

بررسی منشأ گچ در اراضی شمال غربی اصفهان

نورا ایر تومانیان^{*}، احمد جلالیان^{**} و عبدالرحیم ذوالانوار^{***}

چکیده

خاکهای گچی که از بارزترین خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشند، در استان اصفهان پراکنش زیادی دارند. اراضی گچ دار شمال غربی اصفهان، قسمتی از حوضه آبخیز شمالی رودخانه زاینده‌رود را تشکیل داده، به صورت حوضه‌ای بسته توسط منابع زمین شناختی محصور گردیده‌اند. به منظور بررسی منشأ گچ و شناخت منابع زمین شناختی تغذیه کننده کانی گچ در منطقه فوق، ۲۲ قطعه مطالعاتی از کل سطح مواد زمین شناختی حوضه، براساس سطح تأثیرگذاری هر کدام در تولید گچ انتخاب گردید. با استفاده از مقاطع طبیعی و مصنوعی در نقاط تعیین شده، نمونه‌های متعددی از رسوبات لا یهای مختلف تمامی نقاط برداشته شد.

مشاهدات صحراوی بیانگر آن بود که: در سازند نایبند و شمشک، بلورهای گچ در اطراف و سطوح جانی شیل‌های متورق به مقادیر زیادی وجود دارد و بلورهای پیریت تنها در شیل‌های معدن باما قابل رویت بود. در مواد فرسایش یافته از کنکلومراتی قرمز رنگ قاعده کرتاسه، مقادیر قابل توجهی گچ تجمع یافته است. در رگه‌های هیدروترمال موجود در سازندهای شمشک و نایبند، بلورهای گچ در متن یا داخل حفرات و یا بین رگه‌های مختلف سنگها دیده می‌شود. در قسمتهاهی از سازند قم (رسوبات تبخیری)، مقادیر معنابهی گچ وجود دارد. مشاهدات صحراوی و نتایج آزمایشها تفرق اشعه ایکس (XRD) روی پودر سنگها و نمونه‌های تلخیص شده (توسط سیالهای سنگین) و اندازه گیری سولفور باقی مانده در شیل‌های سطحی و همچنین تقاضی نازک و صیقلی سنگها چنان نشان می‌دهند که اولاً، در شیل‌ها هنوز هم پیریت و سولفورهای دیگر باقی است و ثانیاً، کانی گچ در متن بیشتر سنگها نمونه برداری شده وجود دارد. براساس نتایج بدست آمده می‌توان موارد زیر را به ترتیب اهمیت به عنوان منشأ و عامل اصلی تغذیه کننده گچ در خاکهای اراضی مورد مطالعه معرفی نمود:

- الف - رها شدن گچ از آهکهای کرتاسه، مخصوصاً از کنکلومراتی قرمزرنگ قاعده کرتاسه به واسطه هوادیگی و فرسایش.
- ب - تشکیل گچ بر اثر اکسیداسیون پیریت و دیگر سولفورهای موجود در شیل‌ها.
- ج - رها شدن گچ از کانیهای شیمیایی و تبخیری موجود در مارن‌ها و رسوبات سازند قم به واسطه هوادیگی و فرسایش.
- د - تشکیل گچ بر اثر فرایندهای هیدروترمالی آتش فشانهای اواخر دوران سوم.

واژه‌های کلیدی - خاکهای گچی، سازندهای گچی، رسوبات تبخیری

مقدمه

ریشه‌یابی سر منشأ گچ در اراضی گچ دار و بررسی فرایندهایی که طی آن گچ به خاک وارد می‌گردد، می‌تواند در مطالعات بعدی،

* - عضو هیأت علمی سازمان تحقیقات کشاورزی، اصفهان

** - دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*** - دانشیار زمین‌شناسی، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

سازند هرمز (پرکامبرین) در جزایر خلیج فارس و استان ساحلی و استان چهارمحال بختیاری و حاشیه غربی روراندگی زاگرس، سازندهای کلشانه و پادهات (کامبرین) در شرق ایران، نهشته‌های نمکی زاگرس و ژپس ملافیر (مزوزوییک) در شرق دماوند، رخسارهای آهکی-ژپسی در کرمان، رسوبات آنهیدریت هیث^۶ در نواحی مرکزی استان فارس و سواحل خلیج فارس، سازندهای زیارت در جنوب شرقی تهران، کرج در البرز جنوبی، گچساران در میدان نفتی مربوطه و تشکیلات نمکی تبریز (ترشییری) می‌توانند در انتشار گچ فعال باشند (۲). خادمی (۱۱) و خادمی و همکاران (۱۳ و ۱۴) در تحقیق دامنه داری که بر روی منشأ و چگونگی تجمع و توزیع گچها در منطقه مرکزی ایران انجام داده‌اند چنین نتیجه گیری می‌نمایند:

الف- منطقه مرکزی ایران که جزیی از راه آبی تیس بوده است، در اوخر دوران مزوزوییک از دریایی اصلی جدا شده و در دوران سوم تبدیل به تعداد متعددی دریاچه کم عمق حاوی گچ شده است. این دریاچه‌ها در اوخر دوران سوم و اوایل دوران چهارم به مردابهایی^۷ تبدیل گشته‌اند. خشک شدن اقلیم منجر به خشک شدن کامل آنها و ترسیب مقادیر زیادی گچ در حاشیه (فناها) و مرکز دریاچه (پلاتوها) شده است.

ب- یون‌های سولفات موجود در دریایی کرتاسه نقش اساسی در کنترل غلظت سولفات و ایزوتوپ‌های گوگرد در سیستم‌های آبی و خاکی بعدی در منطقه مورد مطالعه داشته است. بنابراین سولفات موجود در رسوبات کرتاسه، فعالیتهای ژئوشیمیایی رسوبات جدید و خاکهای ایجاد شده از آنها را تحت کنترل دارد. ج- اکثریت رسوبات آهکی کرتاسه و رسوبات الیگومیوسن حاوی مقدار قابل توجهی از سولفات می‌باشند. در دوره مرتوب بعدی، رسوبات زمین‌شناسی فرسایش یافته و گچهای رها شده از آنها به طرف مرکز حوضه‌ها منتقل شده‌اند.

در مورد تشکیل گچ بر اثر اکسیداسیون کاتیهای سولفوردار موجود در رسوبات زمین‌شناسی، تحقیقات دامنه‌داری در جهان

مخصوصاً زنگ و رده‌بندی خاکها و تعیین مسیر تکاملی افقهای گچی، مؤثر باشد. با این که اراضی گچ دار در مناطق خشک و نیمه خشک ایران گسترش زیادی دارند، ولی در مورد منشأ گچ مطالعه چندانی صورت نگرفته است. با توجه به این که هیچ گونه گزارش زمین شناختی نشان دهنده گچ در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد، پیگیری چگونگی تشکیل گچهای موجود در اراضی شمال غربی اصفهان هدف این مطالعه انتخاب گردید. اولین منشأ مؤثری که برای گچ در نظر گرفته می‌شود، رسوبات تبخیری است. رسوبات تبخیری مربوط به دوره‌های تریاس، ژوراسیک و کرتاسه از جنس رس و مارن گچ دار و توده سنگهای گچ و آنهیدریت در کشورهای اسپانیا، تونس و عراق گزارش شده است (۲۴). ته نشستهای دوره‌های ائوسن، الیگوسن و عمدتاً میوسن از جنس سنگ گچ، گچ بین لایه‌ای داخل مارن‌ها در اسپانیا، افریقای شمالی، خاورمیانه و جنوب غربی سیبری دیده شده و رسوبات گچ دار سازند فارس زیرین مربوط به دوره میوسن غالباً در شرق سوریه، غرب و مرکز عراق و جنوب ایران نهشته شده است (۲۴).

در مورد خاکهای گچی عراق چنین اظهار شده است که خاکهای گچی از مواد مادری حاوی لایه‌هایی از گچ و آنهیدریت، که سازند فارس نمونه بارز آن است، تشکیل شده‌اند (۹).

در اسپانیا رسوبات سنگ گچ و گچ بین لایه‌ای سارمانتین^۱ (میوسن بالایی) و لودین^۲ (حدواسط بین الیگوسن و ائوسن) در دره ابرو^۳ و رسوبات میوسن زیرین در دره توجا^۴، واقع در جنوب غربی مادرید (۹) و گچ باریاسترو^۵ (ائوسن بالایی) و در کپه ابرو در شمال شرقی موجب وارد شدن گچ فراوانی به خاک اراضی زیر دست می‌شوند (۱۰).

منطقه وسیعی از اراضی دوکشور سوریه و اردن به ترتیب از سنگهای تبخیری دوره میوسن و اردوویسین متأثر شده است (۲۳).

در ایران سازندهای دزو و راور (پرکامبرین) در کرمان و راور،

1- Sarmantien

2- Ludien

3- Ebro

4- Toja

5- Barbastro

6- Hith Anhydrite = Gotnia سازند قونیه عراق

7- Lagoons

نظر نموده‌اند که پیریت موجود در این سنگها طی پروسه اسید سولفاتی اکسیده شده است.

مواد و روشها

ارتباط رشته کوه کرکس با ارتفاعات سمت جنوبی زیر حوضه، تشکیل محدوده بسته‌ای را در شمال غربی اصفهان داده (نقشه‌های ۱ و ۲) که به عنوان محدوده مورد مطالعه این تحقیق در نظر گرفته شده است. این زیر حوضه به مساحت ۱۵۸۴۳۷۵ هکتار از سمت شرق، شمال و غرب توسط ارتفاعاتی که از پشت دانشگاه صنعتی شروع و از طریق چال سیاه و جنوب مورچه خورت و میمه به موته و از آن جا به رباط ترک و شمال جوشقان قالی و قهروند مرتبط شده و از طریق کشہ و طرق به زفره متنه می‌گردد، احاطه گردیده است. حد جنوبی این حوضه را آبرفت‌های رودخانه زاینده رود تشکیل داده است. منطقه مورد نظر جزیی از حوضه آبخیز رودخانه زاینده رود بوده و گچ موجود در خاکهای اراضی، اجباراً می‌باشد حاصل فرسایش ارتفاعات باشد که همراه با مواد دیگر از بالادرست به طرف واحدهای اراضی پست‌تر حمل شده است. واحدهای فیزیوگرافی تشکیل شده در محدوده مورد مطالعه، حاصل جابه جایی مواد، طی اوخر دوران سوم و دوره‌های مرطوب‌تر دوران چهارم می‌باشد. جابه جایی مواد در جهت شیوه‌های شعاعی و به طرف مرکز زیر حوضه، منجر به تشکیل مخروط افکنه‌ها (واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزنی شکل) و حرکت مواد در جهت شیب اصلی و در طول خط‌القعر زیر حوضه، منجر به تشکیل سطوح قدیمی (پلاتوها) و دشت‌های دامنه‌ای شده است. سطوح قدیمی، حاصل جابه جایی و ترسیب مواد طی جریانات قوی دوره‌های مرطوب اوایل دوران چهارم بوده که فرسایشهای بعدی آنها را به شکل تپه‌های طویل و یا اراضی بریده در آورده است.

براساس نقشه‌های زمین‌شناسی، کوههای منطقه از شیل‌های حاوی سنگهای آتشفسنای (سازند کهر) دوران

انجام یافته است. پوگ و همکاران (۲۰) و اورو را و همکاران (۴) ضمن بررسی سطح ویژه و شکل ظاهری کانیهای سولفوره در رسوبات ذغال‌دار و شیل‌های منطقه تکزاس آمریکا، اظهار می‌دارند که اکسایش پیریت و مارکاسیت باعث اسیدی شدن خاکهای ایجاد شده بر روی این رسوبات شده است. تتلتون و همکاران (۱۷) و ویتیگ و همکاران (۲۵) به وجود پیریت و آهک در شیل‌های گرانز ۱ آهک گرین هورن^۱ و رسوبات گروه داکوتا^۲ اشاره نموده و عقیده دارند طی فرایند اکسایش پیریت و ترکیب شدن ماحصل آن با کلسیم موجود در آهک، کانی گچ تولید می‌گردد. همچنین وجود گچ در شیل‌های جانسون، کارلایل^۳ و مانکوس^۴ را به دلیل اکسایش پیریت داخل آنها دانسته و شیل مانکوس را عامل تغذیه کننده گچ در خاکهای ایالت وایومینگ، کلرادو، یوتا، نیومکزیکو و آریزونا معرفی می‌کنند. مرموت و ارشاد (۱۶) با اشاره به وجود مقدار قابل توجهی پیریت در شیل‌های دریایی منطقه ساسکاچوان (کرتاسه)، چنین نتیجه گیری نموده‌اند که عامل اصلی تشکیل گچ و کانیهای محلول‌تر، هوادیدگی شیل‌ها و اکسایش پیریت می‌باشد. اکپوکوج (۳) در مطالعه‌ای بر روی رسوبات پرکامبرین نیوساوت ولز استرالیا، به این نتیجه رسیده است که گچ موجود در خاکهای حاصل از این مواد، از هوادیدگی شیمیایی و اکسایش پیریت داخل شیل‌های فیلایتی اعم از آهکی، دولومیتی و پیریتی و شیل‌های حاوی ماسه سنگ و کوارتزیت ایجاد شده است. مرموت و همکاران (۱۵)، مرموت و ارشاد (۱۶)، ریتزما و گرونبری (۲۱) و پوست‌مادایک (۱۹) تحقیقات زیادی در مورد اکسایش پیریت در رسوبات باتلاقی و ساحلی انجام داده‌اند و فانینگ (۸) به طور کامل تمامی مراحل اکسایش پیریت را بررسی و کل مطلب را در چهار مرحله جداگانه ارائه نموده است. ماتز زیگفرید (۱۴) وجود کانیهای سولفوره و به ویژه پیریت را در ترکیب گرانیت ذکر نموده است. دی کیمپ و مایلز (۶) در مورد اکسایش پیریت موجود در سنگهای آذرین و دگرگونی دوران پرکامبرین جنوب شرقی انتاریوی کانادا اظهار

روش شناورسازی^۱ (جدا کردن کانیهای سنگین از کانیهای سیک توسط سیالهای سنگین) استفاده به عمل آمد، (۴، ۵، ۷ و ۲۰ و ۲۶) و منحنی پراش آنها با منحنی پیریت خالص و منحنی حاصل از پودر سنگها مقایسه شد. برای درک این که آیا در شیل‌های فرسوده هنوز کانی سولفورداری وجود دارد یا خیر، سولفورهای باقی مانده دو نمونه سنگ اندازه‌گیری گردید. $S_{\text{سولفوره}} = S_{\text{سولفاته}} - S_{\text{کل}}$. برای مشاهده و شناسایی کانیهای موجود در نمونه سنگها و بررسی مکان و جایگاه بلورها و آرایش آنها، از سنگهای مختلف مقطع مقطع نازک و از سنگهایی که بلورهای اوپیک^۲ (کدر) داشتند مقطع صیقلی تهیه و مقاطع تهیه شده توسط میکروسکوپ‌های پلاریزان و انکساری تشریح و تصاویر لازم از آنها برداشته شد.

برای تمیز دادن بلورهای گچ از بلورهای کوارتز موجود در مقاطع نازک، از خصوصیات زیر استفاده گردید: ۱- ریلیف کمتر بلورهای کوارتز نسبت به بلورهای گچ. ۲- سیستم تبلور منوكلینیک گچ در مقابل سیستم تبلور هگزاگونال کوارتز. ۳- خاموشی موجی بلورهای کوارتز در مقابل خاموشی مستقیم و آتی بلورهای گچ. ۴- دو محوره و مثبت بودن علامت توری بلورهای گچ در مقابل یک محوره و مثبت بودن علامت نوری بلورهای کوارتز. ۵- بلورهای کوارتز در ضخامت‌های ۴۰ تا ۶۰ میکرون و در حالت XPL رنگین‌تر از بلورهای گچ با همان ضخامت می‌باشند. ۶- لایه بودن بلورهای گچ در مقابل بدون لایه بودن بلورهای کوارتز. ۷- حل شدن تدریجی بلورهای گچ مقاطع در آب، حین مطالعه زیر میکروسکوپ.

نتایج

مشاهدات صحراوی

در خاک حاصل از لایه کنگلومرای قرمز رنگ کوه جعفرآباد (K_۲) و رسوبات آهکی شمال غربی مورچه خورت (K_۱) مقادیر زیادی گچ دیده می‌شود (تصاویر ۱ و ۲). در رسوبات آهکی فرامینفرال دار منطقه شمال غربی شاهین شهر (سازندقم

پرکامبرین، شیل و ماسه سنگهای حاوی دولومیت و آهک (سازند میلا) دوره کامبرین، شیل و ماسه سنگهای پرمین، شیل و ماسه سنگهای ژوراسیک و تریاس (سازندهای شمشک، ناییند و شتری)، کنگلومرای قرمز رنگ قاعده کرتاسه و شیل‌های مارنی و آهکی کرتاسه میانی و بالایی و رسوبات آهکی کرتاسه، رسوبات تبخیری (سازند قم) دوره الیگو-میوسن و رسوبات اگلومرایی دوره میو-پلیوسن تشکیل یافته‌اند (نقشه ۱). از نظر آب و هوایی منطقه دارای اقلیم خشک بسیار گرم با تابستانهای خشک (BWhs)، تا نیمه خشک بسیار گرم با تابستانهای خشک (BSHs) می‌باشد.

در زیر حوضه انتخابی، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، تعداد ۲۲ نقطه مطالعاتی (نقشه ۱) در رسوبات و تشکیلات رمن‌شناسی، براساس وسعت و شدت تأثیرگذاری آنها در حجم فرسایش کلی، انتخاب و در هر نقطه مطالعاتی لایه‌های مختلف رسوبات و ارتباط آنها با هم مورد مطالعه قرار گرفت و نمونه‌های زیادی از سنگهای لایه‌های مختلف برداشته شد. برای مقایسه شیل‌های هوازده سطحی و غیر فرسوده عمقی، از سطح و عمق زیاد معدن باما (سازند شمشک، نقطه ۲۲) نمونه برداری گردید. در ضمن ۴ نمونه از خاکهای حاصل از فرسایش مستقیم رسوبات آهک اریتولین دار (K_۱) کنگلومرایی قاعده کرتاسه (K_۲) و سنگ آهک فرامینفرال دار (OM) برداشته شد. از انواع سنگهای داخل رگه‌های هیدرورتمالی سازندهای شمشک، ناییند و شتری نیز نمونه برداری انجام گرفت.

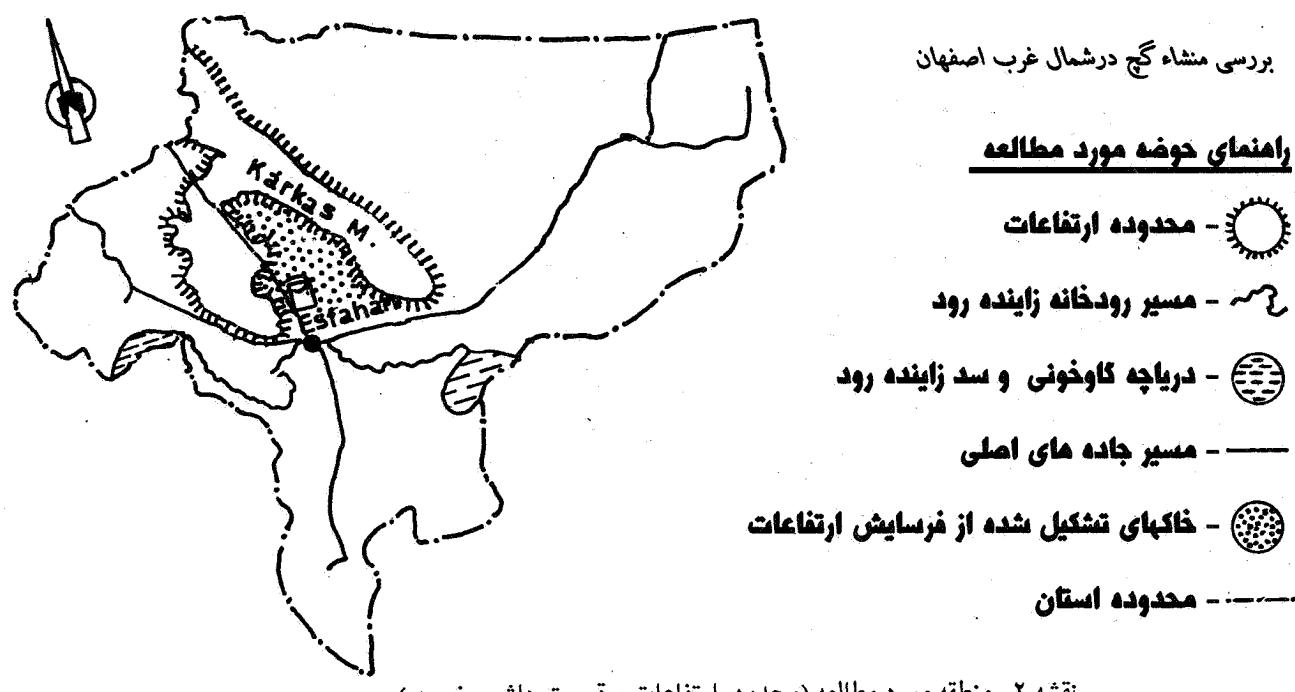
برای مشاهده و بررسی ارتباط کانیهای داخل و خارج سنگها و مشاهده دقیق سطوح داخلی ورقه‌های شیل و متن سنگها، از میکروسکوپ بینوکولار استفاده گردید. برای شناسایی و اطمینان از وجود کانیهای بلورین و تجزیه و تحلیل کانیهای داخل سنگها (کانی‌شناسی) روش تفرق اشعه ایکس مورد استفاده قرار گرفت. در این روش تیمار ۱۱۰°C برای شناسایی گچ به کار رفت. این تیمار باعث حذف پیک‌های کانی گچ می‌شود. در ضمن برای تغییظ و جدانسودن کانیهای سولفوره (پیریت)، از

راهنمای نقطه نمونه برداری شده

ag	کلورا	۱۱	سنگهای آتش‌نشاشی داسپیشی
OM	سنگهای آتش‌نشاشی همراه با مارن	۱۰	۱۰ سازندق همراه با مارن
OMq	سنگهای آتش‌نشاشی همراه با مارن	۱۱	۱۱ سازندق همراه با مارن
O	کلکلورا مارن رنگ‌دیده راه با	۱۲	۱۲ کلکلورا مارن رنگ‌دیده راه با
E ₂	آندریت کاراز و سنگهای آذرآزی	۱۳	۱۳ آندریت کاراز و سنگهای آذرآزی
E _s	کلکلورا شن دار ره راه با	۱۴	۱۴ کلکلورا شن دار ره راه با
E _t	کارازهای آذری اندزپیسی و توپ	۱۵	۱۵ کارازهای آذری اندزپیسی و توپ
K ₂	توپ کلکلورا و ماسنک	۱۶	۱۶ توپ کلکلورا و ماسنک
K _c	کلکلورای قرمنیا دولومیت زرد	۱۷	۱۷ کلکلورای قرمنیا دولومیت زرد
In	کارازهای آپینین - الپین	۱۸	۱۸ کارازهای آپینین - الپین
Tn	سنگهای آهکی	۱۹	۱۹ سنگهای آهکی
K _f	سده سنک و کلکلورای قرمنی	۲۰	۲۰ سده سنک و کلکلورای قرمنی
	شیلیل خاکستری تیره	۲۱	۲۱ شیلیل خاکستری تیره
	آهکرا لایتی	۲۲	۲۲ آهکرا لایتی
	شیلیل ماسه سنک	۲۳	۲۳ شیلیل ماسه سنک
	آهکرا ماسه سنک	۲۴	۲۴ آهکرا ماسه سنک
	آهک	۲۵	۲۵ آهک
	دولومیت زردنگ	۲۶	۲۶ دولومیت زردنگ



نقشه ۱ - زمین شناسی و محدوده زیر حوضه مورد مطالعه



نقشه ۲ - منطقه مورد مطالعه (محدوده ارتفاعات و قسمت هاشور خورده)

در مقایسه با محدوده استان اصفهان

بررسی مشاهده گج در شمال غرب اصفهان

راهنمای حوضه مورد مطالعه

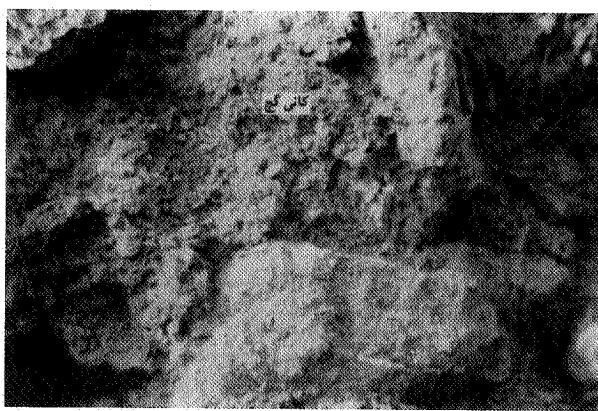
- محدوده ارتفاعات
- مسیر رودخانه زاییندہ رود
- دریاچه کاوخرانی و سد زاییندہ رود
- مسیر جاده های اصلی
- خاکهای تشکیل شده از فرسایش ارتفاعات
- محدوده استان

مشاهدات آزمایشگاهی

مشاهدات ریزبینی^۱ شیل‌های چال سیاه (سازند نایبند)، ذغال سنگ کک شده رگه هیدروترمال و شیل‌های شمال شرق مورچه خورت (سازند شمشک) مشخص نمود که در درزهای موئین موجود در متن شیل‌های چال سیاه بلورهای گج زیادی تشکیل شده است. این بلورها در سطوح داخلی ورقه‌های شیل به صورت لکه‌های مسطحی که هیچ گونه ارتباطی با هم ندارند، دیده می‌شوند. در این سطوح آثاری از حرکت آب وجود ندارد. تصویر ۱۰ این سطوح و بلورهای تشکیل شده روی آنها را به خوبی نشان می‌دهد. در متن ذغال سنگ کک شده مقدار زیادی بلورهای منشوری گج مشاهده می‌شود. این بلورها به گونه‌ای در متن ذغال سنگ کک شده قرار گرفته‌اند که می‌توان کاملاً مطمئن بود به نوعی در این سنگ به صورت درجا تشکیل و رشد یافته‌اند. تصویر ۱۱ نشان دهنده این موضوع بوده، هم چنین

OM)، محلول‌طی از کانیهای آهک و گج وجود دارد (تصویر ۳). در نقاط مختلف سازند نایبند کانی گج به صورت توده‌ای در لایه‌های سطحی و در لایه‌های عمقی به شکل ورقه‌هایی در لایه‌ای ماسه سنگها قرار گرفته است. در سازندهای شمشک و نایبند، داخل ورقه‌های هوا دیده شیل‌ها به مقدار زیادی گج دیده می‌شود (تصاویر ۴ و ۵). در این سازندها رگه‌های هیدروترمال زیادی مشاهده می‌شود که کانی گج در متن و یا در لایه لای رسوبات این رگه‌ها وجود دارد (تصاویر ۶ و ۷) و در خاکهای فرسایش یافته از سازند شمشک مقادیر زیادی گج تجمع پیدا کرده است (تصویر ۸). در شیل‌ها و دولومیت‌های خاکستری موجود در عمق سازند شمشک (معدن باما) مقدار قابل توجهی بسلور طلایی رنگ پیرویت (FeS_2)، سفید رنگ باریت (BaSO_4)، سبز و خاکستری رنگ اسفالریت (ZnS) و شالکوپیریت (CuFeS_2) و نقره‌ای رنگ مارکاسیت (FeS_2) دیده می‌شود (تصویر ۹). در شکافهای این شیل‌ها و دولومیت‌ها، بلورهای خیلی درشت گج با آرایش دم پرستویی

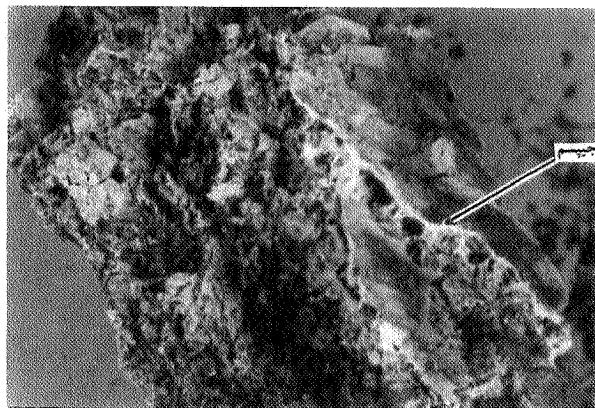
1- Microscopic observations



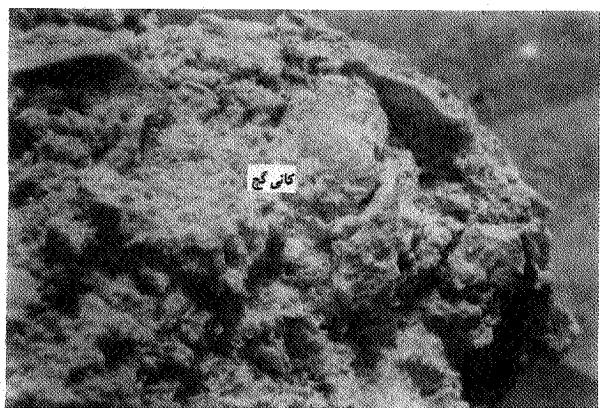
تصویر ۲- کانی گچ در رسوبات آهکی^c



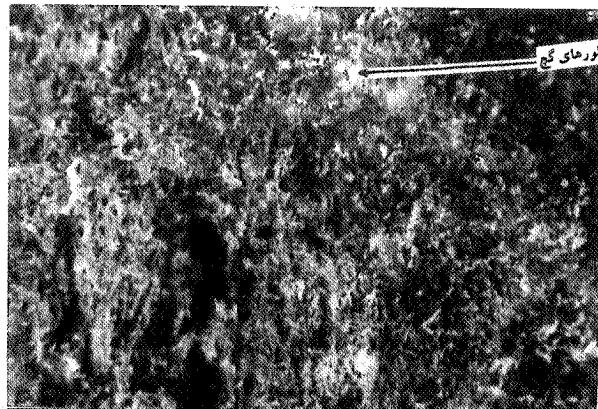
تصویر ۱- تشکیل گچ از رسوبات آهکی قاعده کرتاسه



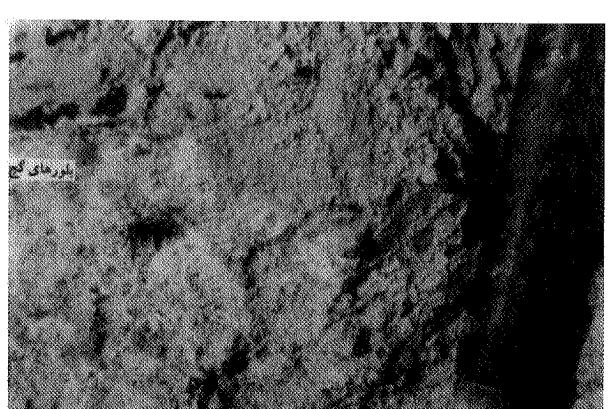
تصویر ۴- تجمع گچ در سطوح شکست شیل های سازند ناییند



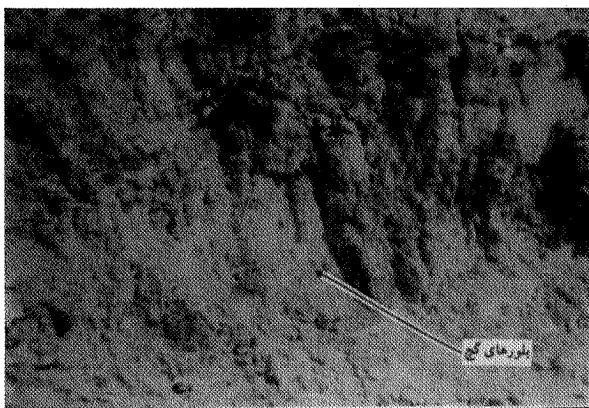
تصویر ۳- حجم گچ موجود در رسوبات سازند قم



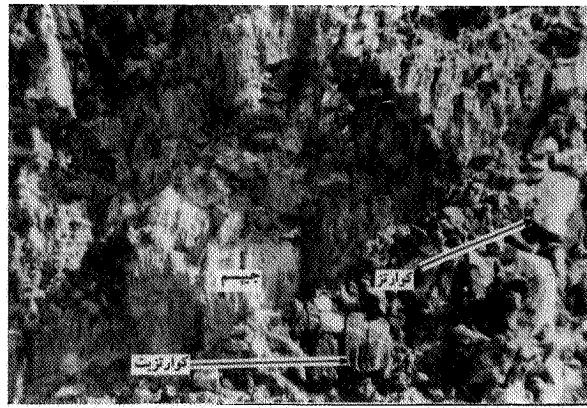
تصویر ۶- بلورهای گچ موجود در رگه هیدرولیک
سازند شمشک



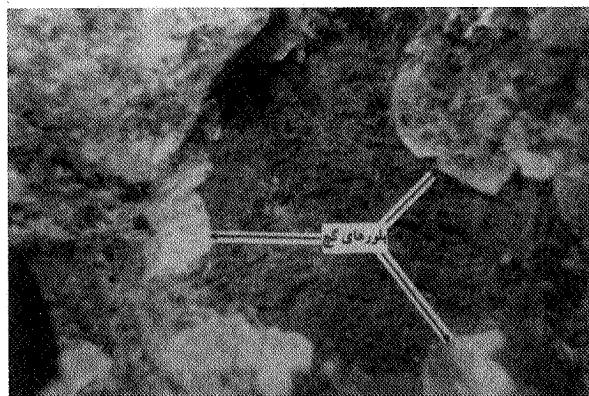
تصویر ۵- خاک تشکیل شده بر روی شیل های ناییند
و گچ موجود در آن



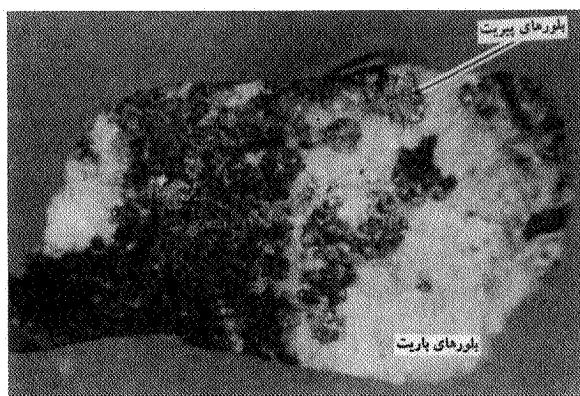
تصویر ۸- میزان گچ موجود در سازند شمشک



تصویر ۷- آرایش بلورهای گچ همراه کوارتز و کوارتزیت در لایه هیدروترمال سازند ناییند



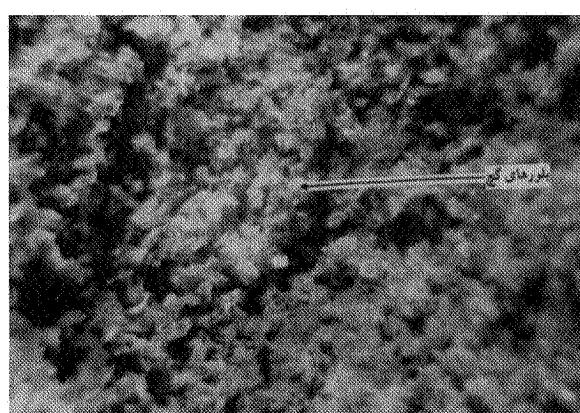
تصویر ۱۰- بلورهای میکروسکوپی گچ در سطوح داخلی ورقه‌های شیل سازند ناییند. بزرگنمایی $\times 100$



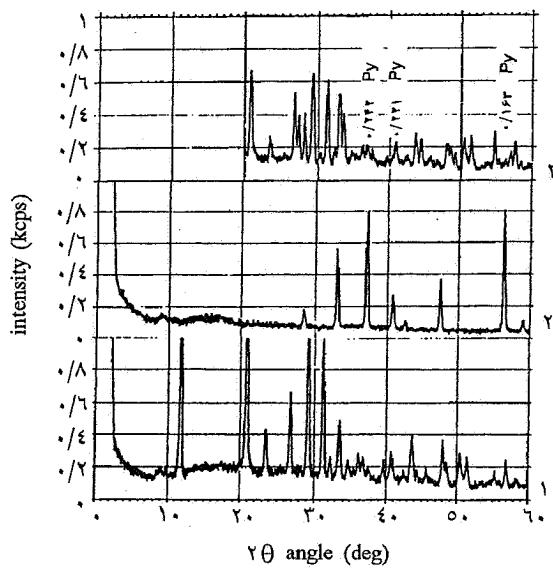
تصویر ۹- بلورهای پیریت، باریت و اسفالریت در سازند شمشک



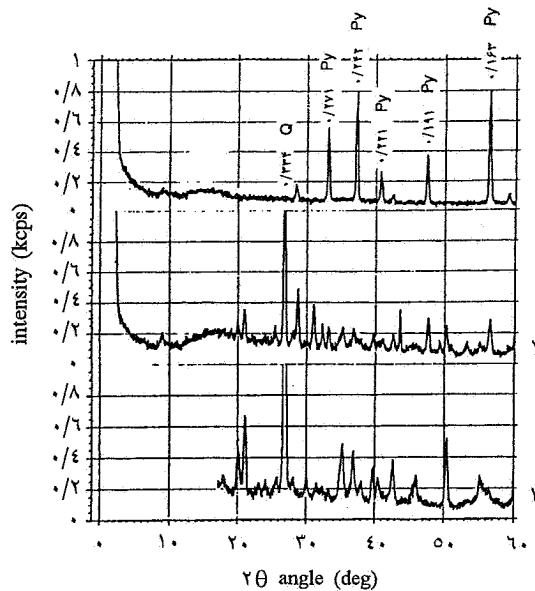
تصویر ۱۲- تورق گچ موجود در متن کنگلوموای قومز رنگ قاعده کرتاسه (K₂) بزرگنمایی $\times 400$



تصویر ۱۱- بلورهای میکروسکوپی گچ در متن ذغال سنگ کک شده بزرگنمایی $\times 100$



شکل ۲- منحنیهای پراش اشعه ایکس ذرات کمتر از $2/\text{میلیمتر}$ سازند شمشک ۱- پودر ذغال سنگ کک شده رگه هیدروترمال ۲- پیریت خالص ۳- نمونه تخلیص شده تیمار یک



شکل ۱- منحنیهای پراش اشعه ایکس ذرات کمتر از $2/\text{میلیمتر}$ سازند شمشک (معدن باما) ۱- نمونه پودر سنگ ۲- نمونه تخلیص شده ۳- پیریت خالص

می باشد. تصویر ۱۲ نشان دهنده بلورهای گچ موجود در سنگ آهکهای قاعده کرتاسه (K_2) است. این تصویر تورق بلورهای گچ در سنگ فوق را به خوبی نشان می دهد. از مطالعه مقاطع صیقلی تهیه شده نتایج مشروطه زیر به دست آمد:

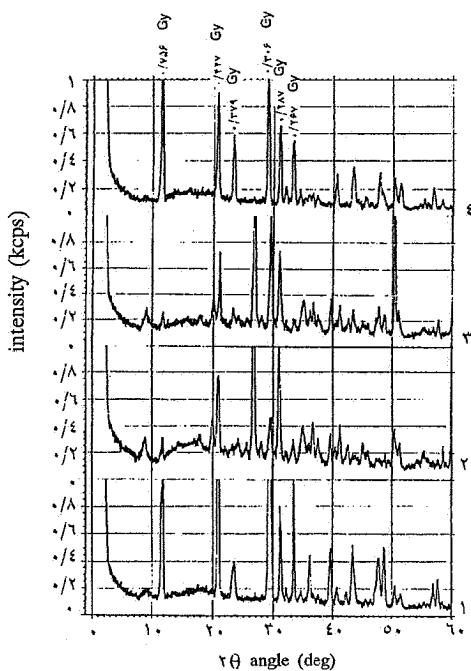
الف) در شیل معدن "باما" (تصویر ۹)، بلورهای تجمع یافته پیریت با جلای طلایی وجود دارد.
ب) در شیل سازند ناییند (چال سیاه)، وجود بلورهای بزرگ و مشخص، نشان از وجود تک بلورهای مکعبی پیریت در این سازند می باشد (تصویر ۱۳).

ج) بلورهای متعدد و طلایی رنگ پیریت در نمونه ذغال سنگ کک شده، نتایج آزمایش اشعه ایکس را کاملاً تأیید می نماید (تصویر ۱۴).

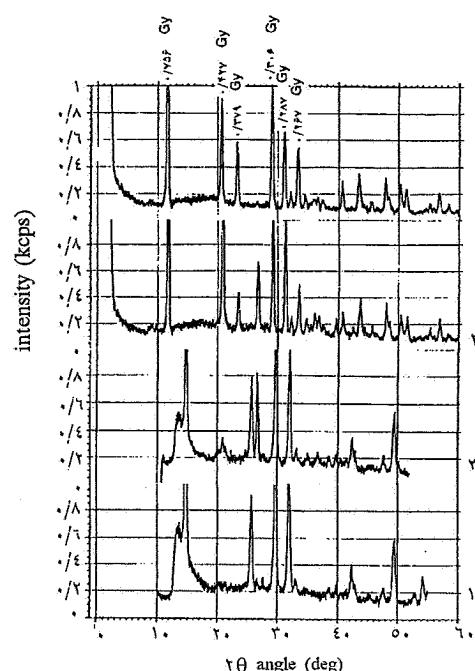
د) وجود بلورهای مکعبی در نمونه شیل سازند شمشک منطقه شمال شرقی مورچه خورت (جاده طرق)، نشان دهنده وجود پیریت در شیل های با تورق هلالی و سبز رنگ این سازند می باشد.

هیچ نشانه‌ای از مسیر عبور آب ارائه نمی نماید. شکل ۱ نشان دهنده دیفراکتوگرام ترسیم شده از شیل معدن "باما" می باشد. واضح است که بعد از خالص سازی پیک اصلی پیریت ($163/\text{نانومتر}$) نسبت به حالت پودری سنگ آن رشد زیادی نموده است. در ذغال سنگ کک شده از رگه هیدروترمال سازند شمشک، ظهور پیک کوچک $163/\text{نانومتر}$ در دیفراکتوگرام نمونه تخلیص شده نشان دهنده وجود مقداری پیریت در نمونه مزبور می باشد (شکل ۲) و پیک های $756/\text{نانومتر}$ ، $427/\text{n}$ و $306/\text{n}$ در $287/\text{n}$ و $267/\text{n}$ نانومتر که با تیمار 110° حرارت تماماً حذف گردیده اند نشان دهنده وجود میزان زیاد گچ در این سنگها می باشند (شکل ۳).

در دیفراکتوگرام خاک حاصل از فرسایش مستقیم سنگهای سازند قم و رسوبات آهکی قاعده کرتاسه، پیک های خیلی درشت قم $756/\text{n}$ ، $427/\text{n}$ ، $306/\text{n}$ و $379/\text{n}$ نانومتر نشان دهنده حضور میزان خیلی زیاد گچ می باشد (شکل ۴). جدول انمایانگر مقدار کل گوگرد سولفاته و گوگرد سولفوره باقی مانده در نمونه های شیل سازند ناییند و ذغال سنگ کک شده

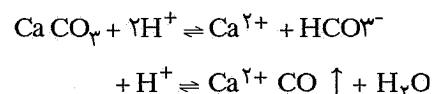
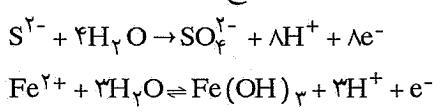


شکل ۴- منحنیهای پراش اشعه ایکس پودر خاکهای حاصل از تشکیلات: ۱- سازند قم ۲ و ۳- کنگلومرای قاعده کرتاسه ۴- گچ خالص



شکل ۳- منحنیهای پراش اشعه ایکس ذرات کمتر از $0.2 \text{ }\mu\text{m}$ میلیمتر سازند شمشک ۱- گچ خالص با تیمار 110°C حرارت ۲- ڈغال سنگ رگه هیدروترمال با تیمار 110°C ۳- پودر ڈغال سنگ رگه هیدروترمال ۴- گچ خالص

وجود ندارد، بر اثر اکسایش کانی پیریت، بلورهای گچ خیلی ریزیه صورت آتوژنیک^۱ تشکیل شده است و با شدت یافتن یا پیشرفت فرایند هوادیدگی، ورقه‌های شیل‌ها از هم بازتر و حرکت آب امکان جابه جایی این بلورهای ریز را به وجود آورده و آنها را در سطوح شکست سنگها تجمع داده است.



فرایند اکسایش پیریت و تشکیل گچ در این شیل‌ها همان فرایند اکسایش خاکهای اسید سولفاتی بود که توسط دولیتیل و همکاران (۷) ارائه شده است. وجود گچ در این سازندها در

بحث

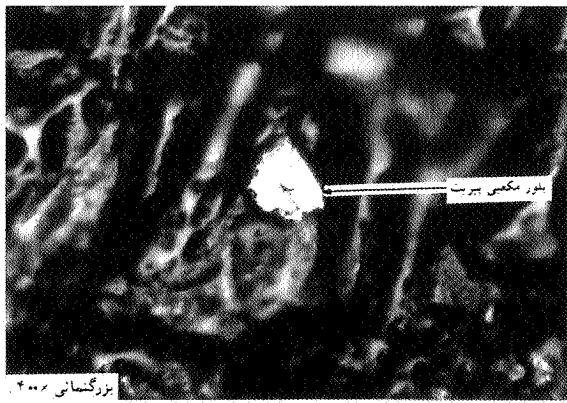
منحنیهای پراش اشعه ایکس پودر سنگ و نمونه تخلیص شده شیل معدن باما (شکل ۱) و تصویر برداشته شده از مقطع صیقلی تهیه شده از آن و هم چنین مشاهدات ماکروسکوپی، ثابت می‌نمایند که مقدار قابل توجهی پیریت دیده می‌شود و چون سازند شمشک وجود دارد. با توجه به این که در تمامی مقاطع صیقلی تهیه شده از شیل‌ها، کانی پیریت دیده می‌شود و چون فرایند تشکیل و رسوب شیل‌ها در منطقه مورد مطالعه یکسان است، لذا با اطمینان زیاد می‌توان وجود پیریت را به تمامی سازندهای شیلی و رسوبات آهکی شیل دار تعیین داد.

وجود گچ فراوان در اطراف و در داخل درز و ترکهای انواع شیل‌ها، چه در مقیاس ماکروسکوپی و چه در مقیاس میکروسکوپی، نمایانگر این است که در بین ورقه‌های شیل در سطوح داخلی، آن جایی که امکان حرکت آب به صورت مایع

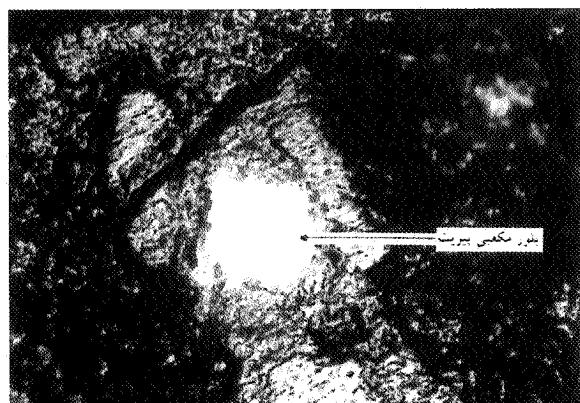
1- Autogenic

جدول ۱ - سولفور باقی مانده در نمونه سنگهایی از سازند شمشک و ناییند

نمونه سنگ	S - کل	Fe	C	S - سولفاته	S - سولفوره
	%	%	%	%	%
ذغال سنگ کک شده سازند شمشک	۷/۵	۲/۱	۶/۷۳	۷	۰/۵
شیل منطقه چال سیاه سازند ناییند	۳/۶	۲/۴	۰/۵۰۱	۱	۲/۶



تصویر ۱۴ - بلور پیریت در مقطع صیقلی ذغال سنگ کک شده،
بزرگ نمایی $\times 400$



تصویر ۱۳ - بلور بزرگ پیریت در مقطع صیقلی سازند ناییند.
بزرگ نمایی $\times 200$

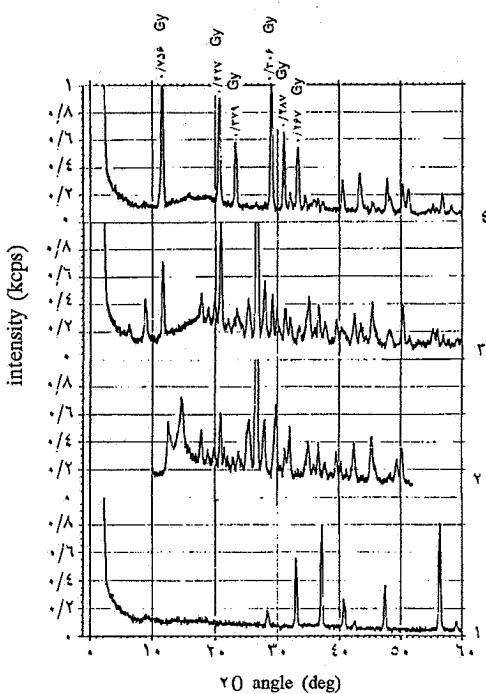
توجه به نتایج به دست آمده و نظرات دیگران محرز است که در شیل‌های موجود (چه آنهایی که زیر رسویات آهکی هستند و چه آنهایی که روباز هستند) مقادیر قابل توجهی پیریت وجود داشته و طی میلیون‌ها سال مورد فرسایش سطحی واقع شده است. در هر مرحله پیریت موجود اکسیده و به گچ تبدیل گردیده است. با توجه به مقدار کانیهای سولفوره باقی مانده در این رسویات (جدول ۱) می‌توان اذعان نمود که در حال حاضر نیز این فرآیند هوادیدگی شیل‌ها در جریان است. وجود کانی پیریت در رگه‌های هیدروترمال سازند شمشک (جاده طرق) در منحنيهای پراش اشعه ایکس نمونه تخلیص

شکلهای ۵ و ۶ با پیک بارز 756 nm کاملاً مشخص است. هماهنگ با نتایج این تحقیق، وجود کانی پیریت در انواع شیل‌ها، سنگهای آذرین و سنگهای دگرگون و شیل آهکها و ذغال سنگها و تشکیل گچ تحت فرایند اکسایش پیریت توسط ارورا و همکاران (۴) در تگزاس آمریکا، اپکوکوج (۳) در استرالیا، دی کیمپ و میلز (۶) در انباریوی کانادا، پوگ و همکاران (۲۰)، نتلتون و همکاران (۱۷) و ویتیگ و همکاران (۲۵) در آمریکا، مرموت و همکاران (۱۵) در ساسکاچوان کانادا، ریتزماوگرونبری (۲۱) در هلند، پوستمادایک (۱۹) در دانمارک و فنینگ (۸) در آمریکا گزارش شده و به اثبات رسیده است. با

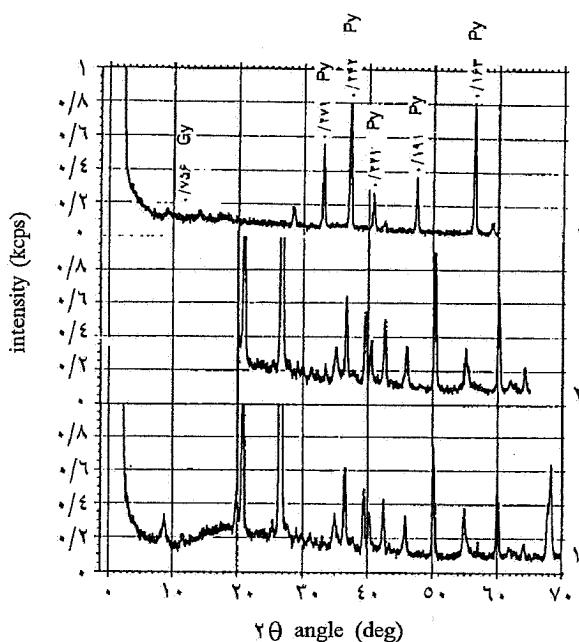
جدول ۲ - مساحت رسوبات و سازندهای رهاکننده گچ در حوضه مورد مطالعه

رسوبات و سازندها	مساحت (هکتار)	درصد نسبت به مواد زمین شناختی
سازندهای شمشک، ناییند، شتری	۲۳۹۰۶۲/۵	۲۹/۵۲
سازند قم	۳۴۱۸۷/۵	۴/۲
اگلومرا	۷۵۰۰	۰/۹
کنگلومرای قرمز رنگ قاعده کرتاسه	۱۶۱۸۷//۵	۱/۹۸
آهکهای تیره رنگ کرتاسه	۱۲۶۱۴۰	۱۵/۰
مساحت رسوبات زمین شناختی	۸۱۳۸۱۲/۵	%۵۱/۲۱
مساحت رسوبات کواترنری	۷۷۰۵۶۲/۵	%۴۸/۶۱
مساحت کل حوضه	۱۵۸۴۳۷۵	%۱۰۰

۱- درصد نسبت به کل مساحت حوضه



شکل ۶- منحنيهای پراش اشعه ایکس ذرات کمتر از ۲۰ میلیمتر سازند ناییند (چال سیاه) ۱- پیریت خالص ۲- پودر شیل ۳- یوکار شیل ۴- گچ خالص



شکل ۵- منحنيهای پراش اشعه ایکس ذرات کمتر از ۲/۰ میلیمتر سازند شمشک (جاده طرق) ۱- پودر شیل ۲- نمونه تخلیص شده شیل، ۳- پیریت خالص

شکل بلورهای گچ (منشوری) و نحوه قرارگیری آنها در متن
این سنگها (تصویر ۱۱) و ارتباط بلورها با اجزای دیگر نشان
دهنده این است که کانی گچ در داخل خود سنگ بر اثر
اکسپاشن بست با تکیبات سو لفده دیگ تشکیل و یا باز فنا

شده (شکل ۲) و در مقطع صیقلی ذغال سنگ کک نشان داده شده است. از آن جایی که سیاله‌های هیدروترمالی در بدو امر حاوی فازهای مختلفی از ترکیبات سولفوره می‌باشند (۱۸ و ۱۹) این ادعای پیشتر قوت می‌گیرد.

آهکهای کنگلو مراوی قرمز رنگ قاعده کرتاسه، بر اثر هوادیدگی و فرسایش. این رسوبات حدود ۱۷/۵ درصد از کل سطح مواد زمین شناختی را تشکیل داده و بالغ بر ۱۴۲۳۲۷۵ هکتار وسعت دارند.

۲- کانی گچ تحت فرایند اکسایش کانیهای سولفوردار، مخصوصاً پیریت موجود در شیل‌ها به وجود آمده است. براساس جدول ۲ سازندهای شیل‌دار منطقه ۲۳۹۰۶۲/۵ هکتار وسعت داشته و جمعاً ۲۹/۵۲ درصد از سطح موادر زمین شناختی (به غیر از رسوبات کواترنری) حوضه را تشکیل می‌دهند.

۳- آزاد شدن کانی گچ از رسوبات تبخیری و مارن‌های دوره الیکومیوسن (سازندقم) بر اثر هوادیدگی و فرسایش. این واحد زمین شناختی ۳۴۱۸۷/۵ هکتار وسعت داشته و ۴/۲ درصد از کل سطح مواد زمین شناختی را شامل می‌شود.

۴- تشکیل و آزاد شدن کانی گچ به ترتیب از کانیهای سولفوره و سولفاته موجود در رگه‌های هیدروترمال. این کانی بر اثر اکسایش پیریت و فرسایش رگه‌های یاد شده تشکیل و یا آزاد می‌گردد.

نتیجه گیری

با این که در نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه هیچ‌گونه بحثی در ارتباط با وجود گچ و یون‌های سولفوره و سولفاته در سازندها و رسوبات وجود ندارد، ولی نتایج حاصل از این تحقیق و نتایجی که خادمی و همکاران (۱۲ و ۱۳) به آن رسیده‌اند، گویای این مطلب است که:

کانی گچ، در زمان ته نشین شدن و یا بعد از آن، به صور مختلف در متن و یا بین لایه‌های رسوبات و سازندهای مختلف نهاده شده و بر اثر فرسایش و هوادیدگی بعدی رها گشته و از ارتفاعات به طرف گودیها جا به جا شده است و یا به گچهای نهشته شده توسط دریاچه‌های گچ‌دار اضافه و منشأ پراکنش ثانویه بعدی گشته است. با توجه به گسترش کم رسوبات تبخیری در منطقه، می‌توان آهکهای مختلف دوره کرتاسه، شیل‌ها و شیل-آهکها را از عوامل اصلی رها کننده گچ در منطقه

سولفاته موجود در سیاله‌های مزبور به وجود آمده است. تغییررنگ^۱ شیل‌های کنار رگه‌های هیدروترمالی، رخداد فرایندهای مزبور را در این رگه‌ها اثبات می‌نماید (۱). در سازنده نایبیند (چال سیاه) وجود کانی گچ بین لایه‌های کوارتز و کوارتزیت (تصویر ۶) دال بر نهشته شدن گچ از فاز سولفاته سیاله‌های هیدروترمالی بین این سنگها می‌باشد.

ارتباط کانی گچ با آهکهای دوره کرتاسه را خادمی و همکاران (۱۳) به خوبی نشان داده‌اند. این محققین اظهار می‌دارند که یون سولفات موجود در دریاچه‌ای آن زمان در لایه‌های رسوبی زیرین نفوذ نموده و ضمن تبدیل شدن به کانی گچ در رسوبات مزبور نهشته شده است. تصویر ۱۲، وجود بلورهای گچ در آهکها را به خوبی نشان می‌دهد. این یافته با طبیعت اراضی نیز موافقت کامل دارد، چون در جوار تمامی رسوبات آهکی دوره کرتاسه اراضی گچ‌دار به وفور یافت می‌شود.

وجود کانی گچ داخل سازندهای تبخیری در گزارش‌های تعداد زیادی از محققین (۹، ۱۰، ۲۴ و ۲۵) ذکر گردیده است. این کانی هنگام تشکیل این رسوبات، همراه با اجزای دیگر از آب دریاچه‌ای شور تهشین شده است. در رسوبات تبخیری موجود در منطقه (سازندقم)، کانی گچ بسته به مکان، از خیلی زیاد تا خیلی کم دیده می‌شود.

کلیه اراضی گچ‌دار استان اصفهان براساس شواهد مشخص صحرایی، عمدتاً از سه طریق زیر به کانی گچ آلوده شده‌اند:
 الف - توسط باد و جریانات آب سطحی، ب - توسط آب زیرزمینی و ج - توسط روان آب سطحی. با توجه به این که منطقه مورد مطالعه از طریق سوم به کانی گچ آلوده شده است، لذا براساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، می‌توان قبول نمود که کانی گچ طی فرایندهای زیر و به ترتیب اهمیت از منابع زمین شناختی اطراف حوضه به وجود آمده و به اراضی زیر دست وارد گشته است:

۱- آزاد شدن کانی گچ از رسوبات آهکی کرتاسه، به ویژه

1- Alteration

گذاردن امکانات آزمایشگاهی مختلف دانشگاه صنعتی اصفهان
تشکر و قدردانی می‌نمایند. از آقای دکتر انصافی استادیار
دانشکده شیمی و آقایان مهندس نکویی، واعظی و بهشتی و
خانم مهندس علوی کارشناسان آزمایشگاه‌های فوق، صمیمانه
تشکر می‌شود.

سپاسگزاری

نویسنده‌گان مقاله از سازمان تحقیقات کشاورزی، به خاطر تقبل
بخشی از هزینه‌های انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌نمایند.
همچنین از ریاست محترم دانشکده‌های مواد و معدن و
مدیریت گروه‌های علمی زراعت و باگبانی به خاطر در اختیار

منابع مورد استفاده

- ۱- تومنیان، ن. ۱۳۷۴. منشأ گچ و چگونگی تکوین و تکامل خاکهای گچی منطقه شمال غربی استان اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲۴۷ صفحه.
- ۲- خسرو تهرانی، خ. ۱۳۶۷. کلیاتی درباره چینه شناسی ایران و مقاطع تیپ تشکیلات. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۵۵ صفحه.
- 3- Akpokoje, E.G. 1994. The influence of rock weathering on the genesis of gypsum and carbonate in some Australian arid zone soils. *Aust. J. Soil Res.* 22:243-251.
- 4- Arora, H.S., J.B. Dixon and L.R. Hossner. 1978. Pyrite morphology in lignitic coal and associated strata of East Texas. *Soil Sci.* 125(3):151-159.
- 5- Cady, J.G., L.P. Wilding and L.R. Drees. 1996. Petrographic microscope techniques. pp. 185-215. In : A. Klute (Ed.), *Methods of Analysis (part 1)*, Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph. No. 9, 2nd Edition.
- 6- De Kimpe, C. and N. Miles. 1992. Formation of swelling clay minerals by sulfide oxidation in some metamorphic rocks and related soils of Ontario, Canada. *Canad. J. Soil Sci.* 12:263-270.
- 7- Doolittle, J.J., L.R. Hossner and L.P. Wilding. 1993. Simulated aerobic pedogenesis in pyrite overburden with a positive acid-base account. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1330-1336.
- 8- Fanning, D.S. 1991. *Soils Morphology, Genesis, and Classification*. John Wiley & Sons, New York, 369 p.
- 9- FAO. 1990. Management of gypsiferous soils. *Soils Bulletin No. 69*. Rome, 81 p.
- 10- Herrero, J., J. Porta and N. Fedoroff. 1992. Hypergypsic micromorphology and landscape relationships in northern Spain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:1188-1194.
- 11- Khademi, H. 1997. Stable isotope geochemistry, mineralogy and microscopy of gypsiferous soils from central Iran. Ph.D. Thesis, Dept. of Soil Sci., Univ. of Saskatchewan, Saskatoon, 181 p.
- 12- Khademi, H., A.R. Mermut and H.R. Krouse. 1997a. Isotopic composition of gypsum hydration water in selected landforms from central Iran. *Chem. Geology* 138:245-255.
- 13- Khademi, H., A.R. Mermut and H.R. Krouse. 1997b. Sulfur isotope geochemistry of gypsiferous aridisols from central Iran. *Geoderma* 80:195-209.
- 14- Matthes Sigfried. 1983. *Mineralogie, Eine Einführung in die Spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde*. Springer Verlag, 417 p.
- 15- Mermut, A.R., D. Curtin and H.P.W. Rostad. 1985. Micromorphological and submicroscopical features related to pyrite oxidation in an inland shale from east central Saskatchewan. *Canada. Soil Sci. Soc.*

Am. J. 49:256-261.

- 16- Mermut, A.R. and M.A. Arshad. 1987. Significance of sulfide oxidation in soilsalinization in southeastern Saskatchewan, Canad. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:247-251.
- 17- Nettleton, W.D., R.E. Nelson and B.R. Brasher. 1982. Gypsiferous soils in the western United States. pp. 147-168. *In* : Soil Sci. Soc. Am., special pub. No. 10. pp. 147-168.
- 18- Petrascheck, W.E. 1961. Lagerstatteneher, Wien, Springer Verlag 347 p.
- 19- Postma, D. 1983. Pyrite and siderite oxidation in swamp sediments. J. Soil Sci. 34:163-182.
- 20- Pugh, C.E., L.R. Hossner and J. Dixon. 1981. Pyrite and marcasite surface area as influenced by morphology and particle diameter. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:979-982.
- 21- Ritsema, C.J. and J.E. Groenenberg. 1993. Oxidation, carbonate weathering and gypsum formation in a drained potential acid sulfate soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:968-976.
- 22- Schneiderhohn, H. 1955. Erzlagerstatten, Veb Gustav Fischer Verlag. Jena, 375 p.
- 23- Taimeh, A.Y. 1992. Formation of gypsic horizons in some arid regions soils of Jordan. Soil Sci. 153:486-498.
- 24- Van Alphen, J.G. and F. De Los Rios Romere. 1971. Gypsiferous Soils. Notes on their Characteristics and Managements. International Institute for Land Reclamation and Improvement Bulletin, Wageningen, Netherlands.
- 25- Whittig, L.D., A.E. Deyo and K.K. Tanji. 1982. Evaporite mineral species in mancos shale and salt efflorescence, Upper Colorado River basin. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:645-651.
- 26- Zussman, J. 1977. Physical Methods in Determinative Mineralogy. 2nd Ed., Academic Press, London.