنصر استراتژیک و مهم را مورد مطالعه و بررسی قرار داده که گزارش حاضر به بررسی عنصر فلورین می‌پردازد.

**شهریور ماه ۱۳۹۹**

**TR۰۲۶**

## فهرست

پیشگفتار.....	۳
۱- مقدمه.....	۴
۲- زمین شناسی.....	۴
۳- تولید.....	۱۱
۴- موارد استفاده.....	۱۴
۵- تجارت.....	۱۶
منابع.....	۱۸

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

## پیشگفتار

آمارهای منتشر شده حاکی از این است که تولیدات صنعتی جهانی در فصل نخست سال ۲۰۱۷ در مقایسه با مدت مشابه سال ۲۰۱۶ رشد ۳,۷ درصدی داشته و مقایسه روند رشد تولید در فصول سال ۲۰۱۶ و فصل چهارم سال ۲۰۱۵ نیز نشان می‌دهد، تولید کشورهای در حال توسعه و نوظهور همچنان با سرعت بیشتری نسبت به کشورهای توسعه یافته صنعتی در حال افزایش است. این موضوع به همراه تقاضا برای فلزات و مواد معدنی در آینده‌ای کم‌کربن جهان، جایگاه رو به رشدی برای تقاضای مواد معدنی ترسیم می‌نماید که بر این اساس، آلومینیوم، مس، سرب، لیتیوم، منگنز، نیکل، نقره، فولاد، روی و عناصر نادر خاکی مانند ایندیوم، مولیبدن و نئودیمیم انواع مواد معدنی و فلزاتی هستند که با رشد انرژی‌های پاک کاربرد بیشتری پیدا خواهند کرد. گرایش جهان به چنین سمت و سویی می‌تواند منتج به شکل‌گیری فرصت‌های چشمگیر توسعه اقتصادی برای کشورهایی باشد که غنی از مواد معدنی هستند و تعریف چنین فرصتی، نشانگر نیاز به پیش‌بینی راهکارهای بلندمدتی است که به آنها این توانایی را بدهد که تصمیمات هوشمندانه‌ای برای سرمایه‌گذاری در این بخش بگیرند و هم راستای آن سیاست‌های مناسب و شایسته‌ای را برای پیامدهای فعالیت‌های معدنی از جمله حفاظت‌های لازم از محیط‌زیست در نظر داشته باشند. با توجه به جایگاه کشور عزیزمان ایران در منابع معدنی دنیا به نظر می‌رسد باید بتوان با نگرشی جامع و سیستمی، رفتاری علمی و منطقی و نهایتاً با بیان ریاضی و گویا، اقدام به بهره‌برداری از این منابع خدادادی نمود. پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور پیش‌بینی می‌نماید، با توجه به توسعه فناوری، نقش بازیگران مختلف در طول و عرض زنجیره‌ی تامین مواد معدنی از رویکرد سنتی ساختار محور به رویکرد نوین مبتنی بر مدیریت اطلاعات و ارتباط محور تغییر پیدا خواهد کرد و سیاست‌گذاران، مدیران، سرمایه‌گذاران و بازرگانان تنها با اتکای بر منابع اطلاعاتی خواهند توانست خود را در برابر فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در زنجیره‌ی تامین و زنجیره ارزش مواد معدنی کشور بیمه نمایند. این اطلاعات قابل بروز رسانی و متکی بر داده بوده و در سطح اطلاعات جهانی و کشوری گردآوری و ارائه می‌گردند.

## ۱- مقدمه

کانی فلورین یا فلوئوریت به فرمول شیمیایی  $\text{CaF}_2$  مهمترین کانی فلوئور در طبیعت می‌باشد. فلورین (به انگلیسی) Fluorine به معنای جریان یا فلاکس گرفته شده است. فلورین یکی از عناصر کمیاب و نادری است که در سنگ های پوسته زمین یافت می‌شود. فلورین هجدهمین عنصر فراوان در پوسته زمین است و میانگین آن در پوسته زمین در حدود ۳۰۰ پی پی ام است.

این کانی به رنگ‌های زرد، سبز، صورتی، آبی، بنفش، بی‌رنگ و گاهی سیاه دیده می‌شود. فلورین در سیستم کوبیک متبلور می‌شود. به صورت نیمه شفاف بوده و دارای جلای شیشه‌ای است. وزن مخصوص این کانی  $3/18$  و سختی آن ۴ می‌باشد. معمولاً فضای خالی بین سایر کانی‌ها را پر می‌کند. در طبیعت بیشتر به صورت رگه‌ای مشاهده می‌شود. معمولاً همراه با کانی‌هایی کلسیت، کوارتز، باریت، سلسیتین و سولفیدهای گوناگون است. فلوئوریت در صورت خالص بودن  $48/7\%$  فلوئور و  $51/3\%$  کلسیم دارد. در تصویر سیستم مکعبی و جلای شیشه‌ای فلوئوریت، قابل تشخیص است.

## ۲- زمین شناسی

فلورین مهم‌ترین منبع تأمین فلوئور در طبیعت است. این کانی در سیستم مکعبی متبلور می‌شود و می‌تواند عناصر نادر را در شبکه خود جای دهد. فلوئور در طیف وسیعی از شرایط زمین شناسی بوجود می‌آید و در تمام شرایط رسوبی، آذرین و دگرگونی می‌توان یافت شود. این کانی معمولاً با نهشته‌های مهم سرب، روی و باریت همراه است و از این جهت اهمیت خاصی دارد. چرا که پی چوبی و اکتشاف آن می‌تواند به کشف نهشته‌های مذکور نیز منجر شود. همچنین ضمن استخراج و پرعیار کردن این کانی و کانی‌های همراه نیز قابل استحصال است و این خود موجب ارزش‌تر شدن نهشته‌های فلورین می‌شود. گاهی نیز وجود فلورین، خود موجب ارزشمندتر شدن نهشته‌های دیگر کانی‌ها می‌شود. از این رو بایستی در بررسی‌های فنی-اقتصادی نهشته‌های سرب، روی، باریت و فلورین به کانی‌های همراه توجه خاصی مبذول داشت. زیرا این کانی‌ها ممکن است در اقتصادی شدن یک کانسار، تاثیر بسیاری داشته باشند.

فلوئور موجود در طبیعت، جز در مقادیری ناچیز در موارد رادیواکتیو، به صورت آزاد وجود ندارد. اما به صورت ترکیب با دیگر عناصر به فراوانی دیده می‌شود. مقدار این عنصر در پوسته زمین  $0,065$  درصد و در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی در حدود ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم بر تن است، علت کمیابی فلوئور به صورت آزاد میل ترکیبی شدید آن با دیگر عناصر

است به عبارت دیگر به علت نزدیکی شعاع‌های یونی یون فلئوئور (۰,۱۳۶ نانومتر)، یون هیدروکسید (۰,۱۴ نانومتر) و یون اکسید (۰,۴ نانومتر) امکان جایگزینی آن‌ها با هم در کانی‌های گوناگون وجود دارد.

در حال حاضر در میان انبوه کانی‌های فلئوئوری فلئوئورین، مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده فلئوئور جهان است. اما مقادیر بسیار زیادی فلئوئور را نیز می‌توان از سنگ‌های فسفاته بدست آورد. تحقیقات نشان می‌دهد که به عنوان منابع آتی فلئوئور می‌توان از توپاز، با ستزیت و محصولات جانبی استخراج کانی‌های سولفیدی و باریت استفاده نمود.

فلئوئوریت در محدوده وسیعی از شرایط زمین‌شناسی تشکیل و مشاهده می‌شود. فلئوئور تقریباً همیشه در سیلیکات‌های واحد یون هیدروکسیل و سایر کانی‌های پگماتیستی وجود دارد و در آنها جانشین قسمتی از یون‌های هیدروکسیل می‌شود و همچنین در بین کانی‌های بر مربوط به اگزالاسیون‌های آتشفشانی، تعدادی از بورات‌های فلئوئوردار وجود دارند. از این سری می‌توان بسیاری از کانی‌های پگماتیستی را نام برد که به صورت کانی‌های فلئوئور نیز معرفی می‌گردند. عنصر فلئوئور گازی خورنده و به رنگ زرد تیره می‌باشد که منابع اولیه آن در تمام جهان به شکل‌های مختلف ترکیب شده با عناصر دیگر پراکنده می‌باشد. مهم‌ترین این مواد فلوریت یا فلئوئور اسپار می‌باشد. از دیگر کانی‌های فلئوئور می‌توان از توپاز، فلورین ایتريم دار و کریولیت نام برد.

فلئوئور در طیف وسیعی از محیط‌های زمین‌شناسی دیده می‌شود که این نشانه تشکیل که این کانی در شرایط فیزیکی شیمیایی گوناگونی است. از یک طرف بعنوان کانی فرعی در گرانیته‌ها و سنگ‌های آذرین وجود دارد و از طرف دیگر بصورت بلور در ژئودها و بصور خوشه‌ای در غارهای آهکی دیده می‌شود. از نقطه نظر اقتصادی مهم‌ترین شکل‌های پیدایش این کانی عبارتند از:

الف - رگه‌های شکافی در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی

این رگه‌ها که معمولاً در طول سنگ‌ها یا نواحی برشی بوجود می‌آیند ساده‌تر از هر نهشته دیگر فلورین، قابل شناسایی هستند. کانی‌های شاخص همراه با این قبیل نهشته‌ها، کوارتز، کلسیت یا دیگر کربنات‌ها، سولفیدهای آهن، سرب و روی است. در بعضی از نهشته‌های رگه‌ای مانند نهشته‌های ناحیه روز یکلارک به نظر می‌رسد فلئوئورین جانشین یک رگه کلسیتی شده باشد. در طول برخی رگه‌های موجود در سنگ‌های کربناته در محل برخورد سنگ دیواره با لایه‌های مناسب فلئوئورین جایگزین سنگ دیواره شده و نهشته‌های قابل استخراج وسیعی را بوجود آورده است. اگرچه ساخت‌های رگه‌ای به‌طور

چشمگیری تداوم دارند اما فلوتورین موجود در این ساختها معمولاً به صورت عدسیها و یا بخشهای پرعیاری است که توسط بخشهای کانی سازی نشده یا کم عیار جدا شده‌اند.

عیار فلوتورین در بخشهای قابل استخراج رگه‌ها معمولاً بین ۲۵ تا ۸۰ درصد است. عیارهای بالاتر از ۹۰ درصد نیز در مناطق محدودی مشاهده شده است.

ب - نهشته‌های جانیشینی لایه‌ای شکل در سنگهای کربناته

این نهشته‌ها بصورت لایه‌ای در سنگهای کربناته بوجود می‌آیند. بعضی از لایه‌های فلورین در طول یا در مجاورت شکستگیهای ساختمانی مانند درزها یا سنگها جانشین می‌شود. این ارتباط با عارضه‌های ساختی در بعضی نهشته‌ها بسیار واضح اما در بعضی دیگر مبهم است. گاه رسوباتی از ماسه سنگها، شیل یا رس نیز بر روی نهشته‌ها وجود دارد. نهشته‌های لایه‌ای ویژگیهای بافتی سنگ مادر از جمله خصوصیت موازی بودن را بطور معمول حفظ می‌کنند. گاه همراه با کانه لایه لایه شده، شکل بلوری بزرگی از کانه دیده می‌شود که بنظر می‌رسد فضاهای خالی حاصل از انحلال سنگهای آهکی را که تحت تأثیر محلول‌های حاوی کانه یا محلول‌های مادر بوده است پر کرده باشد. کانیهای همراه با فلوتورین در نهشته‌های لایه‌ای، کلیست، دولومیت، کواتز، گالن، اسفالریت، پیریت، مارکاسیت و سلسستین هستند. حداقل عیار قابل قبول در این نهشته‌ها ۱۵ درصد میباشد.

ج- نهشته‌های جانیشینی در سنگهای کربناته

نهشته‌های جانیشینی در نقط تماس با توده‌های نفوذی ریولیتی در مناطقی از مکزیک بخوبی گسترش یافته‌اند. بعضی از بزرگترین و پرعیارترین نهشته‌های فلوتورین دنیا از این نوع هستند. فلوتورین موجود در این نهشته‌ها در ابتدا در تماس با ناحیه دگرگونی نبوده است بلکه در تبعیت از ناحیه تماس بعنوان جایگزین سنگ آهک خروجی از محدوده تماس یا به صورت توده‌ای و یا به صورت موضعی در تماس با ناحیه دگرگونی قرار گرفته است.

د- نهشته‌های داربستی

فلوتورین اغلب بصورت داربستی و پرشدگیها در نواحی برشی و برشی دیده می‌شود. بیشتر نهشته‌های غرب آمریکا از این نوع می‌باشند و گرچه وسعت آنها زیاد ولی عیار آنها معمولاً کم است. نمونه‌ای از این نهشته‌ها در نیومکزیکو و کلرادو قرار دارد.

در ناحیه‌ای در بخش ترانسوال آفریقای جنوبی نیز سه منطقه برشی عمودی وجود دارد که دارای رگه‌های فلئورین - کربنات در یک امتداد شرقی - غربی می‌باشد. بزرگترین ناحیه این نهشته‌ها، سطحی حدود ۱۲۰۰۰ متر مربع و ۱۰۰۰ متر عمق دارد و عیار فلورین در آن حدود ۱۴ درصد می‌باشد.

ه- نهشته‌های موجود در حاشیه کمپلکس سنگهای آلکالن و کربناتیت

فلورین در کمپلکس‌های سنگ آلکالن و کربناتیت، متداول و معمولی است اما میزان فراوانی آن بندرت به جد اقتصادی می‌رسد. نمونه‌ای از این نهشته‌ها در آفریقای جنوبی قرار دارد. در این نهشته‌ها فلئورین در سنگ آهکها و کوارتزیت‌ها یافت شده است که تحت نفوذ سنگ آذرین آلکالن شامل سینیت قرار گرفته و دگرگونی شده است. فلئورین در اینجا جایگزین سنگ آهن، مرمر و کوارتزیت برشی و لایه‌ای شده است. آپاتیت و کوارتز کانیه‌های فرعی هستند که به فراوانی همراه با این نهشته‌ها یافت می‌شود.

و- تمرکزهای برجا ناشی از هوازگی نهشته‌های اولیه

تمرکزهایی از فلئورین در بقایای رسی و ماسه‌ای حاصل از هوازگی سطحی رگه‌ای در برخی نقاط منابع عمده فلئورین متالوژیکی به وجود آورده است. این نوع نهشته‌ها هم شامل نهشته‌هایی آواری است که بالای رگه‌ها را پوشش می‌دهد و هم بخشهای فوقانی رگه‌ها را که به شدت هوازده‌اند و تا عمق ۳۰ متری یا بیشتر گسترش دارند. در بر می‌گیرد.

نمونه‌هایی از هوازگی عمقی کانه را در انگلستان، تایلند، ناحیه آستوریاس در اسپانیای شمالی می‌توان مشاهده کرد.

ز- محصول فرعی قابل در نهشته‌های فلزی

فلئورین بعنوان کانی فرعی عمده در رگه‌های سرب و روی در نقاط مختلف جهان یافت می‌شود. در برخی از این نهشته‌ها عیار متوسط فلئورین به ۱۰ تا ۲۰ درصد می‌رسد که از نظر اقتصادی قابل استخراج است. بعنوان مثال در یک کارخانه سرب و روی در مکزیک، با استفاده از مواد باطله کارخانه در مقیاس وسیع فلئورین تولید می‌شود.

## ۲-۱- کانیه‌های مهم

کانی فلورین یا فلئوریت به فرمول شیمیایی  $CaF_2$  مهمترین کانی فلئور در طبیعت میباشد که می‌توان فلئور را از آن بدست آورد. فلئوریت یک کانی با اهمیت صنعتی است که از کلسیم و فلئور تشکیل یافته است. این کانی یک کانی بسیار معمول سنگ‌ساز می‌باشد که در بخش‌های زیادی از جهان یافت می‌گردد. در صنعت معدن‌کاری، فلئوریت اغلب تحت نام

«فلوئوراسپار» نامیده می‌شود. فلوئوریت در محدوده وسیعی از شرایط زمین‌شناسی تشکیل و مشاهده می‌شود. همچنین به صورت رگه‌های کوارتز فلوئوریت‌دار در سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونه، جانشینی در اسکارن‌ها، در مرکز بخش حاشیه‌ای کربناتیت‌ها، در باطله‌های کان‌سنگ‌های فلزات پایه و سنگ معدن باریت، جانشینی در سنگ‌های آهکی، رگه‌های پگماتیتی و تنوره‌های برشی دیده می‌شود. فلوئوریت ممکن است در کنار چشمه‌های آب معدنی با حرارت خیلی بالا نیز تشکیل شود.

دیگر کانی‌هایی فلوئور که کمتر رایج هستند، عبارتند از:

• کریولیت ( $\text{Na}^3\text{AlF}_6$ )

• اسلایت ( $\text{MgF}_2$ )

• توپاز

• ویلیومیت

• باستناسیت

• فلوئورآپاتیت

## ۲-۲- ژنز

فلورین در محدوده وسیعی از شرایط زمین‌شناسی تشکیل و مشاهده می‌شود. همچنین به صورت رگه‌های کوارتز فلوئوریت‌دار در سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونه، جانشینی در اسکارن‌ها، در مرکز بخش حاشیه‌ای کربناتیت‌ها، در باطله‌های کان‌سنگ‌های فلزات پایه و سنگ معدن باریت، جانشینی در سنگ‌های آهکی، رگه‌های پگماتیتی و تنوره‌های برشی دیده می‌شود.

بدین ترتیب به صورت فرعی، کانی‌های اصلی خانواده گرانیت و سنگ‌های نزدیک این خانواده را همراهی می‌کند و به صورت کامل در گرهک‌ها و آهک‌های داخل غارها یافت می‌شود.

بطور کلی نهشته‌های فلوئورین را می‌توان از لحاظ منشأ به دو دسته نهشته‌های برونزاد و نهشته‌های درونزاد تقسیم نمود:



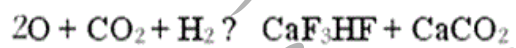
الف) نهشته‌های برونزاد

این نهشته‌ها بطور عمده به طریق شیمیائی تشکیل می‌شوند و در رسوبات حاصل از خشک شدن حوضه‌های رسوبی و یا چشمه‌های آب معدنی کربناتی (چشمه‌های تراورتنی) شکل می‌گیرند. آب و هوای خشک نقش مهمی در تجمع فلوئورین در رسوبات دارد. مطالعه در مورد این کانی در مناطق خشک، شرایط تشکیل این کانی را مشابه با شرایط تشکیل کانی‌های هالیت، ژیپس و انیدریت ذکر کرده‌اند.

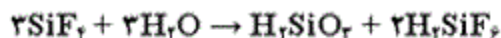
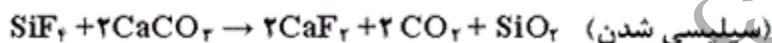
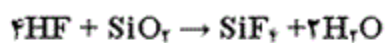
ب) نهشته‌های درونزاد

این نهشته‌ها بصورت نهشته‌های مرکب در انواع ماگمای اولیه و ماگمای تأخیری تشکیل می‌شود. زیرگروه پنوماتولیتی - هیدروترمالدر سازندهای پگماتیتی، کربناتیتی، اسکارنی، آلبیتی و گرایزنی یافت میشود. نمونه شاخص نوع هیدروترمال با کانیهای فلوئورین، کانی برتراندیت همراه است. از آنجا که اکثر ذخایر فلوئورین منشأ هیدروترمال دارند در این جا به شرح مختصری درباره آن اشاره می‌شود.

اسید فلوئیدریک (HF) موجود در محلولهای هیدروترمال بنا به معادله زیر بر سنگ آهک اثر می‌کند.



واکنش HF با حضور ۲ SiO<sub>۲</sub> و ۳ CaCO<sub>۳</sub> بنا بر معادلات زیر انجام می‌شود:



نهشته‌های هیدروترمال خود به سه دسته نهشته‌های هیپوترمال، مزوترمال و اپی ترمال تقسیم بندی شده‌اند:

نهشته‌های هیپوترمال:

این نهشته‌ها معمولا در محل تماس ماگمای نفوذی مادر با سنگ سقف بوجود آمده است. تشکیل گرايزن در گرانیت‌ها و تشکیل اسکارن در سنگ آهک از این جمله می‌باشد. از کانیهای همراه با این نهشته‌ها می‌توان میکاهای بی‌رنگ، تورمالین، کاستریت، توپاز و کریولیت را نام برد. از جمله نهشته‌های این نوع می‌توان نهشته سولونگو در شرق روسیه را نام برد که در آن یک رگه فلوتورین با ضخامتی برابر با یک تا ۳۵ متر و طولی معادل ۷۰۰ متر در گرانیت گرايزنی نفوذ کرده است.

### نهشته‌های مزوترمال:

این نوع نهشته‌های بسیار فراوانند و نسبت به نهشته‌های هیپوترمال از محل تماس ماگمای نفوذی، سنگ سقف در فاصله دورتری قرار دارند. کانیهای همراه آن، کوارتز (اغلب در گرانیتها)، باریت، کلسیت (اغلب در سنگ آهک) و معمولا برخی از سولفیدهای مس، سرب، روی و آهن، کانیهای حاوی اورانیوم یا کانیهای حاوی خاکهای نادر (مانند پاریزیت  $CeCa(CO_3)F$  در نفلین سینیت) هستند. این نهشته‌ها از نوع رگه‌ای یامتاسوماتیک هستند. ضخامت رگه‌ها در سنگهای آذرین در مقایسه با سربهای رسوبی که در آن رگه‌ها به صورت موضعی رسوب کرده‌اند ثبات بیشتری دارد. وسعت این رگه‌ها تا چندین هزارمتر مربع می‌رسد. متاسوماتیک‌ها در سنگهای کربناته بصورت زین اسبی، تنوره‌ای مانند هستند. کانه ممکن است در این نوع همراه با سنگ دیواره سرپستی، سیلیسی یا پیریتی باشد. از آنجا که فلوتورین در مقایسه با سنگ آهک وزن مخصوص بالاتری دارد. حجم کنسار طی فرآیند متاسوماتیسم کاهش می‌یابد و در نتیجه لایه‌های رویی نهشته نشست می‌کند. بعنوان نمونه از نهشته‌های فلوتورین مزوترمال، نهشته‌های ایلینویز و کنتاکی در محل برخورد رودهای تنسی و اوهایو را میتوان نام برد.

### نهشته‌های اپی ترمال:

این نهشته‌ها اغلب با اپال، کالسدوئن، کائولینیت، پیریت یا مارکاسیت یا سولفیدهای جیوه و آنتیموان همراه است. چنین نهشته‌های از نظر ساختمان بصورت‌های برشی، نواری یا موازی هم محور، خوشه‌ای یا شعاعی با بلورهای طویل دیده می‌شوند. در وسط این رگه‌ها اغلب حفره‌ای وجود دارد که جدارهای آن با بلورهای فلوتورین، مارکاسیت و دیگر کانیها پوشیده شده است. چنین نهشته‌هایی از رگه‌های فلوتورین را می‌توان در نهشته کالانگویی در روسیه مشاهده کرد. این نهشته‌ها در طول گسلی در ماسه سنگها و شیل‌های دوره ژوراسیک بوجود آمده است. در اینجا حرکت در طول سطوح ناهموار گسل، فضاهایی

خالی را بوجود آورده است و عدسیهایی از فلوئورین تا ضخامت ۷ متر را در خود جای داده است. ضخامت رگه فلوئورین در هر عدسی به ۱/۵ متر می‌رسد.

### ۳- تولید

از نظر میزان ذخایر فلوئوریت، بر اساس گزارش سال ۱۹۹۸ میلادی سازمان زمین‌شناسی و معدن آمریکا، کشور مکزیک با ۳۲ میلیون تن در رتبه اول و کشورهای آفریقای جنوبی و چین به ترتیب با ۳۰ و ۲۳ میلیون تن در مقام دوم و سوم را دارند. بعد از کشورهای فوق فرانسه با ۱۰ میلیون تن و اسپانیا با ۶ میلیون تن قرار می‌گیرند.

### ۳-۱- تولید فلورین

#### تولید جهانی فلورین

تولید جهانی فلوئوریت در سال ۲۰۱۷ به شرح زیر است:

۱- جمهوری خلق چین ۴ میلیون تن

۲- مکزیک ۷۷۲۱۰۰ تن

۳- مغولستان ۳۱۹۳۳۰ تن

۴- آفریقای جنوبی ۲۵۵۰۰۰ تن

۵- ویتنام ۲۳۴۴۲۰ تن

۶- اسپانیا ۱۲۵۸۷۰ تن

۷- مراکش ۷۵۵۰۹ تن

۸- ایران ۵۵۲۹۷ تن

۹- آلمان ۴۵۳۷۵ تن

۱۰- برزیل ۲۷۰۰۰ تن

ایران با تولید ۵۵۲۹۲ تن فلورین در سال ۲۰۱۷، رده هشتم تولید فلورین در جهان را داراست.

معادن کمر مهدی ( ۱۶۵ کیلومتری جنوب غربی طبس )، پاچی میانا ( ۸۸ کیلومتری جنوب قائم شهر)، پیناوند ( ۷۰ کیلومتری شماشرق اصفهان)، جویمند ( ۲۱ کیلومتری شمال غربی گناباد )، آتشکوه (۲۰ کیلومتری جنوب شرق دلیجان)، کیاسر (جنوب شرقی کیاسر و ۱۰ کیلومتری ده آرا) به عنوان معادن قدیمی و فعال فلورین در ایران به حساب می آیند.

جدول ۱- میزان کل معادن فلورین ایران، استخراج و ذخیره در سال ۱۳۹۷

(مرکز آمار ایران، ۳۰۱۶)

ماده معدنی	فعال	غیر فعال	در حال تجهیز	کل	پرسنل	استخراج یکساله (تن)	استخراج اسمی کل سال (تج)	ذخیره (هزارتن)
فلورین	۹	۱۳	۰	۲۲	۲۳۹	۴۶.۴۵۲	۸۵.۸۴۰	۲.۸۷۸

### ۳-۲- استخراج و فراوری

#### روش های استخراج:

برای استخراج فلورین برخی اوقات به روش زیرزمینی و برخی اوقات به روش روباز عمل می شود. فلورین معمولاً به صورت رگه ای یافت می شود. سپس با دنبال کردن رگه ها، استخراج معدن انجام می شود. برای استخراج فلورین، ابتدا توسط چکشهای حفاری چاله هایی ایجاد میکنند. سپس در مرحله بعد با قرار دادن دینامیت در چاله ها، انفجار انجام می شود. سپس فلورین ها جمع آوری می شوند. در مرحله بعد به وسیله سرنده، فلورین ها را از باطله ها جداسازی می کنند.

#### روش های فراوری:

برای فراوری فلورین روشهای گوناگونی وجود دارد. در روش سنگجوری، ابتدا به صورت دستی سنگهایی با عیار بالا را با توجه به اندازه، رنگ، وزن و ... جدا می کنند. سپس برای دانه بندی یا پودرسازی سنگها، آنها را در گرید مختلف تقسیم بندی خواهند کرد.

در روش فلوتاسیون، ابتدا سنگ با عیار کم را به سلول فلوتاسیون انتقال می دهند. سپس عملیات آگیری انجام شده و کنسانتره ای که تولید می شود، دارای عیار بیشتر از ۹۷ درصد می باشد.

## آرایش اولیه کانسنگ فلورین

با توجه به اینکه اختلاف وزن مخصوص فلورین و کانیهای همراه با آن زیاد نیست نمی‌توان انتظار داشت که بتوان با استفاده از وسایل ثقیلی برای جدایش فلورین از گانگ همراه نتیجه خوبی را بدست آورد.

با استفاده از نتایج آزمایشهای مایع سنگین نیز می‌توان کارآیی روشهای آرایش ثقیلی را در هر فراکسیون بررسی نمود. با توجه به موارد فوق عملاً در بیشتر کارخانه‌های آرایش فلورین از روشهای واسطه سنگین برای انجام آرایش اولیه استفاده می‌شود.

### جدا کننده واسطه سنگین

آرایش اولیه با استفاده از جداکننده‌های واسطه سنگین، با توجه به اختلاف وزن مخصوص میان کانیهای مورد نظر، مثلاً فلورین و گانگ، مثلاً کلسیت و کوارتز صورت می‌پذیرد. از آنجایی که وزن مخصوص کانی فلورین در حدود ۳ و گانگ همراه آن غالباً کمتر از ۸/۲ است، وزن مخصوص جدایش در بیشتر موارد در حدود ۸/۲ است. بدین ترتیب محصول شناور شده به طور عمده حاوی کانیهای سیلیکاته و کربناته است و محصول غوطه‌ور نیز از کانیهای باز وزن مخصوص بیشتر از جمله باریت، گالن و فلورین تشکیل می‌شود.

انواع جدا کننده‌های واسطه سنگین که برای آرایش اولیه فلورین مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

- جدا کننده‌های مخروطی
- جدا کننده‌های استوانه‌ای
- سیکلون
- جدا کننده دیناویرپول

آرایش اولیه مرحله مهمی در پرعیار کردن کانسنگهای فلورین است. فواید آشکار این عملیات بالا بودن عیار خوراک مرحله فلوئاسیون، افزایش ظرفیت کارخانه فلوئاسیون همراه با کاهش هزینه کارخانه برای هر تن کنسانتره، کاهش هزینه‌های حمل و نقل، افزایش عمر معدن و مکانیزه کردن روشهای استخراج است.

مزیت مهم دیگر انجام عملیات آرایش اولیه، به دست آوردن کنسانتره‌ای با عیار متالورژیکی و با ابعاد نسبتاً درشت (حداکثر ۳ تا ۵ سانتیمتر و حداقل ۰/۵ تا ۲/۵ سانتیمتر) است.

معمولاً خوراک مرحله آرایش اولیه با استفاده از واسطه سنگین دارای عیار ۲۰ تا ۳۵ درصد فلورین است. در غالب موارد عیار فلورین محصول خروجی از این مرحله نیز ۴۰ تا ۶۰ درصد و بازیابی این عملیات نیز در بیشتر موارد بیش از ۹۰ درصد است. همراه با محصول پرعیار شده که خوراک مرحله فلوتاسیون خواهد بود، می‌توان محصولی با عیار ۸۰ تا ۹۰ درصد جهت مصارف متالورژیکی بدست آورد.

## خردایش و دانه‌بندی

عملیات خردایش و دانه‌بندی در مراکز تولید کنسانتره فلورین به صورت استاندارد آمده است. در این عملیات معمولاً سیکلونها در مسیر بسته همراه با یک آسیای گلوله‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. و نیز در بعضی موارد از سرندهای گوه‌ای استفاده می‌شود. خردایش کانسنگ به منظور آزاد سازی کانیها بدون خردشدن بیش از حد فلورنی مسئله مهمی در کانه آرای کانسنگهای فلورین است. در بیشتر موارد آسیا کردن مواد تا حدود ۶۵ تا ۸۵ درصد زیر ۲۰۰ مش برای رسیدن به درجه آزادی کانیها در کانسنگ فلورین کافی است. اما در غالب موارد خردایش مجدد نیز برای ریزتر کردن خوراک مسیر فلوتاسیون لازم و ضروری است. خردایش در تمامی کارخانه‌های موجود به صورت تر انجام می‌گیرد. اما تحقیقاتی به صورت آزمایشگاهی در ارتباط با خردایش خشک انجام گرفته است. این روش خردایش با همه مزایای که برای آن ذکر کرده‌اند هنوز در صنعت کاربردی نیافته است.

## فلوتاسیون کانسنگ فلورین

در فرآیندهای فلوتاسیون کانسنگهای فلورین بنا بر نوع کانسنگ از یک محصول فلورین گرفته تا چهار محصول فلورین، گالی، اسفالریت و باریت ممکن است به دست آید. حتی اگر این کانیها در حد مطلوب و اقتصادی در کانسنگ فلورین موجود نباشند، باید به کمک فلوتاسیون یا با استفاده از بازدارنده‌های مناسب آنها را جدا ساخت و از حضور آنها در کنسانتره فلورین جلوگیری کرد. توالی کانیهای فلوته شده به صورت گالن، اسفالریت (در صورت وجود)، فلورین و باریت است.

## ۴- موارد استفاده

مهم‌ترین کاربرد شیمیایی فلورین در تولید اسید فلوریدریک است که از اثر سولفوریک بر فلورین به دست می‌آید. از حدود یک کیلوگرم فلورین، ۴۵۴ گرم اسید فلوریدریک تهیه می‌شود.

اسید فلوریدریک کاربردهای متعددی دارد. به عنوان مثال: تهیه فلوروکربن‌ها، پاک کننده‌ها، فعال کننده‌های سطحی مواد دارویی، عوامل کفزا در آتش نشانی. همچنین در صنعت آلومینیوم برای تهیه فلورید آلومینیوم کاربرد دارد.

### کاربرد در صنایع سرامیک

در صنعت سرامیک، فلورین در تولید شیشه‌های سفید و لعاب به کار می‌رود. در این مواد، فلورین هم به عنوان کمک ذوب و هم به عنوان مات کننده عمل می‌کند. کاربرد فلورین در این صنعت باید با احتیاط باشد. چون به دلیل واکنش‌های دیگری که با سایر اجزای لعاب صورت می‌دهد، باعث فساد این ترکیبات و ایجاد سوراخ‌های سوزنی در لعاب می‌شود.

### کاربرد در صنایع متالورژی

فلورین به دلیل خاصیت کمک ذوب بودن، در صنایع متالورژی کاربردهای فراوان دارد. از جمله کاربردهای آن می‌توان به صنایع فولادسازی، ریخته‌گری چدن و تولید آلیاژهای آهن و همچنین در تولید آلومینیوم برای تولید کریولیت مصنوعی اشاره کرد.

### کاربرد در صنایع اپتیک

فلورین برای مصرف در صنایع اپتیک به صورت شیمیایی و با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود. بلور این کانی به دلیل کم بودن ضریب شکست آن، اشعه ماوراء بنفش را به خوبی عبور می‌دهد. به همین دلیل، به عنوان منشور در سیستم‌های اپتیکی و ساخت عدسی‌های شیئی بدون تداخل رنگی در میکروسکوپ مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین فلورین به عنوان ابزار اپتیکی در سیستم‌های لیزری با انرژی زیاد، کاربرد دارد.

### کاربرد تزئینی

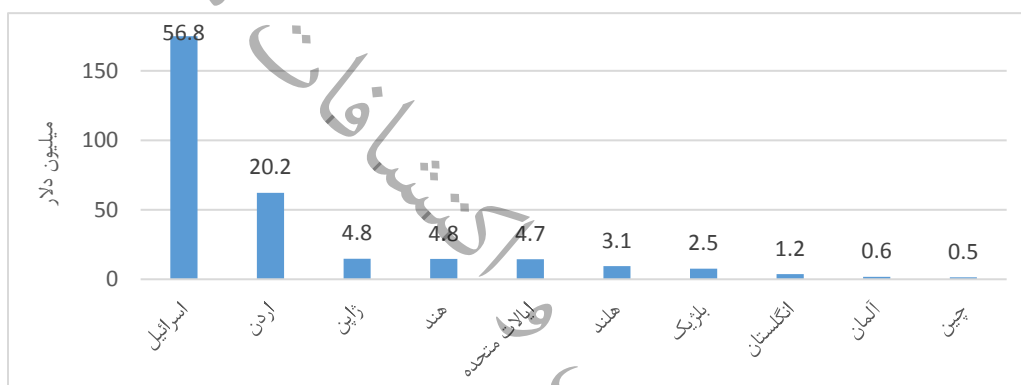
به علت زیبایی طبیعی کانی فلوئوریت، آن را به صورت خام و یا تراش خورده و در رنگهای مختلف، به عنوان سنگ گرانیتها و تزئینی مورد استفاده قرار می‌دهند که معمولا دارای قیمتی بالاست.

## ۵-تجارت

### ۵-۱-صادرات

در بررسی ارزش صادرات، اسرائیل با صادرات ۱۷۴,۹ میلیون دلار فلورین (معادل با ۵۶,۸ درصد) از مجموع صادرات فلورین در جهان، بزرگترین صادرکننده این ماده معدنی در جهان در سال ۲۰۱۷ بوده است و پس از آن کشورهای اردن، ژاپن و هند به ترتیب با ۶۲,۲۰ و ۱۴,۷ میلیون دلار، در جایگاه‌های بعدی قرار گرفته اند. براساس آمار گمرک جهانی، ایران در سال ۲۰۱۷ جایگاهی در بین صادرکنندگان فلورین در جهان ندارد.

نمودار ۱- ارزش و سهم کشورها از صادرات فلورین در جهان



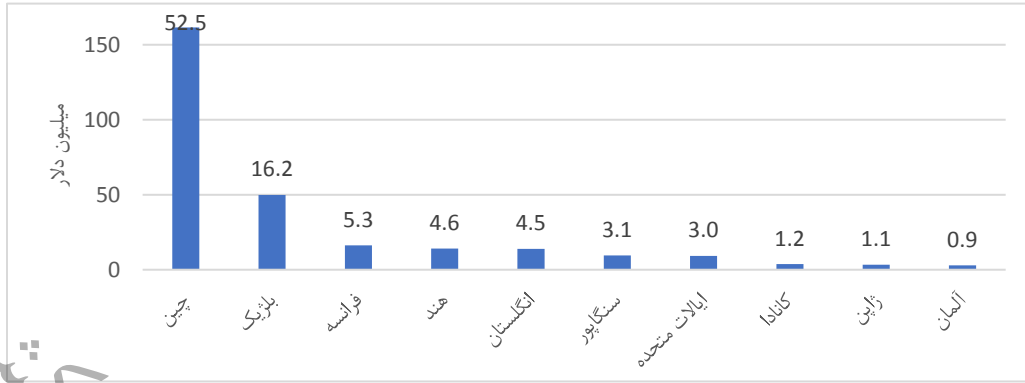
(<https://atlas.media.mit.edu>)

### ۵-۲-واردات

در سال ۲۰۱۷ کشور چین با ارزش واردات ۱۶۱,۵ میلیون دلار فلورین (معادل با ۵۲,۵ درصد از مجموع ارزش واردات فلورین در جهان)، بزرگترین واردکننده این ماده معدنی بوده و پس از آن کشورهای بلژیک و فرانسه به ترتیب با ۴۹,۹ و ۱۶,۲ میلیون دلار، در رده های بعدی قرار داشته اند.

نمودار ۲- ارزش و سهم کشورها از واردات فلورین در جهان





(<https://atlas.media.mit.edu>)

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

## منابع

- نتایج آمارگیری از معادن مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷

- <https://fa.wikipedia.org>

- <https://www.فلورین.com>

- (<https://atlas.media.mit.edu>) The Observatory of Economic Complexity

کشور

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی