


مجری طرح: علیرضا خزائی	وزارت معادن و فلزات اداره کل معادن و فلزات استان گلستان
گزارش نهائی طرح پیجوئی و پتانسیل یابی در شیست گرگان	
شماره گزارش: AM 1207020	مرحله: گزارش نهائی
کنترل: منصور صمیمی نمین	تهیه کنندگان به ترتیب حروف الفبا: ۱- مهربان اردشیریان شریف آبادی
مدیر پروژه: مهربان اردشیریان شریف آبادی	۲- مهدی زمردیان ۳- کیامرث شیرخانی
نایب: خانمها اسکندری، البرزی	۴- عبدالرضا صائبی مقدم ۵- منصور صمیمی نمین ۶- امیرعباس میرشکرانی
تاریخ: زمستان ۱۳۷۸	

کتابخانه سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور
تاریخ:
شماره ثبت: ۸-۴۳۷

کتابخانه سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور

تشکر و قدردانی

"منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید

نعمت ...".

در آغاز لازم می دانیم تا نهایت مراتب سپاس و امتنان را نسبت به تمامی کسانی که

در تهیه این گزارش و در تمامی مراحل، از ارائه اطلاعات زمین شناسی و اکتشافی تا عملیات

صحرائی این مهندسان مشاور را یاری رسان بوده اند ابراز داریم.

از جناب آقای مهندس خزائی، مدیر کل محترم معادن و فلزات استان گلستان و

مجری طرح که از همکاریها و رهنمودهای ارزشمند ایشان در تمامی مراحل بهره مند بوده ایم

و از کلیه کارشناسان محترم آن اداره کل به ویژه جناب آقای مهندس فرزندگان که همواره و

حتی در سخت ترین شرایط پیجوئی های صحرائی از همراهیها و راهنماییهای ایشان برخوردار

گشته ایم و سرانجام تمامی ادارات، سازمانها و کسانی که ذکر نام همه آنها در این مختصر

ممکن نیست نهایت تشکر و امتنان را داریم.

مدیریت و کارشناسان

مهندسان مشاور معدنکاو


زمستان ۱۳۷۸

فهرست مطالب


صفحه	عنوان
فصل اول - کلیات	
۲-۱	۱-۱- مقدمه
۳-۱	۲-۱- اهداف
۳-۱	۳-۱- روش کار و نحوه پی‌جویی‌های زمین‌شناسی
۴-۱	۴-۱- شرایط جغرافیایی و اقلیمی استان گلستان
۴-۱	۴-۱-۱- موقعیت و وسعت استان گلستان
۵-۱	۴-۱-۲- جمعیت استان گلستان
۸-۱	۴-۱-۳- آب و هوای استان گلستان
۱۰-۱	۴-۱-۴- راه‌های استان
۱۲-۱	۴-۱-۵- ارتفاعات
۱۴-۱	۴-۱-۶- رودخانه‌ها و منابع آب
۱۹-۱	۴-۱-۷- پوشش جنگلی
۱۹-۱	۵-۱- پیشینه مطالعات زمین‌شناسی و معدنی در البرز
۲۲-۱	۶-۱- مطالعات انجام شده قبلی در ناحیه گرگان

فصل دوم - زمین‌شناسی و ساختمانی عمومی

۲-۲	۱-۲- واحدهای زمین‌شناسی و ساختمانی ایران
۶-۲	۱-۱-۲- البرز
۸-۲	۱-۱- زون بالا آمده گرگان
۸-۲	۲-۱- زون نئوژن شمالی

صفحه ب	پی جونی و پتاسیل یابی مواد معدنی در شیبست گرگان فهرست	 Madankav Canada Inc.
--------	--	---

۸-۲	۳- زون شمالی - مرکزی
۹-۲	۴- زون جنوبی - مرکزی
۹-۲	۵- زون ترسیری جنوبی
۹-۲	۶- زون بالا آمده جبهه جنوبی
۱۰-۲	۲-۱- واحدهای ساختمانی استان گلستان
۱۰-۲	۱- زون کپه داغ
۱۲-۲	۲- زون گرگان - رشت
۱۳-۲	۲-۲- تکوین ساختاری ناحیه گرگان
۱۳-۲	۱-۲-۲- جنبشهای پریکامبرین پسین (بایکالینی - استتین)
۱۴-۲	۲-۲-۲- جنبشهای پالئوزوئیک (کالدونین - هرسی نین)
۱۴-۲	۱- جنبشهای خشکی زائی کالدونین
۱۵-۲	۲- جنبشهای خشکی زائی هرسنین
۱۶-۲	۳-۲-۲- جنبشهای مزوزوئیک
۱۶-۲	۱- جنبشهای کیمبرین پیشین
۱۷-۲	۲- جنبشهای کیمبرین پسین
۱۷-۲	۴-۲-۲- جنبشهای سنوزوئیک
۱۸-۲	۱- جنبشهای لارامید
۱۸-۲	۲- جنبشهای اواخر اولیگوسن - اوایل میوسن و اواخر میوسن
۱۸-۲	۳- جنبشهای اواخر پلیوسن
۱۹-۲	۴- جنبشهای کواترنر
۱۸-۲	۳-۲- چینه شناسی
۱۹-۲	۱-۳-۲- شیبستهای گرگان
۲۹-۲	۲-۳-۲- سازند لالون
۳۰-۲	۳-۳-۲- تشکیلات میلا (سازند ارسج)


صفحه ت	پی جونی و پتانسیل یابی مواد معدنی در شیبست گرگان فهرست	
--------	---	---

۳۲-۲	۴-۳-۲- ولکانیکهای نکارمن (بازالت سلطان میدان)
۳۴-۲	۵-۳-۲- پادها (دونین زیرین)
۳۴-۲	۶-۳-۲- سازند خوش ییلاق (دونین میانی)
۳۵-۲	۷-۳-۲- سازند مبارک
۳۷-۲	۸-۳-۲- سازند قزل قلعه
۳۸-۲	۹-۳-۲- پرمین زیرین - سازند دورود
۳۹-۲	۱۰-۳-۲- پرمین میانی - سازند روته
۴۰-۲	۱۱-۳-۲- تشکیلات نسن
۴۱-۲	۱۲-۳-۲- تریاس (الیکا)
۴۴-۲	۱۳-۳-۲- سازند شمشک
۴۷-۲	۴-۲- فعالیتهای ماگمایی
۴۷-۲	۱-۴-۲- سنگهای آذرین بیرونی
۴۷-۲	۱- سنگهای بیرونی پالنوزونیک
۴۸-۲	۲- سنگهای بیرونی مزوزونیک
۴۸-۲	۲-۵-۲- سنگهای آذرین درونی
۴۸-۲	۱- دره زیارت
۴۸-۲	۲- دره توسکستان
۴۹-۲	۳- روستای کنداب
۴۹-۲	۵-۲- نتیجه گیری

فصل سوم- مواد معدنی

۲-۳	۱-۳- طلا
۲-۳	۱-۱-۳- مقدمه


- ۲-۱-۳- چکیده ای از تقسیم بندیهای کانسار طلا ۷-۳
- ۱- تقسیم بندی کانسارهای طلا بر پایه سن ، منشا و پتانسیل اقتصادی ۷-۳
- ۲- تقسیم بندی کانسارهای طلا بر اساس نوع محصول ۷-۳
- ۳- تقسیم بندی کانسارهای طلا از نظر منشا سنگ تشکیل دهنده ۲۷-۳
- ۴-۱-۳- ذخایر جهانی طلا ۲۸-۳
- ۵-۱-۳- تولید ، مصرف و قیمت طلا ۲۹-۳
- ۱- تولید ۲۹-۳
- ۲- مصارف ۳۱-۳
- ۳- قیمت ۳۲-۳
- ۶-۱-۳- منابع و ذخایر معدنی طلا در ایران ۳۴-۳
- ۷-۱-۳- روشهای بی جوئی و اکتشاف طلا ۳۵-۳
- ۱- روشهای بیجوئی و اکتشاف طلا بر اساس پدیده های زمین شناسی ۳۷-۳
- ۲- بیجوئی و اکتشاف طلا از طریق روشهای ژئو فیزیکی ۳۷-۳
- ۳- روشهای ژئو شیمیایی ۴۵-۳
- ۸-۱-۳- روشهای آنالیز طلا ۵۶-۳
- ۱- روش تجزیه حرارتی ۵۹-۳
- ۲- روش جذب اتمی با شعله ۶۱-۳
- ۳- روش جذب اتمی کوره گرافیتی ۶۲-۳
- ۴- روشهای رادیو اکتیو ۶۲-۳
- ۲-۳- تیتانیوم ۷۲-۳
- ۱-۲-۳- مقدمه ۷۴-۳
- ۲-۲-۳- انواع نهشته های اقتصادی ۶۷-۳
- ۱- نهشته های ماگمایی ۶۷-۳
- ۲- نهشته های پلاسری ۶۹-۳

صفحه ج	پی جوئی و بتانسیل یابی مواد معدنی در شیبست گرگان فهرست	
--------	---	---

۷۰-۳	۳- نهشته های هوازده
۷۱-۳	۴- نهشته های رسوبی با منشا ولکانیکی
۷۲-۳	۵- نهشته های دگرگون زاد
۷۲-۳	۳-۲-۳- تولید، مصرف و قیمت تیتان
۷۵-۳	۳-۲-۴- منابع معدنی تیتانیوم در کشور
۷۷-۳	۳-۲-۵- منابع معدنی تیتانیوم در استان گلستان
۷۸-۳	۱- افقهای لاتریتی - بوکسیتی
۷۸-۳	الف - نشانه تیتانیوم شیرین آباد و سیاه رودبار
۷۹-۳	ب - نشانه تیتانیوم قشلاق و خوش بیلاق
۷۹-۳	۲- زغال سنگ
۸۰-۳	۳- بازالت سلطان میدان
۸۱-۳	۴- رسوبات رودخانه ای
۸۱-۳	۵- سنگهای مامورفیک (شیبستهای گرگان)
۸۲-۳	۳-۲-۶- نتیجه بررسیها و مطالعات در استان گلستان
۸۳-۳	۳-۲-۷- روشهای اکتشاف تیتانیوم
۸۳-۳	۱- روش اکتشاف ژئوشیمیایی
۸۵-۳	۲- روش اکتشاف ژئوفیزیکی
۸۷-۳	فهرست منابع فصل سوم

فصل چهارم - منطقه مورد مطالعه

۲-۴	۴-۱- مقدمه
۲-۴	۴-۲- کلیات
۲-۴	۴-۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

صفحه ح	بی جونی و پتاسیل یابی مواد معدنی در شیست گرگان فهرست	
--------	---	---

۳-۴	۲-۲-۴- راههای ارتباطی منطقه مورد مطالعه
۵-۴	۳-۲-۴- آب و هوای منطقه مورد مطالعه
۵-۴	۴-۲-۴- وضعیت معیشتی و اجتماعی منطقه
۵-۴	۵-۲-۴- شبکه آبراهه ای منطقه
۶-۴	۶-۲-۴- پوشش گیاهی منطقه
۱۸-۴	۷-۲-۴- مرفولوژی منطقه
۱۰-۴	۳-۴- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه
۱۰-۴	۱-۳-۴- چینه شناسی منطقه
۱۰-۴	۱- سری دگرگونی گرگان
۱۵-۴	۲- سازند مبارک
۱۶-۴	۳- سازند قزل قلعه
۱۸-۴	۴- سازند لار
۲۰-۴	۵- واحدهای چینه ای کرناسه بالایی
۲۴-۴	۲-۳-۴- شرح نقشه زمین شناسی
۳۴-۴	۳-۳-۴- پالئوژئوگرافی منطقه

فصل پنجم - نمونه برداری و آزمایشهای دستگاهی

۲-۵	۱-۵- مقدمه
۲-۵	۲-۵- روش نمونه برداری و طراحی شبکه در شبستهای گرگان
۳-۵	۳-۵- عملیات نمونه برداری
۴-۵	۴-۵- آماده سازی نمونه های شیست
۵-۵	۵-۵- نتایج حاصله از آنالیز نمونه ها
۵-۵	۱-۵-۵- مقدمه

۵-۵	۲-۵-۵- اصول طیف‌بینی پرتو ایکس
۷-۵	۳-۵-۵- روشهای فلونورسانس پرتو
۸-۵	۴-۵-۵- روشهای پراش پرتو
۹-۵	۵-۵-۵- نتایج تجزیه XRF شیستهای گرگان
۱۸-۵	۶-۵-۵- آزمایش جذب اتمی
۲۰-۵	۷-۵-۵- مطالعات پتروگرافی

- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فهرست جداول

عنوان صفحه

فصل اول

- جدول شماره (۱-۱) - جمعیت استان گلستان ۶-۱
- جدول شماره (۲-۱) - اوضاع جوی گزارش شده از ایستگاههای سینوپتیک استان گلستان - سال ۱۳۷۶ ۱۱-۱
- جدول شماره (۳-۱) - وضعیت راههای استان گلستان ۱۲-۱

فصل سوم

- جدول شماره (۱-۳) - ترکیبات و خواص کانیهای طلا دار ۳-۳
- جدول شماره (۲-۳) - مقدار طلا در سنگهای مختلف ۵-۳
- جدول شماره (۳-۳) - تقسیم بندی کانسارهای طلا بر پایه سن ، منشا و پتانسیل اقتصادی ۹-۳
- جدول شماره (۴-۳) - مشخصات تعدادی از کانسارهای با محصول اصلی طلا ۱۱-۳
- جدول شماره (۵-۳) - مشخصات تعدادی از کانسارهای با محصول فرعی طلا ۱۲-۳
- جدول شماره (۶-۳) - مشخصات کانسارهای طلای ابی ترمال ، نوع آدولاریا-سریست و اسید سولفات ۱۴-۳
- جدول شماره (۷-۳) - میزان ذخایر جهانی طلا ۳۲-۳
- جدول شماره (۸-۳) - مشخصات زمین شناسی منابع و ذخایر طلای ایران ۳۵-۳
- جدول شماره (۹-۳) - فراوانی نسبی و نقش برخی از عناصر و کانی های ویژه برای انواع کانسارهای طلا ۴۲-۳

- جدول شماره (۱۰-۳) - محللهای مشاهده شده تجمع کانی سنگین در سیستمهای آبراهه ای ۵۰-۳
- جدول شماره (۱۱-۳) - روشهای معمول برای تعیین طلا در موارد زمین شناسی ۶۴-۳
- جدول شماره (۱۲-۳) - میانگین درصد وزنی فراوانی Ti در بخشهای مختلف ۶۶-۳
- جدول شماره (۱۳-۳) - فراوانی Ti در کانی های موجود در سنگهای آذرین ۶۶-۳
- جدول شماره (۱۴-۳) - تولید جهانی کنسانتره های محتوی TiO₂ ۷۵-۳
- جدول شماره (۱۵-۳) - قیمت محصولات Ti در سال ۹۴-۹۵ ۷۶-۳
- جدول شماره (۱۶-۳) - منابع معدنی تیتانیوم در کشور ۷۸-۳


فصل چهارم

جدول شماره (۱-۴) - راسناهای اصلی شکستگیها در بلوکهای A,B,C,D

۳۲-۴ در محدوده رادکان

فصل پنجم

- جدول شماره (۱-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-1 ۱۰-۵
- جدول شماره (۲-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-2 ۱۰-۵
- جدول شماره (۳-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-6 ۱۰-۵
- جدول شماره (۴-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-7 ۱۱-۵
- جدول شماره (۵-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-9 ۱۱-۵
- جدول شماره (۶-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-11 ۱۱-۵
- جدول شماره (۷-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-13 ۱۲-۵
- جدول شماره (۸-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-14 ۱۲-۵
- جدول شماره (۹-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-15 ۱۲-۵

صفحه ر	بی جونی و پتانسیل یابی مواد معدنی در شیست گرگان فهرست	 مهندسان مشاور Madankhat Consulting Engineers Co.
--------	--	---

۱۳-۵	جدول شماره (۱۰-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-18
۱۳-۵	جدول شماره (۱۱-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-20
۱۳-۵	جدول شماره (۱۲-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-21
۱۴-۵	جدول شماره (۱۳-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-23
۱۴-۵	جدول شماره (۱۴-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-24
۱۴-۵	جدول شماره (۱۵-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-28
۱۵-۵	جدول شماره (۱۶-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-29
۱۵-۵	جدول شماره (۱۷-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-30
۱۵-۵	جدول شماره (۱۸-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-31
۱۶-۵	جدول شماره (۱۹-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-32
۱۶-۵	جدول شماره (۲۰-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-33
۱۶-۵	جدول شماره (۲۱-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-34
۱۷-۵	جدول شماره (۲۲-۵) - نتیجه تجزیه کیفی چهار نمونه
۱۹-۵	جدول شماره (۲۳-۵) - نتیجه آنالیز جذب اتمی چهار نمونه

فهرست اشکال


صفحه	عنوان
فصل اول	
۷-۱	شکل شماره (۱-۱)- موقعیت استان در محدوده جغرافیایی ایران
۸-۱	شکل شماره (۲-۱)- نقشه استان گلستان به تفکیک شهرستان
۱۳-۱	شکل شماره (۳-۱)- نقشه راههای استان گلستان
۱۶-۱	شکل شماره (۴-۱)- نقشه طبیعی استان گلستان
۲۰-۱	شکل شماره (۵-۱)- نقشه رودخانه های استان گلستان

فصل دوم

۳-۲	شکل شماره (۱-۲)- واحدهای ساختمانی - رسوبی ایران م.ح نبوی (۱۳۵۵)
۴-۲	شکل شماره (۲-۲)- واحدهای تکنیکی مهم ایران (اشتامپلی ۱۹۷۸)
۳۳-۲	شکل شماره (۳-۲)- مقطع تپب تشکیلات میلا

فصل سوم

۱۰-۳	شکل شماره (۱-۳)- عیار و میزان ذخیره کانسارهای طلای فانروزونیک
	شکل شماره (۲-۳)- تصویر کلی محیطهای زمی، شناختی که در آنها
۱۳-۳	کانسارهای طلا تشکیل می گردد
۲۶-۳	شکل شماره (۳-۳)- محل کانسارهای بزرگ طلا
۳۳-۳	شکل شماره (۴-۳)- روند تغییرات تولید جهانی طلا در طی سالهای ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۱
۳۳-۳	شکل شماره (۵-۳)- روند تغییرات قیمت فلز طلا

صفحه س	پی جونی و بتانسیل یابی مواد معدنی در شیست گرگان فهرست	 Madankhava Institute of Technology Madankhava, Gandhinagar, Raipur, C.G.
--------	--	--

- ۵۱-۳ شکل شماره (۶-۳) - a - مدل رقیق شدگی آنومالی
- ۵۱-۳ - b - منحنی رقیق شدگی و باروری
- ۵۲-۳ شکل شماره (۷-۳) - a - محللهای مناسب تجمع کانیهای سنگین در سیستم آبراهه ای
- ۵۲-۳ - b - محللهای مناسب تجمع کانیهای سنگین در بستر آبراهه ای
- ۵۷-۳ شکل شماره (۸-۳) - قطرهای نسبی ذرات کروی کانیهای سنگین ...
- ۵۷-۳ شکل شماره (۹-۳) - منطقه بندی تمرکز مگنتیت ...

فصل چهارم


- ۳-۴ شکل شماره (۱-۴) - تقسیمات کشوری و شهرستان کردکوی
- ۴-۴ شکل شماره (۲-۴) - راههای ارتباطی منطقه
- ۷-۴ شکل شماره (۳-۴) - نحوه پراکندگی رودخانه ها و آبراهه های منطقه
- ۳۱-۴ شکل شماره (۴-۴) - رزیدیاگرامهای پراکنش شکستگیها در بلوکهای چهارگانه و کل منطقه

فهرست عکسها

صفحه	عنوان
فصل چهارم	
۹-۴	عکس شماره (۱-۴)- دامنه های شمالی منطقه مورد مطالعه
۹-۴	عکس شماره (۲-۴)- دامنه جنوبی منطقه مورد مطالعه
۱۱-۴	عکس شماره (۳-۴)- رخنمون شیستهای گرگان در دامنه شمالی
۱۱-۴	عکس شماره (۴-۴)- توده های نابر جای شیست ، دره نکا
۱۲-۴	عکس شماره (۵-۴)- رخنمون شیست در مجاورت میل رادکان
۱۷-۴	عکس شماره (۶-۴)- راندگی شیست بر روی سازند قزل قلعه
۱۹-۴	عکس شماره (۷-۴)- چینهای همراه روراندگی در سازند قزل قلعه
۱۹-۴	عکس شماره (۸-۴)- مرز بین شیست در سازند لار
۲۱-۴	عکس شماره (۹-۴)- راندگی و دوپلکسها در شیست گرگان جنوب رادکان
۲۲-۴	عکس شماره (۱۰-۴)- دگرشیبی بین آهکهای کرتاسه فوقانی و شیستهای گرگان
۲۳-۴	عکس شماره (۱۱-۴)- دگرشیبی بین آهکهای ابنوسراموس دار و سازند قزل قلعه
۲۵-۴	عکس شماره (۱۲-۴)- نمایی از دره نکا
۲۷-۴	عکس شماره (۱۳-۴)- وضعیت قرارگیری لایه های شیست در جنوب رادکان
۲۸-۴	عکس شماره (۱۴-۴)- راندگی شیست بر روی سازند قزل قلعه ، شرق رادکان
۲۲-۵	عکس شماره (۱-۵)- مقطع میکروسکوپی نمونه G-S-12 - نور عادی
۲۲-۵	عکس شماره (۲-۵)- مقطع میکروسکوپی نمونه G-S-27 - نور پلاریزه
۲۳-۵	عکس شماره (۳-۵)- مقطع میکروسکوپی نمونه G-S-35 - نور پلاریزه

فصل اول

کلیات

صفحه ۱-۲	پی جونی و پتانسیل یابی مواد معدنی در شیست گرگان فصل اول - کلیات	 مهندسان مشاور Madankav Consulting Engineers Co.
----------	--	--

۱-۱- مقدمه

با نگرشی ژرف در روند تکامل تاریخی تکنولوژی و همسویی آن با تکامل جوامع بشری، تعامل و تاثیر و تاثرات متقابل مدنیت و فن آوری از یک سو و ارتباط تنگاتنگ اقتصاد به عنوان یکی از اصلی ترین ارکان کنترل کننده سمت و سوی روند تکامل جوامع انسانی با فن آوری از سوی دیگر تدبیر و عملی عمیق و تلاشی مضاعف را در راستای توسعه همه جانبه تکنولوژی و صنعت را به عنوان نماد آشکار توسعه تکنولوژیک، اقتضا می نماید.


توسعه تکنولوژیک و ارتقاء سطح کمی و کیفی صنایع نیاز روز افزون به مواد اولیه را طلب می کند که مواد معدنی در این میان عمده ترین سهم را دارا هستند. لذا توسعه تکنولوژیک همراه با بهینه سازی هزینه های آن و همگام سازی این توسعه با خودکفایی و نهایتاً افزایش بهره وری، مشخصاً نیازمند توسعه معدنی خواهد بود.

کشور ما نیز نمی تواند از این قاعده مستثنی باشد و برای تأمین مواد اولیه صنایع مادر خود نیازمند شناسایی مواد معدنی می باشد. جهت نیل به این اهداف، در رابطه با اکثر مواد معدنی پی جوئیها و اکتشافاتی در اکثر استانهای کشور انجام شده است.

هر چند که استان گلستان یکی از استانهای نوپا در سطح کشور می باشد، اما در انجام فعالیتهای اکتشافی و معدنی از روند رو به رشدی برخوردار است.

در سال ۱۳۷۸ وزارت معادن و فلزات، طرح پی جویی مواد معدنی در شیست های گرگان را ارائه نموده است که این طرح از ویژگیهای خاصی چه از لحاظ تحقیقاتی و چه از لحاظ اقتصادی برخوردار است.

طرح فوق در مورخه ۷۸/۷/۱۱ طی حکمی به شماره ۱۲۰/۲/۲۱۳۶ جهت اجرا

صفحه ۳-۱	پی جونی و پتانسیل یابی مواد معدنی در شیست گرگان فصل اول - کلیات	
----------	--	--

به مهندسان مشاور معدنکاو واگذار گردید و این مشاور پس از عقد قرارداد اقدام به جمع آوری مدارک مربوط از ادارات و موسسات تابعه وزارت معادن و فلزات و سایر موسسات دولتی و دیگر منابع معتبر نمود.

۱-۲-اهداف

هدف از انجام بررسی های زمین شناسی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ در محدوده ای به وسعت ۸۰ کیلومتر مربع در استان گلستان ، رسیدن به نتایج ذیل می باشد:

- شناسایی شیستهای گرگان و واحدهای زمین شناسی موجود در منطقه و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر

- شناخت کلیه فرآیندهای موثر در تشکیل و غنی سازی مواد معدنی

- شناسایی نشانه های معدنی طلا و عناصر فلزی همراه

- گردآوری و ارائه اطلاعات مربوط به انواع کانسارهای یافت شده و مطالعات انجام شده در خصوص شیست

- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ، کاربرد و بازار مصرف و ویژگیهای مواد معدنی

یافت شده در شیست ، در ایران و جهان

- بررسی چگونگی تشکیل و ژنز مواد معدنی

- ارائه پیشنهادها و برنامه برای چگونگی انجام اکتشافات بعدی

۱-۳-روش کار و نحوه پیجوییهای زمین شناسی

عموماً " پیجوییهای سیستماتیک زمین شناسی شامل برداشتهای سطحی مانند زمین ریخت شناسی ، زمین ساخت ، مطالعه فعالیت ماگمایی و نیز فعالیتهای آتشفشانی ، دگرگونی ، آب شناسی و شناخت آبهای زیر زمینی ، بررسی عکسهای هوایی منطقه ،

حفر و برداشت ترانشه و چاهک ، نمونه برداری برای مطالعات سنگ شناسی و کانی شناسی و تجزیه و تحلیل شیمیایی ، مطالعات ژئوفیزیکی و در نهایت تهیه نقشه های زمین شناسی تا مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ می باشد.

در این بررسیها و مطالعات سعی شده است ، نمونه برداریها با پوشش مناسبی از منطقه صورت پذیرد تا با بررسی نتایج آن با اطلاعات حاصل از مناطق اطراف ، بتوان به ارتباط مواد معدنی موجود در شیستهای گرگان و وضعیت چینه شناسی، زمین شناسی، ماگماتیسم ، دگرگونی ناحیه ای و ... دست یافت . این تجزیه و تحلیل و تلفیق داده ها در بخش نهایی با بهره گیری از عکسهای هوایی منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ صورت می گیرد.

۴-۱- شرایط جغرافیائی و اقلیمی استان گلستان

۱-۴-۱- موقعیت و وسعت استان گلستان

استان گلستان به لحاظ داشتن جنگلهای سرسبز یکی از دیدنی ترین استانهای کشور محسوب می شود. این استان در قسمت شمال ایران واقع شده است و از شمال به دریای خزر و جمهوری ترکمنستان ، از غرب به استان مازندران ، از جنوب به استان سمنان و از طرف شرق به استان خراسان محدود می شود. مساحت این استان ۲۰۳۸۰/۷ کیلومترمربع می باشد که ۱/۳ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. ۳۸ درصد این استان را مناطق دشتی و ۶۲ درصد آن را مناطق کوهستانی تشکیل می دهد. این استان بین ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی (از خط استوا) و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی (از نصف النهار گرینویچ) قرار گرفته است.

بر اساس اطلاعات آخرین تقسیمات کشوری (سال ۱۳۷۶)، این استان دارای ۷

شهرستان، ۱۶ شهر، ۱۶ بخش و ۴۵ دهستان است و مرکز آن شهر گرگان می باشد.

قسمت جنوب و شرق این استان کوهستانی بوده و قسمت شمالی آن جلگه ای

می باشد. در شرق منطقه شیب به طرف استان خراسان بوده و به تدریج به ارتفاعات

قسمت غرب استان خراسان منتهی می گردد.

از نظر موقعیت جغرافیایی، جنوب این استان را رشته کوه البرز تشکیل

می دهد. کل استان گلستان از سه قسمت دشت گرگان در حاشیه شرقی دریای خزر،

ترکمن صحرا در قسمت شرق استان و کمربند سبز با جنگلهای انبوه در حاشیه شمالی

رشته کوه البرز در جنوب استان تشکیل شده است. مرز جنوبی طبیعی این استان را

رشته کوه البرز (کوههای سیاه کوه، کوه شاور و کوه رضوان) تشکیل می دهد و در غرب

استان، کوه سیاه خانی قرار دارد که جدا کننده مرز استان گلستان با استان مازندران

محسوب می شود. مرز طبیعی استان در شمال غربی با دریای خزر و خلیج گرگان و در

قسمتهای شمال شرقی ترکمن صحرا محدود می شود. مرز طبیعی در قسمت شرق به

وسیله رشته کوه شلمی به رشته کوههای کپه داغ و آلاداغ متصل می باشد. شکلهای

شماره (۱-۱) و (۲-۱).

۱-۴-۲- جمعیت استان گلستان

جمعیت استان در سال ۱۳۷۶ بالغ بر یک میلیون و سیصد هزار نفر بوده است که

به تفکیک شهرهای مختلف بر طبق جدول شماره (۱-۱) می باشد :

جدول شماره (۱-۱) - جمعیت استان گلستان

درصد بیکار	جمعیت بیکار (نفر)	جمعیت کل (نفر)	شهرستان
۲/۳	۹۲۹۸	۳۹۸۵۷۱	گرگان
۱/۷	۶۴۷۴	۳۸۱۵۳۱	گنبد
۱/۸	۴۲۰۶	۲۳۳۴۴۸	مینودشت
۳/۱	۳۴۲۰	۱۱۱۹۹۶	کردکوی
۵/۲	۵۴۴۳	۱۰۴۹۲۶	بندر ترکمن
۱/۳	۱۰۶۸	۸۴۹۱۲	علی آباد

آمارنامه استان مازندران سال ۱۳۷۴

علی آباد دارای کمترین درصد بیکار (۱/۳ درصد) و بندر ترکمن دارای بیشترین

درصد بیکار (۵/۲ درصد) می باشد.

نرخ رشد سه سالانه در مینودشت ۱/۶۱ درصد، گنبد ۲/۱۲ درصد، علی آباد

۱/۰۲ درصد، گرگان ۱/۷۵ درصد، بندر ترکمن ۱/۴۴ درصد و کردکوی ۰/۱۸ درصد که

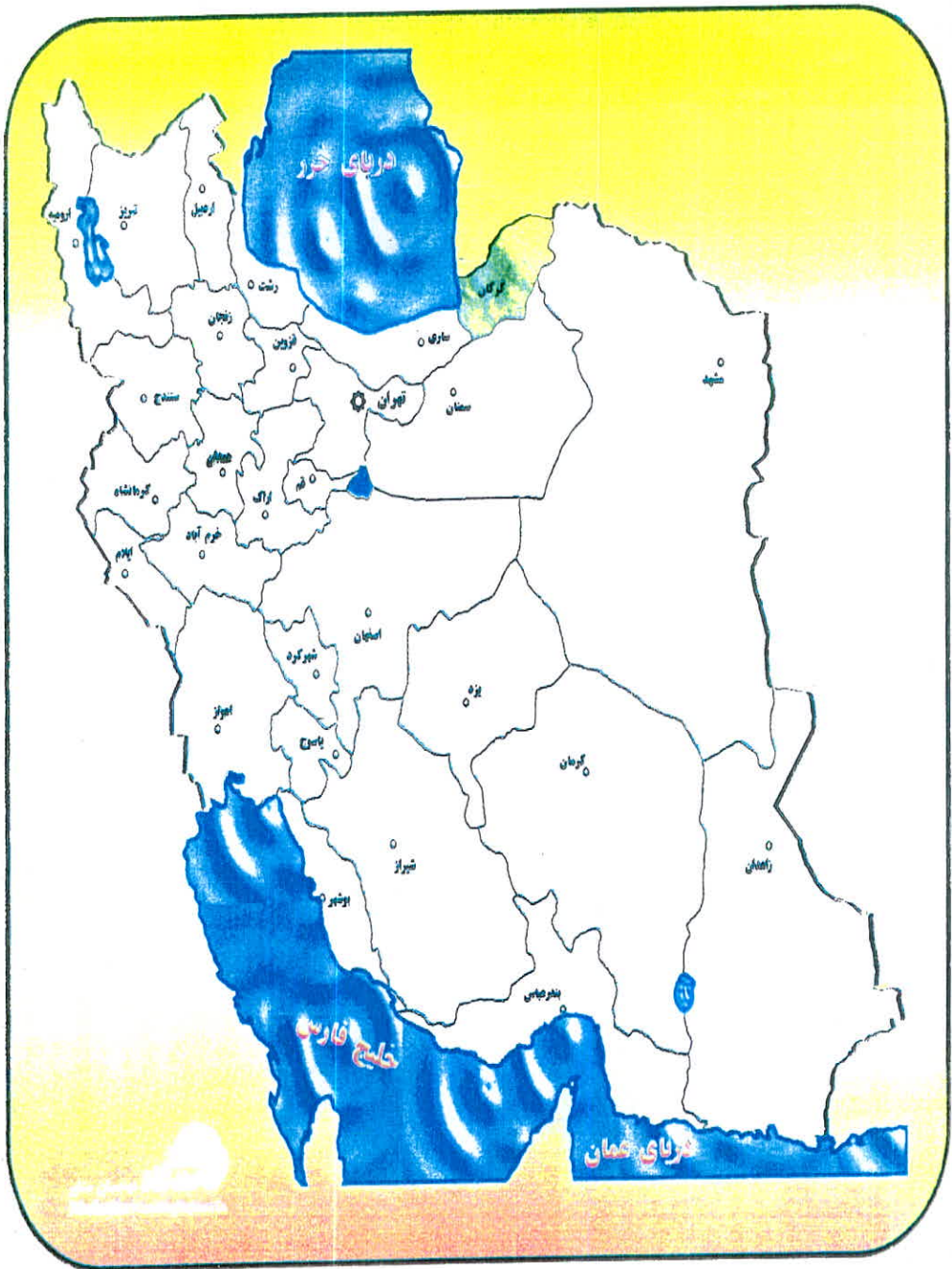
بیشترین نرخ رشد جمعیت ۲/۱۲ درصد مربوط به گنبد و کمترین ۰/۱۸ درصد مربوط به

کردکوی می باشد.

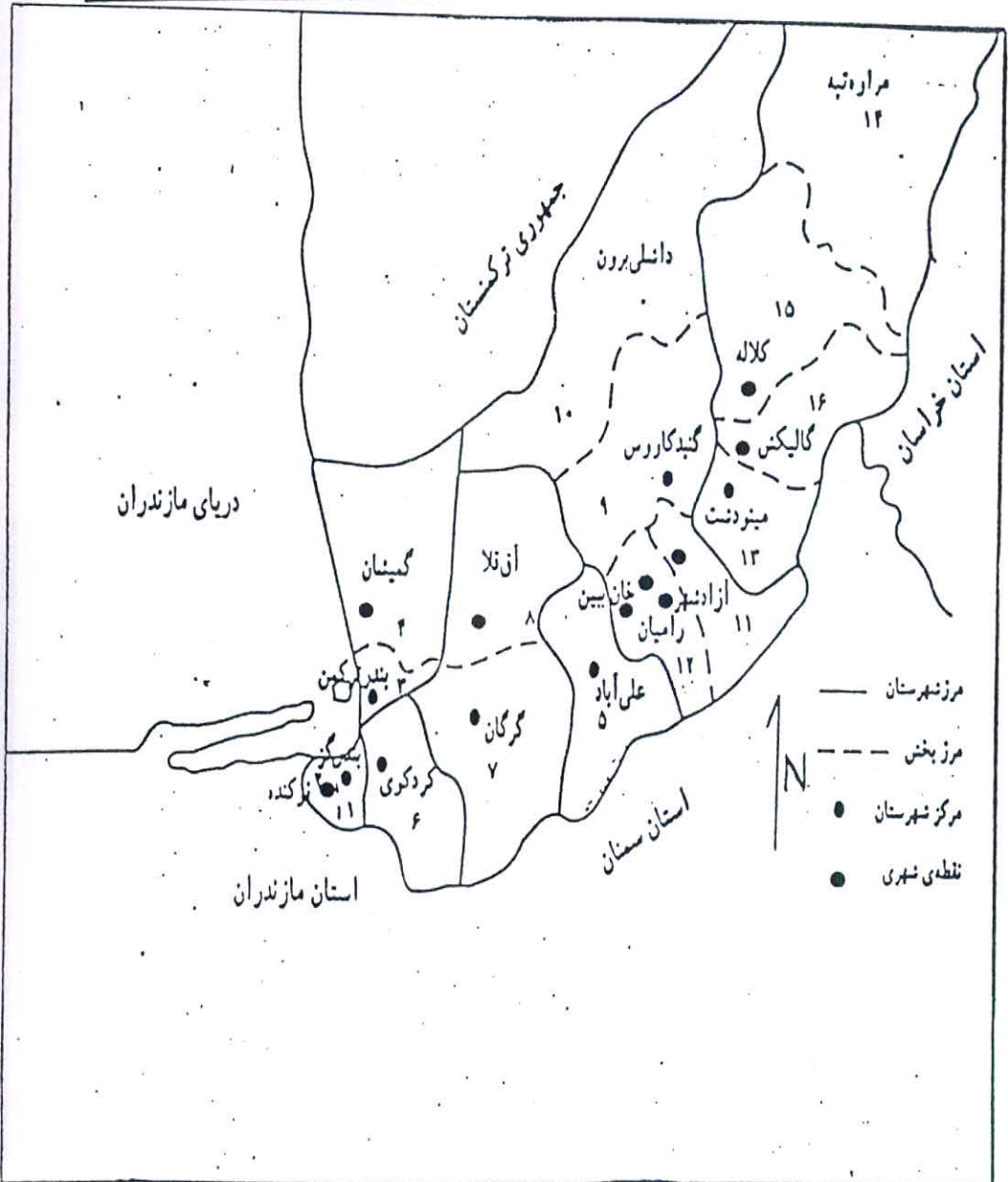
درصد جمعیت باسواد در مینودشت ۶۲/۸۳ درصد، گنبد ۷۰/۴۳ درصد، علی آباد

۷۶/۰۷ درصد، گرگان ۷۴/۳۷ درصد، بندر ترکمن ۷۲/۰۶ درصد و در کردکوی ۷۴/۹۲

درصد است.



شکل شماره (۱-۱) - موقعیت استان در محدوده جغرافیایی ایران



شکل شماره (۱-۲) - نقشه استان گلستان به تفکیک شهرستان

۱-۴-۳- آب و هوای استان گلستان

شرایط آب و هوای منطقه به دلیل تغییرات ارتفاعی و نزدیکی به دریای خزر بسیار متنوع است. استان گلستان از اقلیمهای خشک بیابانی در شمال مانند مناطق هوتن، اینچه برون و ...، نیمه خشک در دشت گنبد، مراوه تپه، سد و شمشگیر، آق قلا، بندر ترکمن، گمشان و ...، مدیترانه ای در گرگان و نیمه مرطوب و مرطوب در رامیان

تشکیل یافته است. در تابستان علاوه بر گرما به واسطه پایدار بودن رطوبت بالایی را دارا بوده، هرچه که از سمت دریا به سمت شرق پیش رویم، از این رطوبت کاسته می شود و بر خشکی هوا افزوده می گردد. ابرهایی که از دریا برمی خیزند در ساحل آب خود را از دست می دهند و در کوهستان از رطوبت آنها کاسته می شود. در زمستان به جهت جریان بادهای سیبری در کوهستان، تراکم ابرها مقدار برف و باران را بیشتر کرده و هوا در این فصل سرد ولی در تابستان در نواحی کوهستانی معتدل می باشد. پربرفترین کوههای این ناحیه کوههای فندرسک است. هوای صحرا در تابستان و پاییز گرم و خشک و در زمستان سرد و گهگاه پوشیده از برف است که البته میزان بارش و برف و باران آن به اندازه ارتفاعات نمی باشد. منطقه گنبد از نظر وضعیت جوی در مقایسه با سایر مناطق گلستان از آب و هوای نامتعادل تری برخوردار است.

بر اساس نتایج آمار ۱۶ ساله (۷۵-۱۳۶۰)، متوسط درجه حرارت روزانه گرگان ۱۷/۲ درجه سانتیگراد و دمای هوا در فصول مختلف بین ۸ تا ۴۴ درجه سانتیگراد، متوسط رطوبت نسبی ۶۰ درصد بوده که از حداقل ۷ درصد تا حداکثر ۱۰۰ درصد نوسان داشته است. مجموع تبخیر در سال ۷۴ در گرگان و گنبد ۱۶۰۰ و در مراوه تپه ۲۷۰۰ ساعت بوده است. میزان بارندگی از غرب به شرق و از جنوب به شمال کاهش می یابد و از ۹۰۰ میلیمتر در رامیان تا کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در چات متغیر است. میانگین ریزشهای جوی سالهای (۷۵-۱۳۶۰) در گرگان ۵۲۵ میلیمتر و در گنبد ۴۵۷ میلیمتر و متوسط بارندگی سالهای (۷۵-۱۳۷۲) در مراوه تپه ۳۵۳ میلیمتر می باشد. توزیع این بارشها در طول سال نامتناسب است، به طوریکه در گرگان ۲۲ درصد بارش سالانه در پاییز، ۲۴/۳

درصد در بهار، $15/3$ درصد در تابستان و $28/4$ درصد بارش در زمستان انجام گردیده است.

منطقه رامیان به عنوان هسته افزوتترین بارش و مناطق فارسین در قسمت جنوب و چات در شمال شدیدترین هسته کاهش بارش شناخته شده است. مقایسه بارندگی ۸ ساله اخیر در سالهای (۷۵-۱۳۶۸) نسبت به ۸ سال ماقبل (۶۷-۱۳۶۰)، در گرگان به میزان ۶۰ میلیمتر و در گنبد ۸۰ میلیمتر کاهش یافته است. اوضاع جوی گزارش شده از ایستگاههای هواشناسی استان در جدول شماره (۱-۲) آمده است.

۱-۴-۴- راههای استان

وجود راههای مناسب که بتواند با کشش مطلوب جوابگوی نیازهای ارتباطی باشد، یکی از عوامل موثر توسعه اقتصادی هر استان به شمار می رود. مسایل بسیاری موجب شده که در طرحهای راهسازی جهت احداث بزرگراه و راه اصلی آسفالتی در محور ساری- گرگان- آزاد شهر تصمیمات لازم گرفته شود به نحوی که در همین محور هم اکنون فعالیت راهسازی در جریان است. احداث محور گرگان- توسکستان - چهارباغ - شاهرود در مرحله مطالعات می باشد. نقشه راههای استان در شکل شماره (۱-۳) آمده است.

جدول شماره (۱-۲) - اوضاع جوی گزارش شده از ایستگاههای سینوپتیک استان گلستان - سال ۱۳۷۶

رطوبت نسبی (درصد)		درجه حرارت (سانتیگراد)			نام شهر یا ایستگاه
حداقل مطلق	حداکثر مطلق	متوسط درجه حرارت سالانه	حداقل مطلق	حداکثر مطلق	
۱۷	۱۰۰	۱۷/۹	- ۱/۲	۴۱/۸	هاشم آباد گرگان
۱۱	۱۰۰	۱۸/۵	- ۳/۰	۴۱/۰	گنبد کاووس
۴	۱۰۰	۱۷/۹	- ۶/۶	۴۳/۶	مراوه تپه

تعداد روزهای بارندگی	تعداد روزهای یخبندان	میزان بارندگی (میلیمتر)		نام شهر یا ایستگاه
		حداکثر میزان بارندگی در روز	سال جاری	
۱۱۴	۱۳	۱۲۰/۴	۵۳۵/۵	هاشم آباد گرگان
۱۱۷	۱۴	۸۱/۵	۴۲۱/۶	گنبد کاووس
۸۴	۲۰	۷۸/۶	۴۸۲/۳	مراوه تپه

راه آهن نیز موازی با جاده اصلی ساری - گرگان کشیده شده است که نیاز به ادامه آن تا گنبد احساس می شود. در جدول شماره (۳-۱) طول راههای موجود در حوزه استحفاظی اداره راه و ترابری آمده است.

جدول شماره (۳-۱) - وضعیت راههای استان گلستان

جمع کل راههای موجود (Km)	سایر راهها (Km)	راه فرعی		راه اصلی (Km)	آزاد راه (Km)	شهرستانهای حوزه استحفاظی
		شنی (km)	اسفالت (km)			
۴۴۹	۵۴	۴۶	۲۸۱	۵۶	۱۲	گنبد
۴۲۰	۶۰	۸۵	۱۸۳	۹۲	۰	مینودشت
۳۱۴	۴۸	۱۰	۲۱۱	۴۵	۰	گرگان
۱۵۹	۷۰	۲۰	۶۹	۰	۰	بندر ترکمن
۹۶	۰	۵	۶۱	۳۰	۰	کردکوی
۶۶	۰	۷	۴۲	۱۷	۰	علی آباد

ماخذ: اداره کل راه و ترابری گرگان

آمارنامه استان مازندران ۷۴

۱-۴-۵- ارتفاعات

قسمت جنوب و شرق این استان را کوهستان تشکیل می دهد. این کوهها به طور موازی و جهت آنها تقریباً شرقی - غربی بوده و دنباله سلسله جبال البرز می باشد و جزء بلندیهای شمال و شمال شرقی ایران تقسیم بندی می شوند. این کوهها اغلب به هم متصل بوده و به صورت نواری ترکمن صحرا و دشت گرگان را احاطه کرده اند، بدین ترتیب که سلسله جبال البرز شرقی که شامل کوههای هزار جریب، سدن رستاق و فیروزکوه می شود، در منطقه هزار جریب و سدن رستاق به کوههای آلاداغ، بینالود و هزار مسجد در استان خراسان می پیوندد. مهمترین کوههای این منطقه

عبارتند از شاهکوه و سیاه مرزکوه در استان گلستان و چاه بید و کورخود در استان

خراسان.



شکل شماره (۱-۳) - نقشه راههای استان گلستان - مقیاس ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰

رشته های شاهکوه با نامهای مختلف قزلق ، حاجی آباد ، زیارت ، کل چال، تالدر، بندکوه ، قل بلاغ و مازوکش نامیده می شوند و شامل شاهکوه بالا و شاهکوه پایین می باشند. مهمترین قله این قسمت شاور است که ارتفاع آن ۳۹۴۵ متر می باشد. قله مرتفع این قسمت غالباً پوشیده از برف است. کوه وج منو و گاوکشان با ۳۸۱۳ متر ارتفاع، از جنوبی ترین قله شاهکوه به شمار می رود.

از کوههای دیگر این ناحیه می توان شمشیر بر و قزلق با ۲۸۵۰ متر ارتفاع، خوش بیلاق با ارتفاع ۲۸۰۲ متر، چاه بید در غرب جاجرم به ارتفاع ۱۸۳۳ متر، کورخود در شرق گنبد به ارتفاع ۲۸۱۹ متر و سالوک در شمال شرقی جاجرم به ارتفاع ۲۶۳۶ متر را نام برد.

در قسمت شمال شرقی گنبد بین رودهای اترک و گرگان کوههای کم ارتفاعی چون گکچه داغ یا گلیداغ ، نارلی داغ، گوکچه و حالت نبی وجود دارند. مرتفع ترین قله های این کوهها به ارتفاع ۷۱۲ متر در شمال کوچک گکچه، ۹۲۲ متر در شمال قلیچ و ۹۰۸ متر در جنوب مراوه تپه است. نقشه طبیعی استان در شکل شماره (۱-۴) آمده است.

۱-۴-۶- رودخانه ها و منابع آب

کل استان گلستان جزء حوضه آبریز دریای خزر می باشد و به لحاظ وضعیت خاص اقلیمی دارای رودخانه های پر آب متعددی است که در ذیل به شرح مختصری از آنها می پردازیم.

قره سو

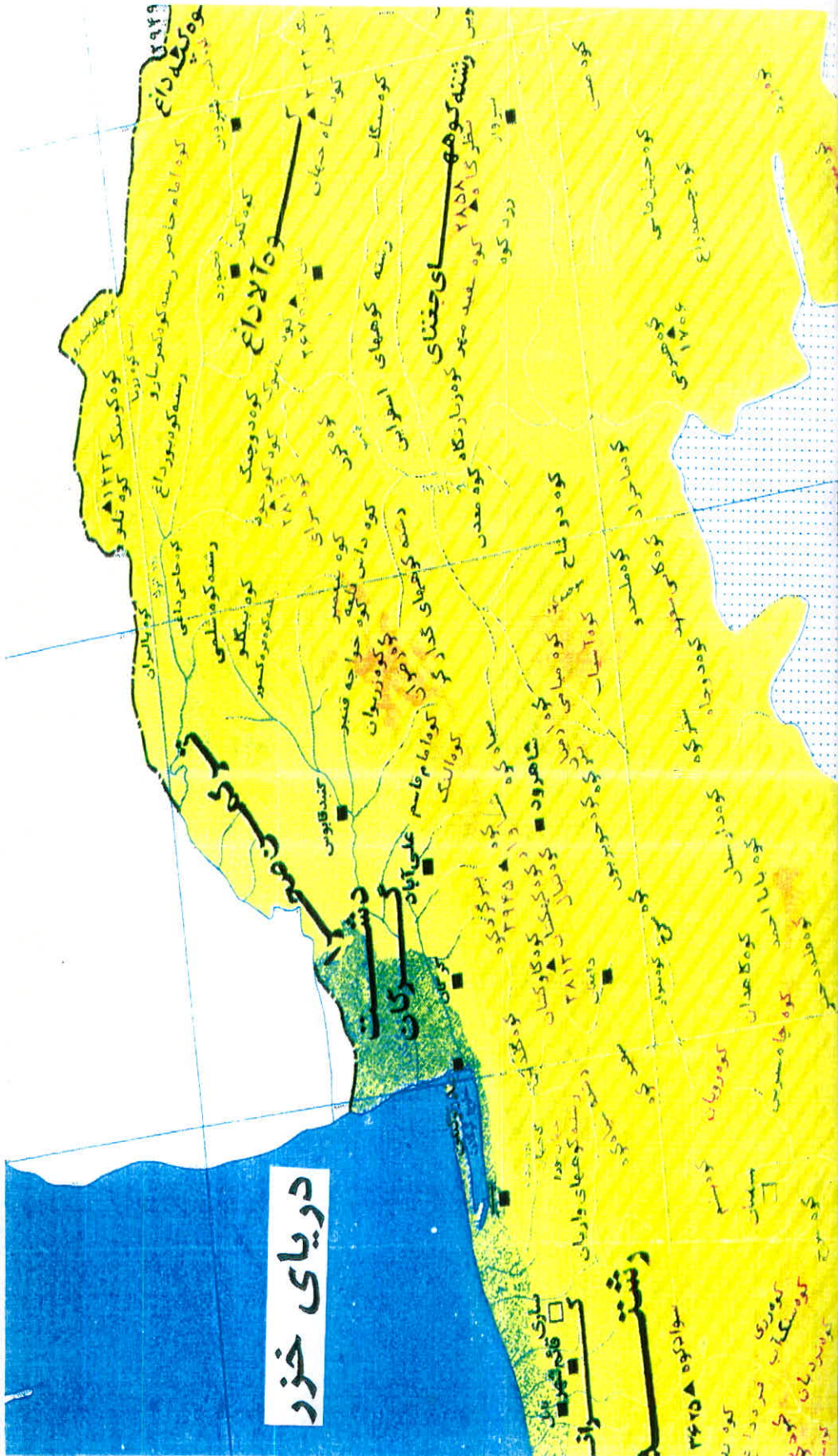
این رودخانه که از ارتفاعات کوه چل چلی سرچشمه می گیرد، بعد از گذشتن از چندین دهستان بین بندر ترکمن و کردکوی به خلیج گرگان می ریزد.

گرگان رود

این رودخانه دائمی و پر آب می باشد و آب آن شیرین است. یک شاخه آن از ارتفاعات گلیداغ و کور داغ سرچشمه می گیرد که در شرق استان به نام گرگان رود معروف است. شاخه دیگر آن به نام چشمه از کوه خواجه قنبر، زریوان و رضوان سرچشمه می گیرد. شاخه های این رودخانه در نزدیکی گنبدکاووس و در جنوب آن به هم پیوسته و به نام رودخانه گرگان به سمت غرب حرکت می کند و پس از مشروب کردن زمینهای اطراف و دشت گرگان به دریای خزر می ریزد.

طول این رود سیصد کیلومتر و جهت آن از سرچشمه تا شهر آق قلا تقریباً شمال شرقی - جنوب غربی بوده و سپس شرقی - غربی می شود. گرگان رود یکی از مهمترین رودخانه های استان گلستان به شمار می رود که در تمامی دشت گرگان جریان داشته و آن را به دو قسمت تقسیم می کند. سطح حوضه آبریز آن به مساحت ۱۰۲۵۰ کیلومترمربع می باشد و جهت بستر اصلی آن از شمال شرق به جنوب غرب است.

سد وشمگیر در شمال شرق گرگان بر روی این رودخانه احداث شده است. از آنجائیکه جنس خاک اطراف رودخانه لسی می باشد، ناحیه ای که این رودخانه در آن جریان دارد، یکی از حاصلخیزترین مناطق کشاورزی ایران بوده و وجود پنبه زارهای وسیع و زمینهای کشت توتون معرف قوت زمین اطراف آن است. بستر اصلی رودخانه بیش از همه در دشت گرگان جریان دارد.



شکل شماره (۱-۴) - نقشه طبیعی استان گلستان

مقیاس ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰

- رودخانه اترک

اترک یکی از رودخانه‌های دائمی و پرآب استان گلستان و همچنین یکی از طولانی‌ترین رودخانه‌های ایران می‌باشد. طول آن ۵۴۵ کیلومتر بوده و در قسمت شمال شرقی استان (در منطقه مراوه تپه) با جهت شرقی - غربی جریان دارد که از کوه‌های استان خراسان (ارتفاعات شرق شهرستان قوچان) سرچشمه می‌گیرد. مهمترین شاخه‌های آن شامل سمبار، آجی سو، آق سو، خرتوت و ... می‌باشد. متوسط حجم سالانه آب آن در محل ایستگاه چات ۵۳۴ میلیون مترمکعب ثبت شده است. رودخانه اترک در قسمتی از مسیر خود به عنوان مرز مشترک ایران و ترکمنستان پس از طی مسیر طولانی به دریای خزر می‌ریزد. آب این رودخانه شیرین و بر روی این رودخانه سدهای انحرافی متعددی احداث شده است که با استفاده از شبکه‌های آبیاری و کانالهایی به طول حدود ۴۰ کیلومتر، بخش وسیعی از مناطق ترکمن و دشت گرگان را زیر کشت برده است. احداث سد مشترک ایران و ترکمنستان بر روی این رودخانه جهت مصارف شرب، کشاورزی و تولید انرژی برق در حال بررسی است.

- رودخانه‌های فرعی

رودخانه نکا از شاهکوه واقع در گرگان و تنگه شمشیر بر سرچشمه می‌گیرد و به دریای خزر می‌ریزد. رودخانه زرین گل که از دره‌های شمالی کوه ابر سرچشمه می‌گیرد و به رودخانه قره سو از شاخه‌های گرگان رود می‌ریزد. رودخانه‌های بالا جاده، خشکه رودبار، شصت کلا، انجیرآب، خاصه رود و رودخانه گرمابدشت به رودخانه قره سو می‌ریزند. رودخانه حاجی لر از اتصال دو رودخانه چهل چای و نرم آب تشکیل و به رودخانه گرگان ملحق می‌شود. رودخانه نوده از ارتفاعات خوش بیلاق، رودخانه اوغان

از ارتفاعات شمالی نردین و دانیال و رودخانه ساریسو از کوههای گلیداغ سرچشمه گرفته و به رودخانه گرگان می‌ریزد.

از رودخانه‌های فرعی دیگر استان می‌توان از رودخانه‌های گز، جفا کنده و نوکنده که از وطنای و بنفشه تپه سرچشمه می‌گیرند، نام برد که به خلیج گرگان می‌ریزند. بقیه رودخانه‌ها یا وارد قره‌سو می‌شوند و یا به گرگان رود می‌ریزند.

- دریای خزر

دریای خزر با وسعتی حدود ۴۲۴،۲۰۰ کیلومتر مربع بزرگترین دریاچه جهان به شمار می‌رود. این دریاچه بین کشورهای ایران، روسیه، ترکمنستان، قزاقستان و آذربایجان واقع شده است. سواحل جنوبی آن از خلیج حسینقلی تا آستارا مربوط به خط ساحلی ایران می‌باشد. کهن‌ترین نام این دریاچه هیرکانی است پس از آن به نامهای آبسکون، طبرستان، قزوین، دیلم، مازندران، گرگان، گیلان و خزر و در نقشه‌ها و کتب خارجی دریای کاسپین نامیده شده است. عمق این دریا از شمال به طرف جنوب افزایش می‌یابد، به طوریکه عمق متوسط در نواحی شمالی از ۶ متر تجاوز ننموده ولی در جنوب و جنوب غربی حداکثر به ۱۰۰۰ متر می‌رسد.

کناره‌های این دریا عموماً شنزار، پست و صاف می‌باشد. خلیج گرگان در جنوب شرقی و مرداب انزلی در جنوب غربی دو بریدگی مهم آن می‌باشند، خلیج گرگان توسط شبه جزیره میانکاله از دریای مازندران جدا می‌شود. جزیره کوچک آسوراده در سالهای اخیر به شبه جزیره میانکاله وصل شده است. وجود دریای خزر نقش تعیین کننده‌ای در آب و هوای ساحل شمال ایران پدید می‌آورد و زیباییهای بی‌نظیر این استان به موجودیت نقشه رودخانه‌های استان در شکل شماره (۱-۵) آمده است.

۱-۴-۷- پوشش جنگلی

تمامی قسمت جنوبی و جنوب شرقی و قسمتی از شرق دشت گرگان را جنگل فرا گرفته است، این جنگلها عبارتند از جنگلهای کوهستانی که در ارتفاع بیش از ۸۰۰ متر از سطح دریا قرار دارند. این جنگلها از گلوگاه شروع شده و ارتفاع خط الرأس آنها به ۷۵۰ الی ۱۰۰۰ متر می‌رسد. جنگلهای جنوبی دشت گرگان که در حقیقت دنباله جنگلهای کوهستانی هستند به جنگلهای گرگان، علی آباد و رامیان شهرت دارند. درختان و درختچه‌های جنگلهای این ناحیه عمدتاً عبارتند از راش، ممرز، توسکا، ملج، افرا، آزاد، البالوی جنگلی، انبار و فرمندی.

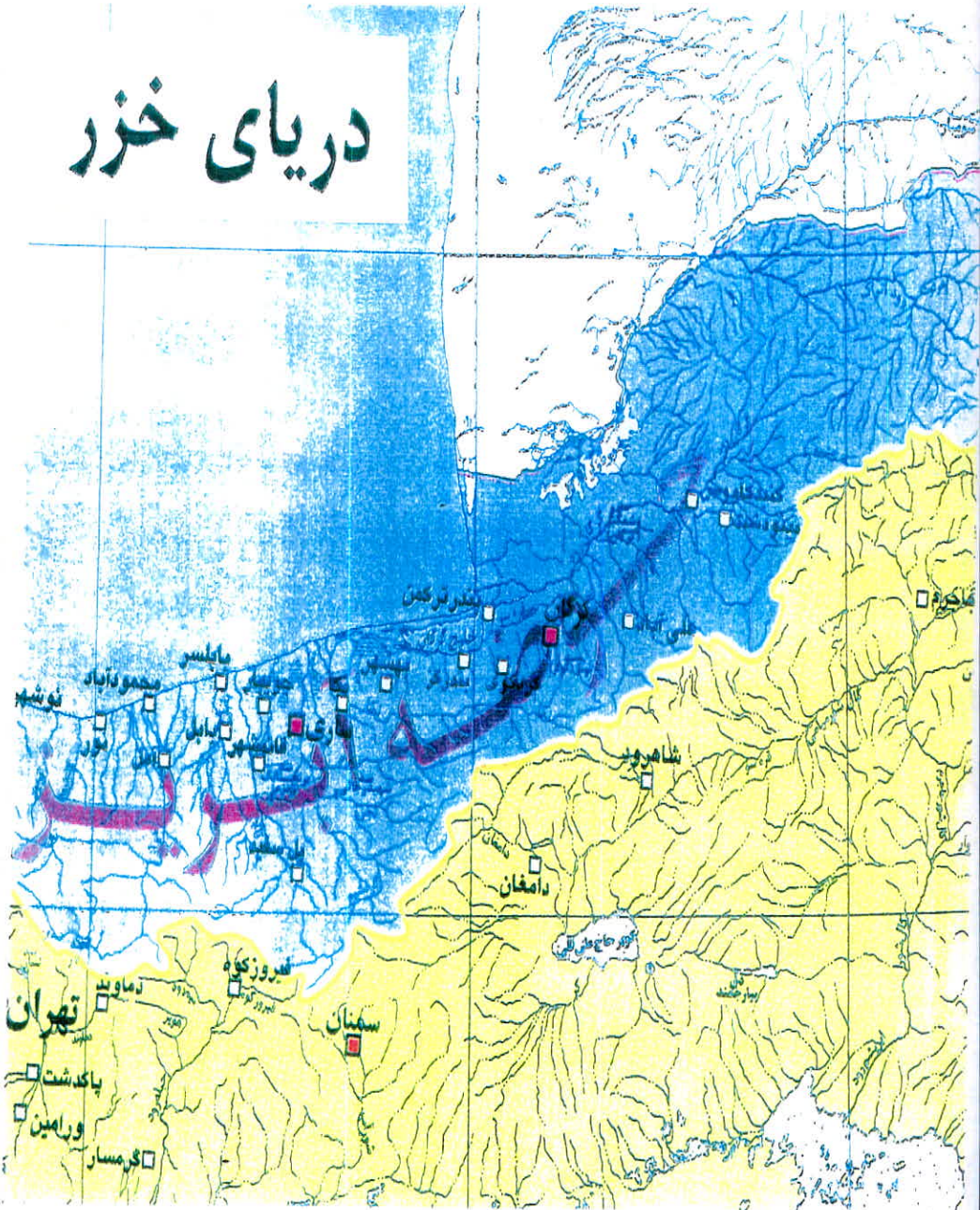
درختانی نظیر نمدار، برگ، سرخه دار، آوترش، زرشک، کندس، خرمالو، لرگ، زالزالک، انجیر، گلابی، گیلاس و توت جنگلی نیز در این منطقه وجود دارند.

۱-۵- پیشینه مطالعات زمین شناسی و معدنی در البرز

رشته کوههای البرز با توجه به خصوصیتی که از نظر زمین شناسی دارند، همیشه مورد توجه زمین شناسان خارجی و داخلی بوده است، به همین لحاظ گزارشها و مقالات متعددی از منطقه تهیه و ارائه گردیده است که در اینجا به تعدادی از آنها اشاره می‌گردد.

یکی از اولین کسانی که البرز را مورد مطالعه زمین شناسی قرار داد، دو مورگان در سال ۱۹۰۵ بود. بعد از آن نیز کسانی همانند اشتال و دیویر رساله دکترای خود را اختصاص به مطالعات زمین شناسی البرز دادند.

دریای خزر



شکل شماره (۱-۵) - نقشه رودخانه های استان گلستان

مقیاس ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰

با اوج گرفتن اکتشافات نفت در ایران ، زمین شناسی شمال ایران مجددا مورد بررسی قرار گرفت و مقاله های مختلفی از سوی زمین شناسان شرکت نفت ارائه گردید که از جمله می توان به گزارش زمین شناسی گانسر (۱۹۵۵) ، اشتوکلین (۱۹۵۹) و همچنین گزارش زمین شناسی گانسر و هوپر (۱۹۶۲) اشاره کرد.

تعداد زیادی از دانشجویان زمین شناسی پایان نامه دکترای خود را در منطقه البرز انجام داده اند که هر کدام از این پایان نامه ها کمک قابل توجهی به شناخت چینه شناسی و تکتونیک البرز نموده است. از جمله این دانشجویان می توان به اشتایگر (۱۹۶۱) ، لورنز و دلنباخ (۱۹۶۴) ، گلوس (۱۹۶۵) و آلن باخ و آسرتو (۱۹۶۶) اشاره کرد. دلنباخ در رساله دکترای خود رسوبات زغالدار شمشک را با توجه به جنبه اقتصادی آن مورد مطالعه قرار داد و پس از آن نیز آسرتو در سال ۱۹۶۶ در رساله خود رسوبات زغالدار ژوراسیک را اندازه گیری کرد.

شرکت ملی ذوب آهن ایران در دهه ۵۰ مطالعات مفصلی در ارتباط با سازندهای زغالدار در منطقه انجام داد تا آنها را از نظر اقتصادی بودن یا نبودن مورد بررسی قرار دهد .

در سال ۱۳۵۵ ، م.ح. نبوی در کتاب دیباچه ای بر زمین شناسی ایران ، تحلیل مفصلی بر منطقه البرز ارائه داده است .

در سال ۱۳۵۹ ، افتخارنژاد بخشهای مختلف ایران را از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه های رسوبی تفکیک کرد.


درویش زاده در سال ۱۳۷۰ در کتاب زمین شناسی ایران ضمن جمع آوری

اطلاعات موجود درباره البرز، نسبت به ارائه اطلاعات جدید اقدام نمود.

۱-۶- مطالعات انجام شده قبلی در ناحیه گرگان

چهارگوش گرگان که منطقه مورد بررسی در بخشی از آن قرار دارد، به دلیل موقعیت ویژه جغرافیایی و اقلیمی در گذشته مورد بررسیهای زمین شناسی مختلف منطقه ای قرار گرفته که هر کدام از آنها بر حسب نوع و مقیاس مطالعات در جای خود از اهمیت ویژه ای برخوردارند. ذیلا به بعضی از آنها به عنوان نمونه کارهای انجام شده که جزء منابع و ماخذ استفاده شده نیز هستند، اشاره می شود.

- ۱- گانسر (A.Gansser 1951)، بررسیهای مقدماتی زمین شناسی در گرگان و اطراف آن
- ۲- هوپر (H.Hubber 1957)، زمین شناسی کوههای جنوب گرگان بین نکا و آزاد شهر
- ۳- اشتوکلین (G.Stocklin 1955)، چینه شناسی مازندران شرقی و البرز بین نکا و دامغان
- ۴- زنی (G.Genny 1977)، زمین شناسی البرز شرقی بین علی آباد و شاهرود
- ۵- استامپفلی (G.Stampfli 1978)، زمین شناسی البرز شرقی جنوب گنبد کاووس
- ۶- بربریان و همکاران (۱۹۷۳)، دگرشکلی و فازهای دگرگونی در شیستهای گرگان
- ۷- شادروان رضا صالحی (۱۳۵۸)، بررسیهای زمین شناسی و تکتونیکی بخش شمال باختری چهارگوش گرگان (رساله دکترا)
- ۸- شرکت زرنقش (۱۳۶۶)، مطالعات آب خیزداری حوزه گرگان و گنبد
- ۹- شهرابی (تلفیق کننده) ۱۳۶۸، نقشه زمین شناسی چهارگوش گرگان از انتشارات سازمان زمین شناسی کشور
- ۱۰- مجید شاه پسندزاده، رساله کارشناسی ارشد و طرح تحقیقاتی مطالعه زمین شناسی و بررسی روندهای تکتونیکی در سنگهای پرکامبرین (شیستهای گرگان) مربوط به دانشگاه تربیت معلم تهران (۱۳۷۱)

صفحه ۱-۲۳	پی جونی و پتانسیل یابی مواد معدنی در نسیست گرگان فصل اول - کلیات	
-----------	---	--

۱۱- مهندسان مشاور تهران پادیر (۱۳۷۲) ، بررسیهای زمین شناسی- معدنی ناحیه

جنوب علی آباد

۱۲- معاونت پژوهشی با همکاری گروه زمین شناسی دانشگاه گرگان (۱۳۷۸) ،

بررسی واحد نکارمن در استان گلستان

۱۳- مهندسان مشاور معدنکاو (۱۳۷۸) ، طرح پیجویی مواد معدنی در سازند الیکا در

استان گلستان

فصل دوم

زمین شناسی عمومی

۱-۲- واحدهای زمین شناسی و ساختمانی ایران

وضعیت پیچیده ساختمانی فعلی ایران معرف این واقعیت است که بخشهای مختلف کشور ما در طول زمان ویژگی های زمین شناسی متفاوتی نسبت به هم پیدا کرده و از هم متمایز شده است. بنابراین برای اطلاع از سرگذشت کامل آن لازم است بخشهایی که حوادث زمین شناسی مشابهی را پشت سر گذاشته اند، در یک گروه قرار دهیم و به این ترتیب آن را به مناطق یا زون هایی تقسیم کنیم که هر یک با اختصاصات ویژه ای مشخص می شود.

در تقسیم بندی ساختاری پهنه ایران ملاکهای متفاوتی توسط محققان مختلف به کار گرفته شده است. از جمله مهمترین ملاکهایی که برای تقسیم بندی در نظر گرفته شده اند، عبارتند از:

۱- فعالیتهای تکتونیکی و سبک ساختمانی در واحدهای مختلف

۲- روندهای عمومی که گاهی در زون های مجاور متفاوت است

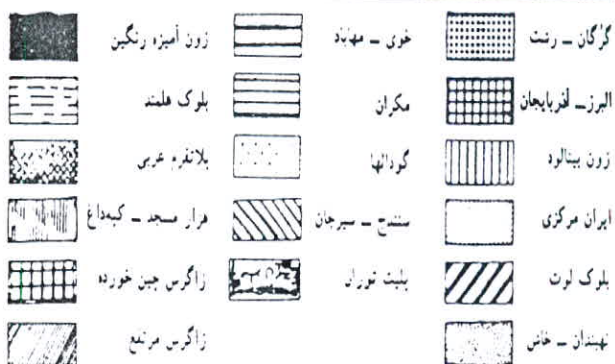
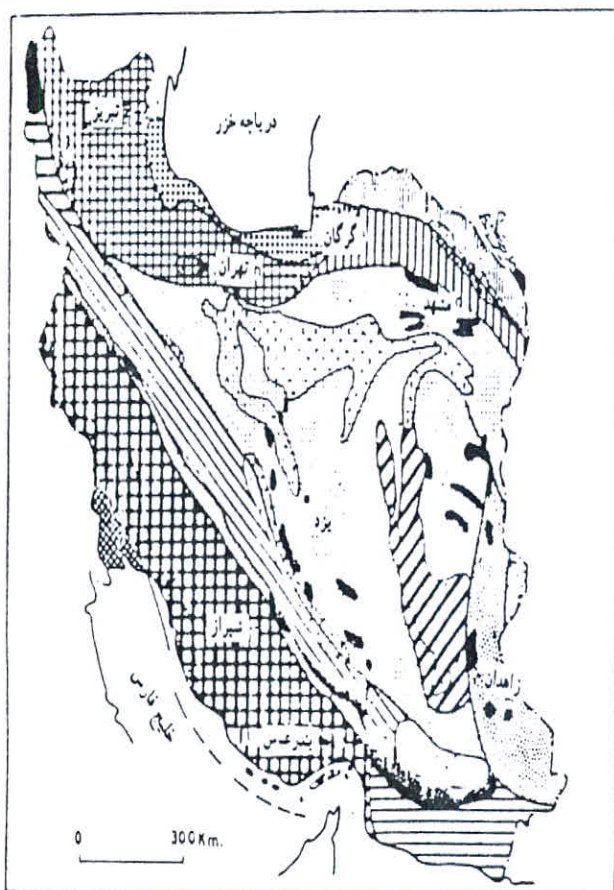
۳- حوضه های رسوبی و نوع رسوبات مربوط به آنها

۴- سن واحدهای مختلف

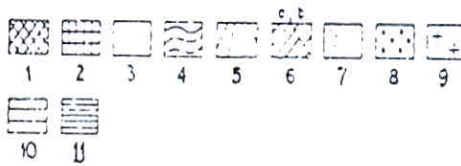
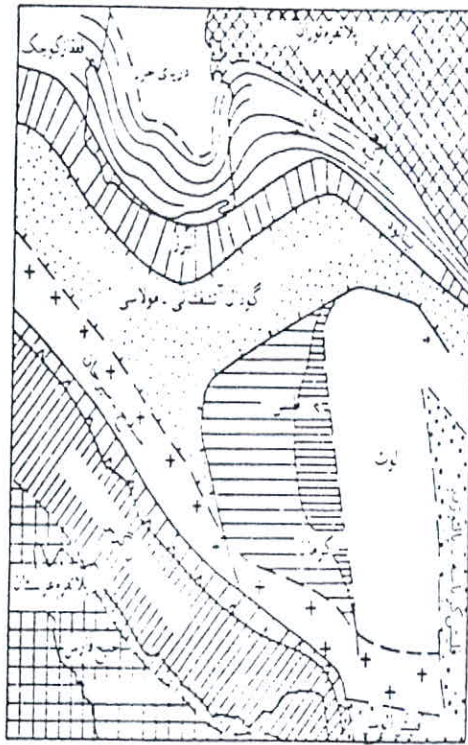
۵- فعالیت های ماگمایی و دگرگونی

بر اساس موارد فوق و با توجه به پیشنهاد اشتوکلین (۱۹۶۸) و نقشه تکتونیک ایران (اشتوکلین و نبوی ۱۹۷۳) که مبنای کار بسیاری از محققین زمین شناس در ایران است و نوشته م. ح نبوی (۱۳۵۵)، واحدهای مهم زمین شناسی و ساختمانی ایران به شرح زیر

معرفی می گردد. اشکال (۱-۲) و (۲-۲) [۱]



شکل شماره (۲-۱) - واحدهای ساختمانی رسوبی ایران، م. ح. نبوی (۱۳۵۵)



شکل شماره (۲-۲) - واحدهای تکتونیکی مهم ایران - (استامبولی ۱۹۷۸)

- ۱- پلاتفرم توران که پی سنگ آن به خوبی شناخته نشده، ولی به وسیله رسوبات سنوزونیک بسیار ضخیم پوشیده شده است.
- ۲- پلاتفرم عربستان با پی سنگ پرکامبرین، در آن پالتوزونیک گسترش چندانی ندارد.
- ۳- بلوک لوت با پی سنگ پرکامبرین که در برخی از نقاط آن رسوبات مزوزونیک و سنوزونیک از اهمیت قابل توجهی برخوردار است و آتشفشانهای ترسیب در آن اهمیت بسیار دارد.
- ۴- کپه داغ با رسوبات ضخیم مزوزونیک و پی سنگ آن به خوبی شناخته نشده است.
- ۵- البرز با پی سنگ پرکامبرین با رسوبات اینفراکامبرین و پالتوزونیک گسترش زیاد داشته ولی رسوبات مزوزونیک و سنوزونیک در برخی نقاط آن ضخامت زیاد دارد.
- ۶- سلسله زاگرس a- خارجی b- داخلی (زون رورانده)، پی سنگ آن به خوبی مشخص نیست (پالتوزونیک)، در آن، رسوبات پالتوزونیک و مزوزونیک گسترش بسیار دارد.
- ۷- گودال ولکانومولاسی که در آن سنوزونیک گسترش زیاد داشته و با ویکتسیم ترسیب نسبتاً شدید و وجود بلوک هایی که نسیبتهت به البرز دارند، مشخص است.
- ۸- زون فلیش کرتاسه و اتوسن
- ۹- زون سندج-سیرجان با پی سنگ پرکامبرین و پالتوزونیک
- ۱۰- بلوک طبس با پی سنگ پرکامبرین که در آن اینفراکامبرین و پالتوزونیک از گسترش جانی برخوردار است و به وسیله پوششی از مزوزونیک فرا گرفته شده است.
- ۱۱- سلسله کوههای طبس-کرمان، پالتوزونیک در آن ندرتا دیده می شود، رسوبات تریاس-جاس بسیار ضخیم و روند کلی آن شمالی - جنوبی است.

الف: زون زاگرس

۱- دشت خوزستان

۲- زاگرس چین خورده

۳- زاگرس مرتفع

ب: زون سندج - سیرجان

پ: زون ایران مرکزی

ت: زون مشرق و جنوب شرقی ایران

۱- زون فلش شرق ایران

۲- بلوک لوت

۳- زون مکران

ث: البرز

۱- کبه داغ و البرز شرقی

۲- البرز مرکزی

۳- البرز غربی و آذربایجان

بنابر نوشته نبوی (۱۳۵۵)، مرز واحدها با یکدیگر در بیشتر جاها، گسلی است و

در جاهای دیگر فرورفتگیهایی وجود دارد که خط مرز واحدها از محورهای آن عبور

می کند، فرورفتگیهای مزبور در غالب موارد از نوع زمین ساختی است.

در سالهای اخیر، با مطالعات زمین شناسی دقیق تر و استفاده از فرضیه تکتونیک

صفحه ای تقسیمات کوچکتری نیز انجام شده یا تفسیر و تعبیر متفاوتی از زونهای

ساختمانی پیشنهادی اشتوکلین (۱۹۶۸) به عمل آمده است. از جمله افتخارنژاد (۱۳۵۹)،

در نوشته‌ای با عنوان تفکیک بخشهای مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه های رسوبی تقسیم بندی دیگری پیشنهاد کرده است.

۲-۱-۱- البرز

کوههای البرز، در شمال ایران و جنوب دریاچه خزر، رشته کوههای با امتداد شرقی- غربی پیچ و خم داری را تشکیل می دهد. سلسله جبال البرز خود جزئی از قسمت شمالی کوهزایی آلپ- هیمالیا در آسیای غربی به شمار می رود و از شمال به بلوک فرورفته کاسپین و از جنوب به فلات ایران مرکزی محدود می شود. روند ساختمانی کوههای بخش غربی البرز، شمال غرب - جنوب شرق و تا اندازه ای با نوار شمالی زاگرس چین خورده و هم امتداد ساختمانی قفقاز کوچک و بزرگ است، درحالیکه امتداد زونهای ساختمانی بخش شرقی کوههای البرز تقریباً شمال شرق - جنوب غرب بوده و با امتداد گسل بزرگ کویر (گسل درونه) موازی است (بربریان ۱۹۷۶، نوگل ۱۹۷۸). گانسر (۱۹۶۲) معتقد است که جبال البرز در شرق از طریق هندوکش به جبال پامیر متصل می شود ولی امتداد غربی و شمال غربی البرز با ابهام توأم است. اگرچه مجموعه البرز از آذربایجان تا خراسان ادامه می یابد ولی از نظر چینه شناسی و تکنیک اختصاصات یکنواخت نداشته و به همین دلیل به واحدهای کوچک تر تقسیم شده است.

ساختمان البرز نتیجه دو کوهزایی مهم است، یکی کوهزایی پرکامبرین و دیگری کوهزایی آلپی مربوط به دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک، چین خوردگی پرکامبرین در البرز، سخت شدن و به هم پیوستگی پی سنگها را به دنبال داشته است.

بسیاری از محققان، البرز را از اینفراکامبرین تا تریاس میانی به صورت یک پلاتفرم پایه در نظر می گیرند و فازهای کالدونین و هرسی نین را تنها به صورت

بالا آمدگیهای خشکی زایی قبول دارند (اشتوکلین ۱۹۶۸ و استامپفلی ۱۹۷۸) ، ولی آثار کوهزاییهای دونین - کربونیفر در جنوب مشهد، ماسوله و آذربایجان قابل مشاهده است. اولین حرکات واقعی که منجر به چین خوردگی البرز شد ، در حاشیه ماستریشتین پایانی و پالنوسن اتفاق افتاد (فاز لارامید) و در اثر آن محدوده فرورفتگی کاسپین در شمال به خشکی مبدل شده و موجب تشکیل سلسله جبال البرز در اوایل دوران سنوزوئیک گردید. دومین فاز کوهزایی در اوایل - اواسط اولیگوسن اتفاق افتاده است (فاز پیرنه). این حرکات موجب مرتفع شدن بیشتر و فرسایش بعدی قسمت مرکزی کمربند البرز شد. آخرین حرکات کوهزایی مهم البرز در اواخر پلیوسن یا اوایل پلیستوسن اتفاق افتاده است (فاز پاسادنین) . پی آمد این حرکات گسل خوردگیها، روراندهای ملایم و مرتفع شدن البرز بوده است (خسرو تهرانی، ۱۳۶۴).

سلسله جبال البرز در دامنه جنوبی ، روراندهای پرشیبی به سمت جنوب داشته که غالباً در زیر رسوبات آبرفتی از نظر مخفی می باشند ، در دامنه شمالی هم روراندهای پرشیبی به سمت شمال وجود دارد که نتیجه عمل تکنونیک مهمی محسوب می شود. چنانکه قبلاً گفته شد، فرونشینی کف دریای خزر با شکستگیها و گسلهای البرز ارتباط مستقیم دارد. به عقیده اشتوکلین، رشته کوههای البرز در مشرق و قسمت مرکزی ، تاقدیس ساده‌ای در حاشیه شمالی ایران مرکزی تشکیل می دهند. حاشیه جنوبی این رشته کوهها از نظر ساختمانی و چینه شناسی با ایران مرکزی شباهت زیادی دارد ، در حالیکه حاشیه شمالی با دامنه جنوبی خود اختلاف زیادی دارد (اشتوکلین ۱۹۶۸).

به طور کلی در سلسله کوههای البرز، تغییرشکل‌های عهد حاضر اساساً به طور قائم و در ارتباط با ایزوستازی (Isostasy) این ناحیه است، به علاوه فرسایش در آن اهمیت زیاد دارد و همین دو عامل موجب افزایش وزنی با دامنه وسیع می‌شوند.

به کمک چند زون گسلی بزرگ که تقریباً با روند کلی ساختمانی البرز موازی هستند، البرز به چند زون ساختمانی تقسیم شده است (اشتوکلین ۱۹۷۴، بربریان با چالکوه و دیگران و دلنباخ ۱۹۶۴). بر اساس طرح پیشنهادی اشتوکلین (۱۹۷۴)، کوههای البرز از شمال به جنوب به شش زون ساختمانی به شرح زیر تقسیم شده است:

۱- زون بالا آمده گرگان

زونی متشکل از سنگهای متبلور پی سنگ بوده و اغلب توسط رسوبات کم ضخامت دوران مزوزوئیک پوشیده شده است.

۲- زون نئوژن شمالی

این زون شامل کمربند چین خورده‌ای از سنگهای دوران مزوزوئیک و به ویژه نئوژن بوده که توسط رخصاره های مولاس دنبال می‌شود. این زون توسط راندگی در قسمت جنوبی خود، از زون شمالی - مرکزی (زون سه تقسیم بندی) جدا می‌شود.

۳- زون شمالی - مرکزی

این زون با رسوبات کم عمق که تقریباً از اینفراکامبرین تا کرتاسه بالایی ادامه دارد، مشخص می‌شود. ضمناً دوره‌های کوتاه فعالیت آتشفشانی و تغییر شکل‌های ساختمانی در دوران سنوزوئیک از مشخصات دیگر آن است.

۴- زون جنوبی - مرکزی

در این زون رسوبات کم عمق منطقه مربوط به قبل از دوران سنوزوئیک به صورتیکه در زون سه وجود دارد، توسط ولکانیکهای بسیار ضخیم دوران سنوزوئیک به ویژه انوسن پوشیده شده است. رورانندی مهم بعد از انوسن در این زون مشاهده می شود.

۵- زون ترسیری جنوبی

این زون دارای ولکانیکهای بسیار ضخیم انوسن و رسوبات خشکی نوژن است و با رورانندی ملایم به سمت جنوب مشخص می شود.

۶- زون بالا آمده جبهه جنوبی

دارای رسوبات کم عمق و سنگهای ولکانیکی بوده، مراحل چین خوردگی از کرتاسه آغازی به بعد و گسلهای عادی و معکوس در آن مشهود است.

البرز از نظر چینه شناسی و تکتونیک، اختصاصات یکنواخت نداشته به همین دلیل به واحدهای مختلف تقسیم شده است. که باتوجه به موقعیت جغرافیایی عبارتند از:

- کپه داغ و البرز شرقی

الف - زون کپه داغ

ب - زون بینالود

- البرز مرکزی

الف - زون گرگان - رشت

ب - زون البرز مرکزی و غربی

- البرز غربی و آذربایجان

شدت چین خوردگیهای دامنه شمالی البرز کمتر است و در همین دامنه رسوبات دگرگون شده پرکامبرین در چند محل ظاهر شده است که نظیر آنها در ایران مرکزی نیز وجود دارد. با توجه به مناطق دگرگون شده دامنه شمالی، چنین تصور می شود که امتداد شرقی- غربی البرز، قدیمی و به پرکامبرین تعلق دارد که جهت و شدت چین خوردگیهای بعدی نیز متأثر از آن بوده است.

۲-۱-۲- واحدهای ساختمانی استان گلستان

استان گلستان از نظر ساختاری در زونهای فرعی کپه داغ و گرگان - رشت قرار گرفته است که این دو زون در ذیل شرح داده شده اند.

۱-۱- زون کپه داغ

این زون به صورت باریکه طولی در شمال خراسان و ادامه بخش شمالی آن در ترکمنستان قرار دارد. حد جنوبی کپه داغ به بینالود محدود می شود. حد شمالی آن با فلات توران گسلی است. بنا به نوشته نبوی (۱۳۵۵)، گسل عشق آباد در ترکمنستان با روند ۳۱۵-۳۱۰ درجه شمالی، جدا کننده این زون از پهنه توران است و دنباله این گسل در ناحیه سرخس ایران هم دیده می شود. این زون پس از کوهزایی سیمیرین پیشین، یعنی هنگامی که ظاهراً "تصادم و برخورد بین ایران و توران خاتمه یافت (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱)، به صورت حوزه رسوبی در می آید و در آن از ژوراسیک تا میوسن، رسوبات ضخیمی (در حدود ۸۰۰۰ متر) بدون نبود چینه شناسی مهم و توالی از رخساره های متنوع، روی هم انباشته شده است. این رسوبات اساساً شامل شیل، آهک، مارل، ماسه سنگ و گاهی کنگلومرا و سنگهای تبخیری است که در انتها به وسیله لایه های قرمز رنگ خشکی مشابه تشکیلات قرمز بالایی به سن بعد از اولیگوسن

زیرین یا احتمالاً "میوسن پوشیده می شود (نبوی، ۱۳۵۵). مجموع سریهای مذکور، به طور دگرشیب در زیر کنگلومرای پلیوسن قرار دارد.

افشار حرب (۱۹۶۹ و ۱۹۷۹) در پی سنگ این منطقه چهار گسل اصلی تشخیص داده است که لاقل پیش از ژوراسیک فعال بوده اند. این گسلها بعدها و طی حرکات کمپرسیونی بعدی، از حالت عادی به گسل معکوس تغییر وضع داده اند. به عقیده اشتامپلی (۱۹۷۸)، گسلهای کپه داغ با حاشیه قدیمی قاره پلاتفرم توران جنوبی در پالئوزوئیک و بخشی از تریاس مطابقت دارند.

در ناحیه آق دربند در زیر سنگهای رسوبی دوران مزوزوئیک این حوزه رسوبی، سنگهای قدیمی تری که متعلق به دونین تا تریاس است، مشاهده می شود که تنها رسوبات بی بنیان آن دگرگونی خفیفی را متحمل شده و احتمالاً این دگرگونی به فاز هرسی نین متعلق است، زیرا رسوبات تریاس این ناحیه فاقد دگرگونی است (نبوی، ۱۳۵۵). در ضمن ضخامت رسوبات ژوراسیک و کرتاسه کپه داغ به ۶۰۰۰ متر می رسد که از رسوبات زاگرس همین زمان زیادتر است.

از ویژگیهای اصلی این زون، نبود فعالیت‌های ماگمائی در طول پیدایش و دوام این حوزه رسوبی است با وجود این، در مرز جنوبی کپه داغ فوران بازالتی کواترنر نیز گزارش شده است که آنرا به چین خوردگی اواخر پلیوسن مربوط می دانند و چینهای ملایمی به رسوبات کپه داغ نیز داده است.

لازم به تذکر است که در حوزه کپه داغ، مانند زاگرس، حرکات کوهزایی مهمی بعد از دوره لیاس اتفاق نیفتاده است و تنها آثار حرکات خشکی زایی مختصر در برخی مواقع مشاهده می شود. چنانکه طی پالئوسن هیچ چین خوردگی در آن به وجود نیامد

ولی این منطقه موقتاً از سطح آب بالا آمد (که سازند تخریبی قرمز پستلیق نشانه آن است) و به دنبال آن، از زمان ائوسن - اولیگوسن شروع به فرونشست کرد. با توجه به تغییر ضخامت لایه‌ها طی دوران مزوزوئیک و ترسیب، می‌توان نتیجه گرفت که محور فرورفتگی به تدریج در جهت قسمتهای قدامی فلات توران منحرف شد (اشتوکلین ۱۹۶۸). روند کلی این زون همان روند گسل عشق‌آباد است که فرورفتگی کشف رود با همین روند به وجود آمده است. (نبوی، ۱۳۵۵).

۲-۲- زون گرگان - رشت

این زون شامل مناطقی است که حاشیه دریای خزر را در سواحل ایران محدود کرده و در شمال گسل البرز قرار دارد. بخش اعظم آن به وسیله رسوبات عهد حاضر (رودخانه‌ای، دلتائی و ساحلی) پوشیده شده است. مرز شرقی آن، زون هزارمسجد - کپه داغ، نیز به وسیله لایه‌های ضخیمی از لس پوشیده شده است (نبوی، ۱۳۵۵). در تقسیم‌بندی افتخارنژاد (۱۳۵۹)، قسمت اعظم زون مزبور به نام فرونشست دریای خزر ذکر شده است.

با توجه به دگرگونی کم‌شیسته‌های جنوب گرگان، تاریخچه پیدایش این زون را پیرکامبرین تصور می‌کنند، باید خاطر نشان کرد که شیسته‌های گرگان را به حرکات کالدونین هم نسبت داده‌اند (نبوی، ۱۳۵۵).

علاوه بر شیسته‌های دگرگون شده گرگان، نشانه‌هایی از دگرگونی در بخش غربی این زون، یعنی جنوب اسالم و شاندرمن که به پیرکامبرین نسبت داده شده، وجود دارد. طی دوران پالئوزوئیک آثار فعالیت‌های آتشفشانی زیادی در این زون دیده شده

است. در بخش فرعی این زون کرتاسه پایانی با فعالیت آتشفشانی همراه است ولی در ناحیه گرگان بین ژوراسیک بالایی و کرتاسه بالایی نبود رسوبگذاری (Gap) وجود دارد. دو مشخصه مهم این زون، نبود سنگهای انوسن و الیگوسن و دگرشیبی لایه‌های میوسن بر روی سنگهای کرتاسه است، در حالیکه در همین زمان در البرز جنوبی رسوبات متنوع همراه با سنگهای آتشفشانی تشکیل شده است.

این زون توسط گسل عطاری در طول سیلورین و دونین پیشین، البرز شرقی را از البرز مرکزی و غربی جدا کرده است.

۲-۲- تکوین ساختاری ناحیه گرگان

روندهای زمین شناسی چین خوردگی کاتانگایی در سراسر ایران و بیشتر جاهای کمربند چین خوردگی آلپ- هیمالیا اثر مهمی داشته است. این چین خوردگی و هم ارزی نسبی آن با رخدادهای ساختاری زمین ساختی بایکالی و حجازی به طور کامل مشخص نیست و شاید لازم باشد که نام جدیدی برای آن انتخاب شود، در این صورت می توان آنرا به نام چین خوردگی ایرانی نامید. اثر این رخداد زمین ساختی در ایران بسیار زیاد است، ولی در ناحیه شمالی باعث به وجود آمدن برجستگیهایی به شکل پشته‌های طویل کم ارتفاع در جنوب دریای خزر شده است.

۲-۲-۱- جنبشهای پرکامبرین پسین (بایکالین - استین)

این فاز، نهشته‌های پرکامبرین (سنگ مادر شیبسته‌های گرگان) را تحت تأثیر قرار داده، کوهزایی مزبور با جاگذاری توده‌های نفوذی همراه بوده است. با توجه به سن مطلق به دست آمده از نمونه‌های دره ناهارخوران، سن کوهزایی حدود یک میلیارد سال است.

۲-۲-۲- جنبشهای پالئوزوئیک (کالدونین-هرسی نین)

مشابه بخش اعظم البرز، جنبشهای پالئوزوئیک ماهیت کوهزایی نداشته و دگرشیبی زاویه دار میان رسوبات پالئوزوئیک ناحیه گرگان دیده نمی‌شود.

۱- جنبشهای خشکی زایی کالدونین

در ایران و کشورهای همسایه، چین خوردگی کالدونین به صورت خیلی ضعیفی اثر داشته است. در ایران ارتباط سنگهای دو سیستم سیلورین و دونین با سنگهای قدیمی تر در بیشتر ناحیه‌ها از نوع ناپیوستگی هم‌شیب می‌باشد و به همین علت گفته شده است که جنبشهای کالدونی به صورت عمودی اثر نموده‌اند (Epeirogeny) که نتیجه آن به وجود آمدن یک نبود چینه‌شناسی مهم در بیشتر جاها به ویژه در شمال ایران است. البته شکی نیست که در اثر رخداد کالدونی، قسمتهای بزرگی از ایران زمین به صورت خشکی در آمده، ولی علت آن تنها جنبشهای عمودی (مثبت و منفی) نبوده است. نبودن سنگهای سیلورین در بخش بزرگی از ایران نشان می‌دهد که در اواخر دوره اردوئین جنبشهای زمین‌ساختی آغاز شده و بدین ترتیب خشکی کالدونی ایران در بخش شمال و شمال باختری و باختر ایران به وجود آمده است. مرز خاوری این خشکی به صورت برجستگی طولی بوده که روند آن شمال خاوری-جنوب باختری بوده است. این برجستگی از علی‌آباد گرگان آغاز و پس از سمنان و محلات به زردکوه بختیاری متصل بوده است.

بین این خشکی و برجستگی جنوب خزر یک حوضه رسوبی وجود داشته است که با خاور ایران در ارتباط بوده و در آن رسوبهای شیلی، ماسه سنگی و آهکی سیلورین همراه با سنگهای آتشفشانی تشکیل شده است. در اواخر سیلورین - اوایل دونین یک

فاز فشارشی به وجود آمده است که بر حوضه های رسوبی کم عرض که در شمال از گرگان تا بندر انزلی وجود داشته است، به شدت اثر کرده و رسوبهای آنها را دچار دگرگونی (رخساره شیست سبز) نموده است.

شیستهای گرگان که به پرکامبرین نسبت داده شده اند، ممکن است متعلق به سیلورین بوده و در اثر رخداد یاد شده دگرگون شده باشند. حوضه های رسوبی شمال بدین ترتیب در اثر رخداد کالدونی بسته می شود و رسوبهای کربونیفر و دونین میانی - بالایی با دگرشیبی بر روی سنگهای دگرگونی قرار می گیرند.

پس جنبشهای کالدونی ایران بی شک از نوع کوهسازی بوده و موجب به وجود آمدن برجستگیها و حوضه های رسوبی ویژه شده اند. دگرگونی و فعالیت ماگمایی (فعالیت ماگمایی اواخر دونین که در شمال ایران وجود داشته است)، یکی از نتایج این رخداد زمین ساختی است.

۲- جنبشهای خشکی زایی هرسینین

در ناحیه گرگان مشابه بقیه البرز شرقی، اثر قابل توجه جنبشهای هرسینین، خشکی زایی عمومی در کربونیفر زیرین بوده است. جنبشهای مزبور همچنین نبود چینه شناسی در پرمین را باعث شده اند، مرحله اول خشکی زایی در ساکمارین (بعد از تشکیل سازند درود) و مرحله دوم خشک زایی در اواخر پرمین که با رسوبات آواری بین سازندهای روتنه و الیکا مشخص می باشد.

در مورد زمان شروع جنبشهای هرسینین باید گفت که برجای گذاشتن نهشته های آواری در نامورین، بیانگر آغاز جنبشهای مزبور بوده و برقراری یک رژیم نسبتاً پایدار در تریاس زیرین را می توان پایان این جنبش به شمار آورد.

۲-۲-۳- جنبشهای مزوزوئیک

در دوران مزوزوئیک دو رخداد چین خوردگی مهم وجود داشته است که به ترتیب عبارت بوده‌اند از چین خوردگی کیمبرین پیشین و چین خوردگی کیمبرین پسین. هر دو رخداد با فازهای مختلف و محدودتری دنبال شده‌اند که نتیجه آنها دگرشیبی های با گسترش محلی می باشد.

۱- جنبشهای کیمبرین پیشین (Early Kimmerian)

اثر این چین خوردگی را در اکثر نقاط ایران می توان دید که در همه جا یک ناپیوستگی هم شیب در زیر سنگهای تریاس بالایی و یا ژوراسیک پائینی به وجود آورده است. پدیده دگرگونی وابسته به این رخداد زمین ساختی نیز در قسمتهای بزرگی از ایران زمین دیده شده است که به هر حال رخساره دگرگونی شیبست سبز معرف آن است. این دگرگونی آنقدر شدید نبوده است که بتواند سنگهای دگرگونی پرکامبرین را دچار دگرشکلی نماید. پی آمد این رخداد، فعالیت ماگمایی بوده است که نتیجه آن در بسیاری از جاهای ایران زمین دیده می شود. در بخش بزرگی از کوههای البرز، گدازه های بازالتی را در زیر رسوبات تریاس یا ژوراسیک می توان مشاهده کرد.

اولین جنبشهای مزوزوئیک در اوایل تریاس میانی به وجود آمده‌اند. آثار جنبشهای کیمبرین پیشین در زونهای شاهکوه و چمن ساور از یکدیگر متفاوت بوده است. در زون شاهکوه این جنبشها ماهیت خشکی زایی داشته است، زیرا رسوبات شمشک به طور هم شیب بر روی سازندهای پالنوزوئیک و تریاس میانی قرار گرفته اند. در زون چمن ساور، جنبشهای مزبور چین خوردگی ایجاد نموده و دگرشیبی

زاویه دار مشخص بین سازند های مزوزوئیک و رسوبات پالئوزوئیک و تریاس میانی مشاهده می شود.

۲- جنبشهای کیمبرین پسین (Late Kimmerian)

این رخداد زمین ساختی، اثر دینامیکی شدیدتری داشته است به طوری که در قسمت بزرگی از ایران یک دگرشیبی بسیار آشکار، گویا در قاعده سنگهای کرتاسه وجود دارد. حوضه رسوبی شمال کوههای البرز که در ژوراسیک پیشین به وجود آمده است، در دوره کرتاسه پیشین نیز گسترش داشته و رخداد زمین ساختی کیمبرین پسین در حقیقت موجب فرو نشستگی بیشتر کف این حوضه رسوبی شده است.

در شمال ایران سنگهای آتشفشانی (آندزیت) در قسمتهای شمالی کوههای البرز به وجود آمده اند. برخلاف البرز مرکزی، در ناحیه گرگان و بیشتر البرز شرقی، جنبشهای کیمبرین پسین ماهیت خشکی زایی داشته است، رسوبگذاری در کرتاسه زیرین انجام شده و آهکهای کرتاسه زیرین به طور هم شیب بر روی سازند لار قرار دارند.

۲-۲-۴- جنبشهای سنوزوئیک

در تمام ایران به جز زاگرس و کوههای هزار مسجد-کپه داغ دوران سنوزوئیک با رخداد زمین ساختی مهمی آغاز شده که مهمترین و گسترده ترین فعالیت آتشفشانی ایران زمین را موجب شده است. نشانه های این رخداد که به چین خوردگی لارامید نسبت داده می شود، دگرشیبی بسیار آشکار و سراسری است که در قاعده سنگهای ترسیری وجود دارد.

۱- جنبشهای لارامید

این جنبشها که احتمالاً از اواخر کرتاسه آغاز گردیده‌اند، در شمال و جنوب منطقه کارکرد متفاوتی داشته‌اند. در بخش جنوبی زون شاهکوه (ناحیه دامغان) چین خوردگی ناشی از لارامید دیده می‌شود. رسوبات ائوسن با دگرشیبی زاویه دار روی سازندهای مزوزوئیک قرار گرفته‌اند. دگرشیبی به سمت شمال زون مزبور کاسته شده به طوری که در ناودیسهای مجن و شلکه، سازندهای فوق‌الذکر با یکدیگر تقریباً هم شیب بوده و دگرشیبی بسیار خفیف می‌باشد.

۲- جنبشهای اواخر اولیگوسن - اوایل میوسن و اواخر میوسن

این جنبشها چین خوردگیهایی را در ناحیه دامغان سبب گردیده، ولی در ناحیه گرگان اساساً ماهیت خشکی زایی داشته‌اند. در واقع مشابه لارامید آثار جنبشهای مورد بحث به سوی شمال کاهش می‌یابد.

۳- جنبشهای اواخر پلیوسن

مهمترین جنبشهای کوهزایی که تمام ناحیه تحت تأثیر آن قرار گرفته است، در اواخر پلیوسن رخ داده است. به خاطر چین خوردگی ناشی از آن، دگرشیبی از یک سو بین رسوبات قدیمی تر از پلیوسن و از سوی دیگر نهشته‌های جوان تر در سراسر ناحیه دیده می‌شود. می‌توان گفت که در پایان این جنبشها، ناحیه گرگان وضعیتی بسیار نزدیک به وضعیت کنونی خود را به دست آورده است.

۴- جنبشهای کواترنر

این جنبشها مکمل برپایی رشته کوهها بوده‌اند و آثار عمده آن تجدید فعالیت در امتداد گسلهای اصلی و یا ایجاد گسلهای جوان می‌باشد. با توجه به لرزه خیزی شدید ناحیه می‌توان گفت که این جنبشها با شدت کمتر هنوز ادامه دارند.

۲-۳- چینه شناسی

۲-۳-۱- شیستهای گرگان (Gorgan Schists)

پركامبرين در البرز با شیستهای دگرگون شده گرگان شروع می‌گردد که از قدیمی ترین سنگهای این سلسله جبال محسوب می‌شوند. اولین بار نام آن توسط گانسر در سال ۱۹۵۱ به کار گرفته شد که مشتق از شهر گرگان است. گانسر ضخامت آن را در دره زیارت (جنوب گرگان) حدود ۲۰۰۰ متر برآورد نموده است.

این شیستهای دگرگونی که در سالهای ۱۸۷۷ و ۱۹۱۱ توسط تیتز (Tietze) و اشتال (A. F. Stahl) مورد مطالعه قرار گرفته بود، ضخامتی در حدود ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر سنگهای دگرگونی است.

از نظر لیتولوژی این شیستها شامل فیلیت، سربیسیت، کلریت شیست، کوارتزیت، متادیاباز و پرواسلیت می‌باشد که مقدار کمی سنگهای اوفیولیتی نیز در قسمت زیرین آن مشاهده می‌گردد و در بخش فوقانی آن کوارتزیت وجود دارد. گانسر این مجموعه را شیستهای دگرگونی نامید.

ژنی، شیستهایی را که در کمربندی به طول ۱۱۰ کیلومتر و پهنای ۲ تا ۱۰ کیلومتر به موازات راستای عمومی ساختارهای منطقه کوهزایی البرز واقع شده‌اند، به نام شیستهای گرگان نامید. این کمربند دگرگونی از علمدارمحله (۸ کیلومتری شرق بهشهر) در غرب تا زرین گل (۹ کیلومتری جنوب شرق علی‌آباد) در شرق، سنگهای رسوبی جنوب البرز را از رسوبات جلگه گرگان و فرورفتگی شرق دریای خزر جدا می‌نماید.

رخساره اولیه این شیستها شامل گل سنگ، شیل، ماسه سنگ و مقدار کمی آهک بوده که پس از دگرگون شدن به انواع مختلف سنگهای دگرگونی درجه حرارت پائین نظیر فیلیت، اسلیت، کلریت و سریسیت شیست به همراه متادیا باز تبدیل شده اند و درون لایه هایی از تالک شیست، ماسه سنگ و کوارتزیت در بخش زیرین آن یافت می شود. یال جنوبی این شیستها مشرف به دره رود نکا بوده و در اثر نیمه عریان بودن در معرض فرسایش شدید قرار گرفته و تشکیل قشر ضخیمی از خاکهای نرم سبز رنگ را داده که دارای چسبندگی قابل ملاحظه ای نیز می باشند. این خاکها احتمالا می توانند به علت گسترش نسبتا زیاد دوران مزوزوئیک باشند. علت دگرشیبی های مذکور را بالا آمدگیهای (Uplifts) شمال البرز می دانند.

طبق مطالعات هوبر، قدیمی ترین رسوباتی که شیستهای دگرگونی را می پوشانند، کوارتزیت های حاوی فسیل تتاکولیتس (Tentaculites) است که معمولا در دونین ایران وجود دارد. در نواحی جنوبی تر سرریهای غیر دگرگونی از اینفراکامبرین به بعد وجود داشته و به نظر می رسد که از نظر چینه شناسی قطعا شیستهای دگرگونی گرگان در زیر اینفراکامبرین واقع است.

تیتز (۱۸۷۷)، اشتال (۱۹۱۱)، تامپسون، هولیکس (۱۹۳۷ و ۱۹۳۸) برای اولین بار به وجود سنگهای دگرگونی در جنوب گرگان اشاره می کنند. تامپسون و هولیکس (۱۹۳۸) اولین نقشه های زمین شناسی گرگان و گنبد قابوس را به طور شماتیک و بسیار مقدماتی با مقیاس ۱:۱۲۵۰۰۰ ترسیم کرده اند.

گانسر زمین شناس سوئسی که دراستخدام شرکت نفت ایران بوده است، در سال ۱۹۵۱ شناسایی رخنمونهای اطراف دشت گرگان تا نصف النهار مراوه تپه را انجام داده و نقشه‌های زمین شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه نموده است.

این نقشه‌ها به علت نبودن عکسهای هوایی و نقشه‌های پایه مناسب، فاقد دقت کافی می‌باشند. اطلاعات زمین شناسی این نقشه‌ها محدود به اطراف راه‌ها بوده و در بخشهای بزرگی از نقشه‌ها، برداشت صحرایی زمین شناسی انجام نشده است. نتایج این برداشتها در گزارش زمین شناسی شماره ۱۰ تحت عنوان زمین شناسی در گرگان و نواحی اطراف آن در آرشیو شرکت ملی نفت ایران موجود است. گانسر برای اولین بار شیستهای گرگان را به سنگهای دگرگونی موجود در قاعده سنگهای غیردگرگونی پالئوزوئیک بالایی و ژوراسیک زیرین جنوب گرگان اطلاق کرده است. بنابر نظر گانسر (۱۹۵۱)، شیستهای گرگان شامل آمفیبولیت، گنیسهای هورنبلند دار، کلریت شیست، متادیاباز و رگه های کوارتز می باشد و با توجه به اینکه شهر گرگان در بخش مرکزی آنها قرار گرفته، نام شیستهای گرگان را به آنها اطلاق نموده است. بنابر نظر ایشان هیچگونه راندگی به سمت شمال در کوهپایه های گرگان وجود نداشته و برخلاف نظر عموم، رشته کوههای البرز همانند یک گوه یا بادبزن (Fan) در شمال و جنوب توسط راندگیها محصور نشده‌اند.

گانسر (۱۹۵۱) در گزارش بعدی خود، شیستهای گرگان را به صورت شیستهای سبز افیولیتی شدیداً دگرگون شده با تداخلهایی (Intercalation) از فیلیت و شیل‌های ضخیم گابرویی به سن قبل از دونین مطرح می‌نماید. این شیستها در زیر ماسه سنگهای نوع قرمز قدیمی قرار گرفته‌اند (دره فاضل آباد). سنگهای دگرگونی مذکور در دره زیارت

با یک ناپیوستگی توسط سنگهای ژوراسیک زیرین پوشیده شده‌اند. مطالعات ژئوفیزیکی (روش ثقل سنجی) ، شیستهای گرگان را به صورت یک پی سنگ (Basement) کم عمق نشان می دهد.

اشتوکلین (Stocklin) (۱۹۵۵) توالی سنگهای ضخیمی از شیستهای سبز و آبی رنگ ، فیلیت و کلریت شیستهای شدیداً کربناته را در نزدیکی دهکده رمدان گزارش می نماید. این سنگها بدون یک ناپیوستگی مستقیماً در زیر سنگ آهکهای مزوزوئیک قرار گرفته‌اند. اگر چه گانسر (۱۹۵۱) سن شیستهای گرگان را قبل از دونین معرفی کرده است ، ولی اشتوکلین (۱۹۵۵) به سن قبل از ژوراسیک زیرین اشاره کرده است.

هوبر (۱۹۵۷) به کوارتزیت‌های تتاکولیتس دار (Tentaculites SP (سیلورین - دونین) بخش بالایی شیستهای گرگان و سنگهای آتشفشانی فوقانی (دونین میانی - بالایی) اشاره کرده است (دره جعفرآباد). قله‌های حاصل از فرسایش گدازه‌های بازی مذکور و شیستهای گرگان در کنگلومرا و ماسه‌سنگهای نوع قرمز قدیمی بالایی (دونین - کربونیفر) دیده می شوند (دره‌های جعفرآباد و فاضل آباد). بنابر نظر ایشان شیستهای گرگان در بخشهای بالایی از اسلیت‌های خاکستری با کانیهای پیریت و فنوبلاستهای کلریت با منشأ رسوبی تشکیل شده‌اند. اسلیت‌های مذکور در جنوب شرق گرگان به وسیله سربیسیت - کوارتزیت‌های سفیدرنگی پوشیده می شوند. به طور کلی شیستهای گرگان و آمفیبولیت‌های بخش زیرین آنها از دگرگونی سنگهای آذرین بازی و توفی حاصل شده‌اند.

- براساس مطالعات گانسر (۱۹۵۱) و هوبر (۱۹۵۷)، توده‌های گابرویی جنوب گرگان (در ناهارخوران) به مجموعه‌های افیولیتی تعلق دارند. ضمناً در شش کیلومتری جنوب شرق گلوگاه، شیستهای گرگان با یک ناپیوستگی زاویه دار توسط ماسه سنگهای

ژوراسیک زیرین پوشیده شده‌اند. قطعات حاصل از فرسایش شیستهای گرگان در کنگلومرای قاعده توالی ژوراسیک زیرین مشاهده می‌شود.

بربریان و همکاران (۱۹۷۳) معتقدند که شیستهای گرگان عمدتاً شامل فیلیت، شیست و همراه و یا بدون مقادیر جزئی مرمر هستند. این سنگهای دگرگونی درجه پایین از سریسیت-کلریت شیستهای نشأت گرفته از دیابازها، گدازه‌های آندزیتی پرفیری (دره توسکستان) در بخشهای قاعده‌ای می‌باشند. اسلیت‌های خاکستری رنگ پیریت دار (دره گلوگاه) به همراه کوارتزیت و سریسیت-کوارتزیت‌های تتاکولیتس دار (دره‌های جعفرآباد، گلوگاه و توسکستان) در بخشهای فوقانی تشکیل شده‌اند. سنگهای مذکور از دگرگونی سنگهای رسوبی شیل، سیلتستون، ماسه‌سنگهای کوارتز آرنیتی، سنگ آهک و سنگ آهکهای دولومیتی، توفهای بازی و سنگهای آذرین درونی حدواسط حاصل شده‌اند. به طور کلی طبق نظر بربریان، پارائنز کانی شناسی سنگهای دگرگونی گرگان بیانگر دگرگونی نوع بارووین (Barrovian) در رخساره شیست سبز است. سنگهایی که توسط محققین قبلی، افیولیت عنوان شده‌اند، درحقیقت توده‌های آذرین حدواسط بازی (دیاباز، گابرویدیوریت) بوده که قبل از دگرگونی شیستهای گرگان به داخل آنها نفوذ کرده و به همراه آنها تحت تأثیر دگرگونی قرار گرفته‌اند.

براساس مطالعات بربریان و همکاران (۱۹۷۳)، مرز بین تشکیلات رسوبی چین خورده و پالنوزونیک میانی-بالایی و شیستهای گرگان، گسلی نبوده و عادی به نظر می‌رسد. ایشان به وجود قطعات تخریبی شیستهای گرگان و سنگهای رسوبی پالنوزونیک میانی-فوقانی در کنگلومرای قاعده سازند شمشک اشاره نموده و سن شیستهای گرگان را قبل از رتین-لیاس می‌دانند (دره‌های ناهارخوران، تیرتاش و

گلوگاه). ضمناً سنگهای آتشفشانی بازی (اسپیلیت‌ها Spilites) و برشهای توفی وابسته به آنها بر روی کوارتزیت‌های بخش فوقانی شیستهای گرگان گزارش شده‌اند. بنا بر مطالعات سنگ شناسی، بازالت‌های اسپیلیتی اولیوین دار اولیه به آندزیت‌ها و تراکی آندزیت‌های اسپیلیتی تفریق حاصل کرده‌اند (بربریان و همکاران).

طبق مطالعات ژنی، شیستهای گرگان در رخساره شیست سبز و زیر رخساره کوارتز-آلبیت-مسکویت-کلریت در درجه حرارتی حدود ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل گردیده است. سنگهای دگرگونی فشار بالا و درجه حرارت پایین (رخساره پرهینت-پومپلی ایت) در سازندهای لالون، شیرگشت و سلطان میدان دیده می‌شوند.

ژنی یک مقطع چینه نگاری را در جنوب روستای محمدآباد (۳۰ کیلومتری شرق گرگان) تحت عنوان سری محمدآباد مورد مطالعه و بررسی قرار داده است. ایشان ردیفی از سنگهای ایگنمبریتی (Ingemberite) (ضخامت تقریبی ۴۰۰ متر) را گزارش نموده که با چند متر کوارتزیت و شیست بر روی سنگهای دگرگونی گرگان قرار گرفته‌اند. ژنی تشکیل این سنگهای آتشفشانی را با بروز فعالیت‌های ماگماتیسم اسیدی اواخر پرکامبرین نظیر گرانیت دوران، موته و برنورد و سنگهای آتشفشانی قره داش آذربایجان همزمان دانسته و به اینفراکامبرین نسبت می‌دهد. تعیین سن سه نمونه از متادیا بازهای داخل شیستهای گرگان به روش پتاسیم-آرگن، حدود ۲۳۲، ۲۱۴ ± ۳۹۸ و ۱۷۵ میلیون سال پیش را نشان داده که ژنی (۱۹۷۷) علت کم بودن سنین مذکور را متاثر از جوان شدگی آنها در اثر دگرگونی دیناموترمال فانروزوئیک می‌داند.

تعیین سن سنگهای دگرگونی گرگان در دره توسکستان (سریسیت-کلریت شیست‌ها) سنین ۳۰۰ - ۱۲۷۸ و ۱۰۰ ± ۹۸۵ میلیون سال پیش را نشان می‌دهد. ضمناً

تجزیه شیمیایی سه نمونه از متادیا بازهای داخل شیستهای گرگان نشانگر سنگهای
الکالن تولیتی است.

ژنی (۱۹۷۷) با تأکید بر مطالب قبلی خود، سن شیستهای گرگان را پرکامبرین در
نظر گرفته است. بنابر مطالعات ژئوشیمیایی، بازالت‌های سلطان میدان (سیلورین) از
شکافهای داخل قاره‌ای در مجاورت محیط دریایی کم عمقی خارج شده‌اند.

صالحی‌راد (۱۹۷۹)، بر اساس خصوصیات چینه‌نگاری و ساختمانی، منطقه گرگان
را به چهار زون با مرزهای گسلی تقسیم کرده است. این زونها به ترتیب از جنوب
به شمال شامل زونهای شاهکوه، چمن ساور، شیستهای گرگان و فرونشست خزر
(Caspian Depression) هستند. ایشان شیستهای گرگان را در دو منطقه (مقاطع
چینه نگاری توسکستان و درازنو) مورد بررسی قرار داده‌اند. وی توده‌های گابرو دیوریتی
(۸۰۰ متری جنوب دره ناهارخوران) موازی با سطوح شیستوزیته سنگهای دگرگونی
گرگان و توده‌های گابرو میکروسینیتی ناشی از تفریق آنها را در ۲ و ۵ کیلومتری دهکده
توسکستان گزارش می‌نماید. ایشان توده‌های نفوذی گابرو دیوریتی مذکور را معادل
گرانیت دوران در ناحیه زنجان دانسته که به داخل سازند کهر تزریق شده و با یک
ناپیوستگی فرسایشی (Disconformity) توسط سازند باروت پوشیده شده‌اند. بنابر نظر
ایشان، شیستهای گرگان یک مرحله دگرگونی در حد رخساره شیست سبز را تحمل
کرده‌اند.

بنابر نظر دللوی و همکاران (Delaloye et al, ۱۹۸۱)، شیستهای گرگان از کلریت-
سریسیت شیست، متادیا بازهای کلریتی شده، گدازه‌ها و دایکهای بازی دگرگون شده به
همراه کوارتزیت، مرم‌های دولومیتی شده و فیلیت تشکیل شده‌اند. ایشان به دلیل وجود

سنگهای کربناته دگرگون شده، سن شیستهای گرگان را بعد از آرگن دانسته‌اند. شیستهای گرگان توسط شیل‌های فسیل دار کامبرین به طور همشیب با سازند لالون در نزدیکی شاهرود پوشیده می‌شوند.

سنهای رادیومتری که به روش پتاسیم- آرگن بر روی کل نمونه های شیستهای گرگان به دست آمده، به جز سه نمونه که دارای خطای زیاد به دلیل تراکم پتاسیم می باشند، بقیه سنین نزدیک به ۲۰۰ میلیون سال پیش را نشان می‌دهند. دلالوی و همکاران (۱۹۸۱) سن سنگهای مذکور را نشانگر جوان شدگی (Rejuvenation) آنها ضمن یک حادثه دگرگونی مهم با آزاد شدن آرگن محبوس در فانروزوئیک می‌دانند. اگر چه ایگنمبریت‌های محمدآباد قبلا توسط گانسر (۱۹۵۱) و هوپر (۱۹۵۷) به عنوان ماسه سنگهای گرايواکی شناسایی شده‌اند ولی طبق نظر ایشان ایگنمبریت‌های دویتریفیتی (Ignemberite De) شده‌ای بوده که مشابه سایر فعالیت‌های آتشفشانی اواخر پرکامبرین تشکیل شده‌اند. سن ایگنمبریت‌های محمدآباد نزدیک به ۲۰۰ میلیون سال پیش بوده که جوان شدگی مذکور حاصل پدیده دویتریفیکاسیون است. ضمنا سن بازالت‌های سلطان میدان (سیلورین) به روش پتاسیم- آرگن، سنین متنوعی بین ۱۸۱ تا ۶۳۳ میلیون سال پیش را نشان داده ولی ۷ نمونه حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش است (دلالوی و همکاران، ۱۹۸۱). ایشان جوان شدگی سنین به دست آمده به روش پتاسیم آرگن را ناشی از دگرگونی تدفینی (Burial Metamorphism) همراه با افزایش گرادیان حرارتی زمین، ضمن تصادم حاشیه غیرفعال تنسی (البرز) با حاشیه قاره‌ای اورازیا در تریاس فوقانی دانسته‌اند.

هوشمند زاده (۱۳۶۷) با مطالعه لیتولوژی شیستهای گرگان و بررسی درجه دگرگونی آنها (پاراژنز کانی شناسی دگرگونی) و مطالعه سازندهای محمدآباد، لالون، شیرگشت و بازالت‌های سیلورین زیرین (سازند سلطان میدان)، نتیجه گرفته‌است که این واحدهای سنگی با ضخامتی بیش از ۲۰۰۰ متر احتمالاً در یک حوضه رسوبی در حال فرونشست تحت رژیم آواری-آتشفشانی شکل گرفته‌اند. ضمناً ایشان با توجه به پراکندگی و مغایرت سنین به دست آمده به روش پتاسیم-آرگن برای شیستهای گرگان و بازالت‌های سیلورین آغازی (ژنی ۱۹۷۷) نتیجه‌گیری نموده‌اند که بهره‌گیری از سنین پرتوسنجی جهت پذیرفتن سن پرکامبرین برای شیستهای گرگان مناسب نمی‌باشد.

قاسمی (۱۳۶۹) با مطالعه بخشی از سنگهای دگرگونی گرگان در منطقه چهارده، این سنگها را به صورت مجموعه‌ای متشکل از فیلیت، سریسیت، کلریت شیست، متاولکانیک، کوارتزیت و مرمر معرفی می‌نماید. متاولکانیکها شامل انواع سنگهای آتشفشانی بازی و نیمه بازی (آندزیت-بازالت) دگرگون شده‌ای بوده که به صورت لایه‌ها و یا قطعاتی غریبه به موازات فولیاسیون فیلیت‌ها قرار گرفته‌اند. در برخی نقاط نظیر جنوب روستای کنداب، توده‌های گابرو دیوریتی به صورت لایه‌هایی در داخل شیست‌ها دیده می‌شوند. سنگهای دگرگونی مذکور توسط گسل رادکان بر روی طبقات متناوب کربناته و شیلی کربونیفر از شمال به سمت جنوب رانده شده‌اند.

سنگهای دگرگونی گرگان در شرق و غرب ناحیه چهارده با یک ناپیوستگی به وسیله سنگهای آواری سازند شمشک پوشیده شده‌اند (قاسمی ۱۳۶۹). ایشان سن سنگهای دگرگونی گرگان را قبل از رتین-لیاس در نظر گرفته‌اند.

کنگی (۱۳۷۱) بخشی از سنگهای دگرگونی گرگان را در حاشیه رودخانه نکا مورد بررسی قرار داده است. ایشان، جهت راندگی واحدهای کرتاسه فوقانی و سازند لار بر روی سنگهای دگرگونی گرگان را از جنوب به سمت شمال در نظر گرفته‌اند. نامبرده بر اساس چینها و گسلهای رانده‌ای که در جبهه ورقه‌های ساختاری آهکهای مارنی و مارنهای کرتاسه فوقانی دیده می‌شوند (به دلیل شکن پذیری و عدم مقاومت واحدهای سنگی کرتاسه فوقانی، ناپایداری سنگهای فوق در اثر فرسایش ناشی از رودخانه نکا و آب و هوای مرطوب منطقه)، جهت حرکت آنها را از شمال به سمت جنوب و تحت تأثیر نیروی ثقل (پدیده زمین لغزش) تصور کرده‌اند.

شاه پسندزاده (۱۳۷۱) بر اساس خصوصیات سنگ شناسی، محیط رسوبی و موقعیت چینه‌نگاری مجموعه سنگهای دگرگونی گرگان، آنها را به دو بخش متاولکانیکهای محمدآباد و سنگهای دگرگونی گرگان تفکیک نموده است. متاولکانیکهای محمدآباد از نظر خصوصیات سنگ شناسی و موقعیت چینه‌نگاری معادل سازند سلطان میدان بوده که با یک ناپوستگی فرسایشی به وسیله سازند پادها پوشیده می‌شوند. این متاولکانیکها عمدتاً از متابازالت، متاندزیتیک، بازالت و فیلیتها یا اسلیت‌های توفی تشکیل گردیده‌اند.

بخش اعظم سنگهای دگرگونی گرگان را گدازه‌های بالشی متابازالتی، متابازالت، متاندزیت، متاگابرو، برش متاولکانیتی، ماسه سنگهای دگرگون شده، متاپسی کلاستیک کنگلومرا و فیلیت‌های سیاه‌رنگی تشکیل داده که با یک ناپوستگی توسط نوالی سنگی معادل سازند شمشک پوشیده می‌شوند.

به نظر شاه پسندزاده بنا بر مطالعات دیرینه شناسی انجام شده، سن سنگهای دگرگونی گرگان، پالئوزوئیک فوقانی (دونین فوقانی - کربونیفر زیرین) است. مطالعات فوق تقریباً همگی جنبه عمومی و منطقه‌ای داشته‌اند ولی در رابطه با بررسی‌های پتانسیل یابی معدنی، در بخش زمین شناسی اقتصادی، مطالعات قبلی دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۲-۳-۲- سازند لالون (Lalun Formation)

در ایران کامبرین زیرین با سازند لالون شروع می‌شود. مقطع اصلی این تشکیلات را آسرتو در البرز مرکزی بین زاگون و لالون در بالای دره جاجرود انتخاب و مطالعه نموده است. ضخامت آن ۵۸۲ متر می‌باشد و اساساً از سه قسمت تشکیل شده است.

۱- ماسه سنگ آرکوزی قرمز تا گلی رنگ به ضخامت ۴۹۷ متر، دانه متوسط با لایه‌بندی منظم متوسط تا ضخیم لایه با سیمان سیلیسی که با ساختارهای رسوبی چون چینه‌بندی متقاطع (Cross bedding) و موج نماها (Ripple Marks) مشخص می‌باشد.

۲- شیلها و ماسه سنگهای قرمز بین لایه‌ای به ضخامت ۳۵ متر

۳- بخش فوقانی کوارتزیت سفید به ضخامت ۵۰ متر که به آن تاپ کوارتزیت می‌گویند که به عنوان یک لایه کلیدی (Key bed) در چینه شناسی پالئوزوئیک زیرین ایران راهنمای خوبی برای زمین شناسان است.

این تشکیلات سابقاً با ماسه سنگهای سرخ قدیمی اشتباه شده بود و به این جهت آنرا متعلق به دونین می‌دانستند. بعداً با کشف تریلوئیت‌های کامبرین میانی و بالائی در طبقات واقع در روی این تشکیلات آنها را به کامبرین زیرین نسبت داده‌اند.

۲-۳-۳- تشکیلات میلا (سازند ابرسج) (O^{ab})

نام آن از میلاکوه واقع در غرب دامغان (شرق البرز مرکزی) گرفته شده است.

مقطع اصلی آن که در دامنه جنوبی کوه میلا قرار دارد، در سال ۱۹۶۴ توسط اشتوکلین و

دیگران مورد مطالعه قرار گرفت. این تشکیلات که ضخامتش در مقطع اصلی ۵۸۵ متر

است، شامل ۵ بخش می‌باشد که از بالا به پائین عبارتند از:

بخش پنجم: شامل ۱۲۹ متر شیل‌های بدون فسیل، ماسه سنگها، آهک‌های نازک لایه و

کوارتزیت قاعده‌ای

بخش چهارم: شامل ۹۶ متر سیلتستون، ماسه سنگ، آهک گلوکنی دار دانه درشت و

مارن با فسیلهای تریلوبیت و هیولیتید

بخش سوم: شامل ۸۲ متر آهک دانه درشت، مارن و سیلتستون با فسیل تریلوبیت و

براکیوپودا

بخش دوم: شامل ۸۹ متر آهک کریستالین (دانه درشت) گلوکنی دار با فسیل تریلوبیت

براکیوپودا و هیولیتید

بخش اول: شامل ۱۸۹ متر دولومیت بدون فسیل همراه با مارن و شیل

مارنهای زردرنگ بخش یک تشکیلات میلا به طور هم شیب ولسی با گسستگی

لیتولوژی روی تاپ کوارتزیت تشکیلات لالون قرار دارد. در مقطع تیپ تشکیلات میلا را

لایه‌های حاوی فسیلهای دونین انتهائی (مربوط به تشکیلات جیروود) به صورت

کنگلومرای قاعده‌ای با دگرشیبی فرسایشی بدون زاویه (Disconformity) می‌پوشاند.

سن تشکیلات میلا را با توجه به فسیلهای که در آن پیدا شده، کامبرین میانی تا

اردوئین زیرین تعیین کرده‌اند.

در استان گلستان در نواحی اطراف گرگان ، سازند میلا لیتولوژی ندارد ، بلکه در این نواحی از جمله در دره استان در جنوب روستاهای ماهیان و نرسو رخنمون‌هایی دیده می‌شوند که از نظر لیتولوژی از آهک‌های مارنی، آهک‌های دولومیتی و مارن (به صورت میان لایه) تشکیل شده که دانه درشت می‌باشند.

با پیدایش فسیلهای تریلوبیت و بازوپائیان زمان کامبرین - اردوئیسین در این لایه‌ها و لایه‌های مشابه در نقاط دیگر چهارگوش گرگان و با توجه به موقعیت چینه شناسی آن یعنی قرارگیری روی کوارتزیت بالایی می‌توان آنرا معادل سازند میلا و لشکرک در کوه‌های البرز دانست.

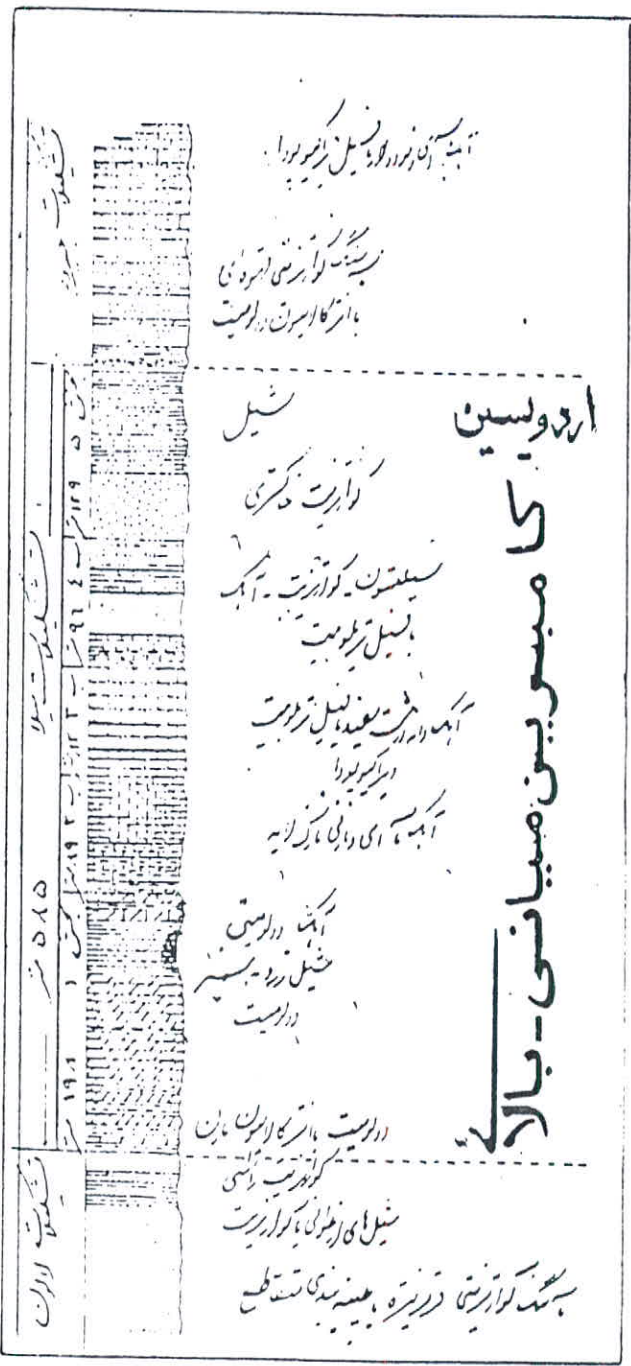
در استان گلستان در نواحی اطراف گرگان از سازند میلا فقط واحد پنجم آن وجود دارد. لیتولوژی واحد پنج میلا شامل شیلهای میکاسه سبز رنگ و ماسه سنگ می‌باشد. به عقیده صالحی راد در کوه چلچلی حدود ۳۰ متر شیل میکادار به رنگ سبز زیتونی با اثر کرم بین دو گسل قرار گرفته که آن را ماسه سنگ‌های لالون در یک سو و آهک‌های پرمین از سوی دیگر جدا می‌نماید. در داخل شیل مزبور لایه‌های ماسه سنگ میکادار، دیاباز و همچنین کنگلومرای ریزدانه دیده می‌شود که در مجموع از نظر لیتولوژیکی، مشابه واحد پنج سازند میلا می‌باشد. علاوه بر واحد پنج سازند میلا را از نظر سن به کامبرین میانی - اردوئیسین نسبت می‌دهند.

در کوه‌های جنوب شرق گرگان نیز استامپفلی ، بین روستاهای خوش ییلاق و تیل‌آباد رخساره‌ای را معرفی کرده است که مشابه سازند کلی در جنوب غرب بجنورد می‌باشد. لیتولوژی این واحد شامل شیل و ماسه سنگ‌های میکادار، سنگ‌های آذرین و لایه‌های جزئی سنگ‌های آهکی می‌باشد.

ژنی (J. G. Jenny) دو مقطع دیگر از این سازند را در ناحیه جنوب شرق گرگان، از خلینדרه و جنوب شرق دشت کوچک سلطان میدان گزارش کرده است.

۲-۳-۴- ولکانیکهای نکارمن (S^N) (بازالت سلطان میدان)

به طور کلی رسوبات سیستم سیلورین در ایران گسترش کمتری داشته و اغلب نواحی ایران در این دوره از آب خارج بوده است. به عبارت دیگر دوره سیلورین، در اغلب نواحی ایران با یک دوره خشکی زایی و نبود رسوبگذاری مشخص است. در چهارگوش گرگان در نواحی جنوب فاضل آباد در روستای محمدآباد، کوه کلب درویش و همچنین در جاده آزاد شهر- شاهرود در مسیر تیل آباد به خوش ییلاق در محور تاکدیس خوش ییلاق به طور گسترده می توانیم بیرون زدگیهایی از سنگهایی که از جنس اسپیلیت (Spilite)، بازالت پرفیری و آندزیت بازالت تشکیل شده اند، را ببینیم. نام این تشکیلات را ولکانیکهای نکارمن نهادند که لیتولوژی این سازند اسپیلیت، بازالت و آندزیت پرفیریک می باشد. ضخامت آن در مقطع نمونه آن در نزدیکی روستای نکارمن در شمال غربی شاهرود حدود ۸۰۰ متر می باشد. گسترش آن در کوه شاور به سوی خوش ییلاق، کوه کور خود و رباط قره بیل بیشتر از سایر نقاط است. این ولکانیکها با سازند ابرسج (شیل میکاسه و ماسه سنگ کوارتزیتی) همراه بوده و بر روی این تشکیلات، سازند خوش ییلاق به صورت دگرشیب و در بعضی نقاط به صورت زاویه دار قرار گرفته است، به دلیل قرارگیری این ولکانیکها در ستون چینه شناسی و موقعیت ذکر شده، سن سیلورین را به آن نسبت داده اند. در این ولکانیکها گاهی لایه های توفی و روانه های بالشی (Pillow Lava) نیز دیده می شوند.



شکل شماره (۲-۳) - مقطع تیپ تشکیلات میلا



۲-۳-۵- پادها (دونین زیرین)

بنا به گزارش استامپفلی (Stampfli)، از دره رامیان لایه‌های سنگ گچی به ضخامت ۳۷ متر گزارش شده است که با توجه به موقعیت چینه شناسی قرارگیری بر روی بازالت سلطان میدان، سن آنرا به دونین زیرین و مربوط به سازند پادها می‌دانند.

۲-۳-۶- سازند خوش ییلاق (دونین میانی)

در سال ۱۹۷۰ ح. بزرگ نیا در گردنه خوش ییلاق در راه شاهرود به گنبدکاووس مقطعی از سنگهای دوران اول را گزارش نمود که دارای سنگهای رسوبی ضخیمی به سن دونین است. وی این واحد سنگی را به نام خوش ییلاق معرفی نمود.

لیتولوژی این سازند از ۱۳۵۴ متر سنگ آهکهای زیست آواری، شیل، ماسه سنگ کوارتزیتی - دولومیتی، کنگلومرا و دیاباز تشکیل شده و دارای سنگواره بازوپایان، مرجانه‌ها، تتناکولیتسهای فراوان و تریلوبیت است. این سازند بیشترین گسترش را در دره توسکستان، دره محمد آباد و دره زرین گل دارد و به طور کلی گسترش وسیعی داشته و کوههای بخش جنوب شرقی ناحیه را تشکیل می‌دهد. در جنوب زیارت (بال شمالی کوه تل انبار)، همچنین در دره توسکستان و دره زرین گل، عدسیه‌های گچی در این سازند دیده می‌شود. سنگهای تشکیل شده در این دوره مبین یک رژیم کربناته کرانه ای بود که به تدریج عمق آب افزایش پیدا کرده است. بخشی از این تشکیلات معادل تشکیلات جبرود در نقاط دیگر البرز است.

از نظر لیتولوژی، در یک مقطع عادی که برونزدهای سازند خوش ییلاق کامل

می باشد، واحدهای زیر در آن دیده می‌شوند:

۱- کوارتز سفید رنگ همراه با مارنهای قرمز رنگ و در بعضی نقاط کمی گچی

۲- کنگلومرای چندزادی (Polygenic)

۳- آهک، مارل، آهکهای دولومیتی فسیل دار

۴- ماسه سنگ و کنگلومرای قرمز رنگ

۵- آهک و آهکهای مارنی فسیل دار

در البرز مرکزی، دونین فوقانی با سازند جیروود معرفی شده که آن را معادل خوش بیلاق می دانند. سازند جیروود بر روی سازند میلا قرار می گیرد و خود به وسیله روانه های بازالتی پوشیده می شود.

۲-۳-۷- سازند مبارک (Mobarak Formation) C^m

سازند مبارک را آهک مبارک نیز می گویند. نام آن از دهکده مبارک آباد در سر راه تهران به ابعلی، در شرق تهران- البرز مرکزی توسط آسرتو در سال ۱۹۶۳ گرفته شده است. مقطع اصلی آن در شمال این دهکده قرار دارد. لیتولوژی آن شامل آهکهای سیاه پر از سنگواره همراه با انترکالسیونهای از مارنهای سیاه در قسمت زیرین مقطع است. ضخامت آهکهای مبارک در حدود ۴۵۰ متر بوده که با دگرشیبی فرسایشی روی بخش A از تشکیلات جیروود (دونین بالائی) قرار دارد و سازند آهک مارنی نسن پرمین هم با دگرشیبی زاویه دار آن را می پوشاند و در بعضی جاها آهکها یا دولومیت تریاس به طور دگرشیب آن را می پوشاند. در مقطع اصلی آهک مارنی عدسی شکل که حاوی فسیلهای پرمین پایانی (تشکیلات نسن) می باشد با دگرشیبی فرسایشی روی آهکهای مبارک را می پوشاند. سن آهک مبارک کربونیفر زیرین است.

در استان گلستان این سازند گسترش زیادی داشته و در امتداد رودخانه نکا در نزدیکی سه راهی چمن ساور، در محدوده دامنه پیرگرده کوه در انتهای رودخانه

باغشاه دره توسکستان، در دامنه شمالی تاقدیس خوش ییلاق در کنار راه شاهرود به گنبد کاووس، دره رامیان، دره فاضل آباد، دامنه کوه زر جو توسط ژنی (Jenny) گزارش شده است. سازند مبارک از سه بخش اصلی تشکیل شده است.

۱- تناوب شیل و مارن با میان لایه‌هایی از آهکهای مارنی که ستبرای نسبتا زیادی (بیش از ۲۰۰۰ متر) را تشکیل داده است. شیلها بیرنگ تا سیاه رنگ بوده و لایه‌بندی نازک تا متوسط دارند، ولی اکثرا به دلیل اثر تکتونیک شدید لایه‌بندیها نامنظم هستند. مارنها در این تناوب دارای رنگ خاکستری روشن، بدون لایه‌بندی مشخص می‌باشد.

آهکهای مارنی که به صورت میان لایه‌ای در تناوب شیل و مارن وجود دارند، به رنگ هوازده خاکستری-نخودی و رنگ اصلی خاکستری تیره می‌باشند و لایه‌بندی متوسط و منظمی دارند. این بخش از سازند مبارک در بخش جنوبی گسترش بیشتر دارند.

۲- بخش آهکی، این بخش از سازند مبارک به دلیل لیتولوژی حاکم بر آن چهره برجسته و مشخص ریختارهای منطقه است. آهکهای توده‌ای صخره ساز با پرتگاههای قائم و بامهای ناهموار و گاهی ستیغ مانند تشکیل دهنده برونزدهای این بخش از سازند مبارک هستند که بیشتر در بخش شمالی تا میانه گستره مورد مطالعه دیده می‌شود. این آهکها ریزدانه و به شدت متراکم بوده و تبلور دوباره یافته‌اند و به دلیل مقاوم بودن، ساختارهای فرعی متعددی را نیز تشکیل داده‌اند.

۳- بخش آهکی شیلی، این بخش در بعضی نقاط همراه رخنمونهای دو بخش دیگر سازند مبارک دیده می‌شود و اغلب به صورت نامتمد (عدسیهای نسبتا بزرگ) است. این بخش از آهک و شیلها با رنگ خاکستری تیره مشخص هستند که در آنها لایه‌بندیهای

نسبتاً منظم دیده می‌شود. همانگونه که اشاره شد این سازند بیشترین گسترش را در این منطقه دارد.

۲-۳-۸- سازند قزل قلعه

در سال ۱۳۵۶ ژنی (Jenny)، ۲۴۱ متر سنگ آهک زیست آواری ماسه دار، سنگ آهک میکربیتی، مارن و شیل را به سن کربونیفر میانی و فوقانی از کوههای جنوب شرق دشت گرگان در دره فاضل آباد گزارش نموده است. وی این سنگها را تحت عنوان سازند قزل قلعه معرفی نموده است، ولی تفاوت عمده‌ای از نظر جنس سنگ با سازند مبارک ندارند و تغییر قابل ملاحظه‌ای نیز در فصل مشترک سازند مبارک با این واحد سنگی دیده نمی‌شود. تنها در سازند قزل قلعه چند لایه ماسه سنگ دیده می‌شود.

در جنوب روستای نوده در راه آزادشهر به شاهرود و دره رامیان، استامپفلی J. M. Stampfli سنگهایی به سن کربونیفر میانی و فوقانی را گزارش کرده است. گسترش سنگهای کربونیفر میانی و فوقانی مختص به کوههای جنوب شرق دشت گرگان با البرز شرقی می‌باشد.

به نظر می‌رسد که سازند مبارک با توجه به رخساره ثابتی که در سرتاسر البرز دارد، با شرایط تقریباً یکنواختی طی کربونیفر زیرین ته نشین شده است. مطالعات رسوب شناسی حاکی از آن است که این سازند در محیط آب ساکن و فقیر از اکسیژن (شرایط احیا کننده) ته نشین شده و میزان گوگرد در حوضه رسوبی بیش از حد معمول بوده است. همچنین رسوبات تخریبی آن کم است، لذا در سرزمینهای دور از برجستگیهای قابل توجه ته نشین شده به علاوه آب دریا نسبتاً عمیق بوده و دو نوع رخساره متفاوت یکی میکربیتی و دیگری بیوکلاستی در آن رسوب کرده اند.

۲-۳-۹- پرمین زیرین - سازند دورود (Dorud Formation)

نام آن از دهکده دورود واقع در دره شمشک مشتق شده است. آستر تو برای اولین بار در سال ۱۹۶۴ مقطع اصلی این تشکیلات را در شمال دهکده دورود در محل مسیل دو سیلاب و در بالای تشکیلات جیروود انتخاب نموده است.

لیتولوژی بخش زیرین تشکیلات دورود مشابه بخش بالائی تشکیلات میلا و تشکیلات لالون بوده ولی بخش میانی آن آهکهای با لایه بندی ضخیم حاوی فسیل فوزولینید (Fusulinids) می باشد ، سن پرمین زیرین را به این تشکیلات نسبت می دهند. ضخامت کل این تشکیلات در حدود ۱۵۰ متر است.

بنابه گزارش ژنی (Jenny) در دره فاضل آباد، دره چهارباغ و جنوب علی آباد رسوبگذاری سازند دورود از محیطی ساحلی شروع و به مناطق عمیق تر ختم می گردد. وجود فسیلهای فوزولین مؤید یک محیط پارانرژی ساحلی و یا نزدیک به ساحل بوده است که سبب انتقال این دسته از جانوران به مناطق آرام تر دریا گردیده است.

در مناطق مورد بررسی استان گلستان ، سازندهای دورود و روته که در رشته کوههای البرز و حتی جنوب منطقه (کوههای شاور) سازندهای جداگانه ای هستند ، به دلیل کمی بسترهای سازند دورود که عامل اصلی آن تکتونیک می باشد، به صورت یک واحد سنگ چینه ای نشان داده شده است.

این سازند در حالت عادی در قسمت زیرین با واسطه دگرژیسی بدون زاویه (Disconformity) روی سازند مبارک و به طور هم شیب زیر سازند روته و نسن قرار می گیرد و سن آن به پرمین زیرین تا قسمت زیرین پرمین بالائی می رسد.

۲-۳-۱۰ - پرمین میانی - سازند روته (Ruteh Formation)

نام آن از دهکده روته واقع در بالای دره جاجرود گرفته شده است. این تشکیلات نیز توسط آسرتو در سال ۱۹۶۴ نامگذاری و محل مقطع آن قسمت جنوب کوه سربند در دره روته است.

لیتولوژی این تشکیلات آهکهای تیره خاکستری بیوژنیک با لایه بندی متوسط تا توده‌ای است که به طور هم شیب روی تشکیلات دورود فرار گرفته است و خود نیز با کتاکت دگرشیبی موازی زیرآهک الیتی و برشهای آهکی قرمز نازک لایه مربوط به قاعده تشکیلات الیکا تریاس زیرین و میانی قرار دارد.

آهکهای روته حاوی فسیلهای فراوان از بریوزوآ، مرجانها و بازوپایان می‌باشد. در بعضی از جاها در داخل لیتولوژی سازند روته دیاباز را می‌توان مشاهده کرد. در استان گلستان این سازند در کوههای جنوب شرق گرگان اغلب بین سازندهای دورود و الیکا دیده می‌شود.

در قسمتهای فوقانی این تشکیلات افقهای لاتریتی و آلومینیوم دار تشکیل شده‌اند. علت تشکیل این افقها احتمالا نبود چینه شناسی حد واسط پرمین - تریاس می‌باشد که سبب فرسایش و تجمع رسوبات برجای مانده گردیده است.

بزرگ نیا در سال ۱۹۷۳، این سازند را تجدیدنظر کرد و نشان داد که ۲۵ متر انتهایی این سازند که بین لایه لاتریتی و قاعده تریاس فرار دارد سن جلفین داشته و باید آن را معادل نسن دانست.

بین سازند روته و دورود یک واحد لاتریتی وجود دارد که استامپفلی در سال

۱۹۷۸ آن را به نبود آرتینکین مربوط می‌داند.

۲-۳-۱۱ - تشکیلات نسن (Nesen Formation)

نامش توسط گلاوس (Glaus) در سال ۱۹۶۴ از دهکده نسن واقع در البرز مرکزی در بالای دره نور گرفته شده است و مقطع اصلی آن در ده کیلومتری شمال غرب نسن (شمال تونل کندوان) قرار دارد. لیتولوژی آن شامل تناوبی از شیل‌های مارنی سیاه رنگ و آهک‌های نودولار تیره است. در دامنه جنوبی البرز هیچگونه آثاری از سازند نسن دیده نشده است، لذا باید تصور کرد که دامنه جنوبی در این زمان از آب خارج بوده است.

بخش بالایی تشکیلات نسن که بیشتر آهک‌های ضخیم لایه است، حاوی قله‌هایی از چرت می‌باشد. ضخامت این تشکیلات در مقطع اصلی ۱۴۴ متر است که به طور هم شیب روی تشکیلات روته قرار گرفته و خود نیز به وسیله تشکیلات الیکا پوشیده می‌شود.

از میکروفسیل‌های مشخص در تشکیلات نسن می‌توان فوزولینیدها را نام برد و از مهمترین ماکروفسیل‌ها در تشکیلات نسن می‌توان از بازوپایان و مرجانها نام برد.

گسترش سازند نسن در کوه‌های جنوب شرق گرگان در برخی نقاط بر روی سازند روته دیده می‌شود ولی در سایر نقاط فرسایش اواخر پرمین، اوایل تریاس سبب گردیده تا این سازند از بین برود.

این تشکیلات به رنگ زرد روشن تا گرم رنگ دیده می‌شوند که لایه‌های قرمز رنگ هوازده لاتریتها متناوبا" تا تشکیلات الیکا در داخل تشکیلات مذکور وجود دارند.

حد واسط پرمین - تریاس با یک لایه نسبتاً ضخیم آلومین دار (لاتریتی) به وضوح مشخص گردیده است که مقطع این افق در ناحیه تیل آباد - قزنوی به خوبی قابل

مطالعه و بررسی می‌باشد. در حال حاضر از این افق به عنوان ماده نسوز بهره‌برداری می‌گردد.

۲-۳-۱۲- تریاس (الیکا) (Elika Formation)

مقطع نمونه سازند الیکا، در دره چالوس در شرق دره البرز مرکزی، به وسیله گلوس (۱۹۶۴) توصیف شده و وجه تسمیه آن از روستایی به همین نام است که از آغاز گردنه کندوان به سمت شرق منشعب می‌شود (اشتوکلین ۱۹۷۲). ضخامت کلی آن ۲۹۵ متر و اساساً از دو بخش تشکیل شده است.

بخش زیرین (ممبر زیرین) را اصطلاحاً "آهک ورقه‌ای و یا آهک ورمیکوله (Vermiculate Limestone) هم می‌گویند (ربین ۱۹۳۵) که ضخامت آن ۹۵ متر و شامل آهکهای به شدت ورقه ورقه، زرد رنگ تا آهک شیلی و گاهی مارنی و دولومیتی است. رنگ آن ممکن است به طور محلی صورتی تا خاکستری، یا سبز خاکستری تغییر کند. در قاعده آن مقداری آهکهای الیتی تا آهکهای خالص ضخیم لایه به رنگ خاکستری دیده می‌شود. وجود کنگلومراهای بین لایه‌ای در برخی جاها را ممکن است به نبود ثبات حوضه مربوط دانست (شمیرانی ۱۳۶۵).

بخش بالایی (ممبر فوقانی)، شامل دولومیت ماسیو تا آهک دولومیتی زرد تا خاکستری به ضخامت ۲۰۰ متر است که لایه بندی در آن منظم بوده و به طور کلی ضخیم لایه است.

در زیر سازند الیکا، دز دامنه‌های شمالی البرز مرکزی، سازند نسن قرار می‌گیرد که بین آنها پیوستگی رسوبی کامل برقرار است، ولی در دامنه جنوبی، سازند الیکا بر روی سازند روته یا سازندهای قدیمتر قرار دارد که در این صورت معرف دگرشیبی یا

انفصال رسوبگذاری است. چنانکه در ناحیه قزنوی (استامپفلی، ۱۹۷۸) بین این دو مجموعه، افقی سیدرولیتی در همه جا قابل مشاهده است که نشانه فرسایش و خروج از آب می باشد.

دولومیت‌های فوقانی سازند الیکا در اغلب مناطق، به وسیله سازند شمشک به طور دگرشیب پوشیده می شود و در کنتاکت آنها لایه‌ای از اکسید آهن و منگنز قرمز رنگ وجود دارد (اشتوکلین ۱۹۷۲) که حد فوقانی سازند الیکا را مشخص می سازد.

فسیل‌های سازند الیکا بیشتر از نوع دوکفه‌ایهای کوچک از جنس کلاریا (Claria) است که در آن دوکفه‌ایهای دیگر نظیر پسودومونوتیس همومیا (Homomya) و آثار فراوان از کرمها و شکم‌پایان (Pseudomonoti) هم دیده می شود. این فسیلها فقط در بخش زیرین یافت شده است و بخش فوقانی فاقد فسیل است. سازند الیکا در البرز گسترش بسیار زیادی دارد و می توان آن را تا مناطق مختلف تعقیب کرد. در بخش فوقانی سازند الیکا، رخساره ژیبسی وجود دارد و این مسئله نشان می دهد که رخساره دولومیتی الیکا در برخی مناطق به تدریج از آب خارج شده و حالت ژیبسی به خود گرفته است.

باتوجه به فرسایش شدیدی که قبل از رسوب گذاری لیاس در آن انجام گرفته است، ضخامت این سازند در نقاط مختلف آن متفاوت است در دره هراز، ضخامت آن در حدود ۱۰۰۰ متر و در برخی مناطق ممکن است به دهها متر برسد، به نوشته اشتوکلین (۱۹۷۲)، بین بخش زیرین الیکا (آهک ورمیکوله) و سازند نسن (برمین) در البرز، نبود رسوبگذاری به حالت پیوسته نما (Paraconformable) وجود دارد و همانطوری که قبلا اشاره شد، این وضع در دامنه جنوبی البرز مشخص تر است. حد فوقانی سازند الیکا با دگرشیبی فرسایشی، به وسیله سازند شمشک پوشیده شده است و در کنتاکت بین آنها

لایه‌ای از اکسیدهای آهن و منگنز قرمز رنگ دیده می‌شود. درگنبد قابوس (ناحیه قزنوی)، حد بین سازند الیکا و شمشک از نوع دگرشیبی فرسایشی است.

چنانکه در قاعده شمشک، لایه قرمز رنگ فرسایشی دیده می‌شود که خود شامل چهار متر رسوبات کنگلومرای جورنشده با ابعاد مختلف و از جنس رسوبات تریاس است. پس از آن لایه‌ای لیمونیتی با نودولهای آهنی و دردنباله آن ماسه سنگهای آهن دار پوک را می‌توان مشاهده کرد که رسوبات زغالدار شمشک روی آن قرار می‌گیرد. این وضعیت کم و بیش در بسیاری از نقاط البرز قابل تعقیب است که خود معرف عملکرد فاز کوهزایی سیمرین پیشین در این بخش از کشور ما می‌باشد.

فسیل‌هایی که در قسمت زیرین تشکیلات الیکا یافت می‌شود از نوع گاستروپودهای کوچک که گاهی هماتیتیزه است و همچنین از نرم تنان گونه‌های زیر می‌باشد:

- Claraia Sp.
- Pseudo manatis Sp.
- Lingula Tenussima
- Pleuramaya Sp.

در نتیجه سن این تشکیلات تریاس زیرین تعیین می‌شود.

دولومیت و آهنکهای دولومیتی قسمت بالای مقطع الیکا فاقد فسیل بوده و از نظر سنی به تریاس میانی نسبت داده شده است.

در چهارگوش گرگان و در منطقه استان گلستان گسترش سازند الیکا در کوه یزدکی، دره شیرین آباد و دره قزنوی قرار دارد. این سنگها به طور هم شیب روی افق لاتریتی و همچنین به طور دگرشیب زیر تشکیلات شمشک واقع شده اند

(محمد شهریاری ۱۳۶۱). از دیگر مناطق دارای سازند الیکا در استان گلستان می توان

الیکای نرسو، الیکای کوه سیاه خانی و الیکای حاجی آباد رادکان را نام برد.

۲-۳-۱۳- سازند شمشک

ژوراسیک در البرز مرکزی و شرقی با سازند شمشک آغاز می گردد که بیشتر با آثار زغال سنگ همراه است. سازند شمشک یکی از گسترده ترین رسوباتی است که در ایران و در شمال راندگی زاگرس ته نشین شده و چون قسمت اعظم آن از رس- ماسه ای تشکیل یافته است، لذا برجستگیهای کم ارتفاعی به وجود می آورند که در روی زمین به آسانی قابل تشخیص است.

در سال ۱۹۶۶، آسرتو با ارائه یک برش الگو (Type Section) و بیان ویژگیهای بیشتر، این نهشتهها را به عنوان یک واحد سنگ چینه ای رسمی معرفی نموده برپایه پیشنهاد آسرتو (۱۹۶۸) استفاده از نام سازند (Formation) بر روی این واحد نارسا بوده و آنرا با گروه شمشک مشخص کرد. مقطع نمونه این سازند در شمال گردنه لاسم در دره علیای روته، بخش شرقی منطقه معدنی شمشک انتخاب شده است (آسرتو ۱۹۶۶، اشتوکلین ۱۹۷۲). دسترسی به محل برش الگو از طریق آبادی مولسون و با استفاده از راه اصلی معادن دره روته و یا از طریق شمشک امکان پذیر است.

سازند شمشک شامل مجموعه ای از ماسه سنگ، سیلتستون، شیل و رس سنگ است و می توان آن را با عنوان مولاس سلسله کوههای سیمیرین پیشین دانست که بین پلاتفرم توران و ایران- افغانستان به وجود آمده است. ضخامت کل این سازند ۱۰۲۷ متر و از نظر لیتولوژی شامل ۴ بخش زیر است :

۱- بخش ماسه سنگی تحتانی، ضخامت آن ۷۶ متر و شامل تناوبی از ماسه سنگهای دانه ریز تا دانه متوسط همراه با ساب گریواکها و لایه‌های نازک شیل و شیل زغالی است.

۲- سری زغالدار تحتانی، ضخامت آن ۳۳۳ متر و شامل رسوبات سیلتی-رسی است و دارای عدسیه‌ها و لایه‌های زغال سنگ بسیار همراه با بقایای گیاهی است.

۳- بخش ماسه سنگ فوقانی، به ضخامت ۵۳۱ متر و شامل ماسه سنگ دانه متوسط و ساب گریواکها، سیلتستونهای میکادار، شیل آمونیت دار همراه با فسیلهای دوکفه‌ای، مرجان، کرینونیید و آثار گیاهی است.

۴- سری زغالدار فوقانی به ضخامت ۸۷ متر و اساساً شامل شیل رسی که در بخش زیرین آن رگه‌های زغال سنگ قابل توجهی وجود دارد.

حد زیرین سازند شمشک در مقطع نمونه، بخش D سازند جیروود (کربونیفر) قرار گرفته است، ولی در سایر نواحی حد زیرین آن روی زمینهای متفاوت، از پرکامبرین تا سازند الیکا متغیر است و سطح تماس در همه جا از نوع دگرشیبی زاویه دار است. حد فوقانی سازند شمشک، بدون مرز واضحی به سازند دلیچای ختم می‌شود.

نواحی واقع در خاور گرگان به عبارتی از جنوب آزادشهر تا شمال شاهرود توسط استامپفلی (۱۹۷۸) مورد مطالعه قرار گرفته است. این مطالعات نشان داده است که در البرز شرقی، گروه شمشک شامل ردیف ستبری (۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر) از نهشته‌های آواری از نوع سیلتستون، سنگ ماسه و به ویژه کنگلومرا است که بر روی هم ۵ تا ۶ افق زغال سنگ اقتصادی قابل کار موجود است.

با توجه به تفاوت‌های سنگی موجود در البرز شرقی (نسبت به البرز مرکزی) استامپفلی (۱۹۷۸) ردیف‌های گروه شمشک البرز شرقی را به سه واحد سنگی جداگانه تقسیم کرده است:

۱- بخش پایینی: شامل حدود ۵۰۰ متر ماسه سنگ و سیلتستون تیره رنگ است که همراهانی از لایه‌های نازک زغال سنگ و کنکرسینونهای سیلیسی دارد. این بخش شبیه نخستین واحد سنگی البرز مرکزی (ماسه سنگ تحتانی) است.

در ناحیه قشلاق، بخش پایینی، لایه‌های زغال سنگ قابل کار ندارد و با ناهمسازی ضعیف در روی سنگ‌هایی جای دارد که سن آنها از تریاس میانی (سازند الیکا) تا پرمین زیرین (سازند دورود) متفاوت است. اما در ناحیه گرگان عضو پایینی گروه شمشک روی سنگ‌های پالئوزوئیک و یا پرکامبرین نشسته است.

۲- بخش میانی: حدود ۱۲۰۰ متر ماسه سنگ، سیلتستون، شیل سبز- خاکستری- سیاه‌رنگ است که با لایه‌ای از زغال سنگ قابل کار به بسترهای ۵/۰ تا ۲/۱ متر آغاز می‌شود. از ویژگی‌های بارز عضو میانی، داشتن کنکرسینونهای آهنی، سیلیسی و آهنی فراوان است.

۳- بخش بالایی: بخش سوم با ردیفی از کنگلومرا (۱۰۰ تا ۱۵۰ متر) به رنگ بسیار روشن آغاز می‌شود که تنها از قلوه‌های کوارتز خوب گرد شده ساخته شده که به طور محلی دارای آرژیل‌تیت‌های رنگارنگ و خاک‌های کهن است. قسمت باقیمانده عضو بالایی همانند دو عضو پایینی و میانی، حدود ۵۵۰ متر آرژیلیت، پلیت و ماسه سنگ است با این تفاوت که به طور عموم بخش بالایی، رنگ روشن تری دارد و بدون لایه‌های زغال سنگ با ارزش است.

در ناحیه قشلاق از بخش بالایی تنها واحد کنگلومرای پی پایه دیده می شود و رسوبهای بالاتر آن به صورت دشتهای پوشیده با ابرفت است.

به دلیل ناچیز بودن یافته ها، تغییرهای جانبی گروه شمشک در البرز خاوری به خوبی شناخته نشده است، با این وجود گفتنی است که به سمت جنوب شرقی، ضخامت گروه شمشک کاهش می یابد و به طرف شمال در جمهوری ترکمنستان نهشته های مشابهی وجود دارد که به رسوبهای دریایی به سن دوگر می رسند. این نهشته ها از نگاه رخساره سنگی ویژگیهای سنی به خوبی درخور قیاس با گروه شمشک در البرز شرقی هستند (استامپلی ۱۹۷۸).

۲-۴- فعالیتهای ماگمایی

۲-۴-۱- سنگهای آذرین بیرونی

۱- سنگهای بیرونی پالئوزوئیک

به جز بازالت های سیلورین (بازالت سلطان میدان) که در دره فاضل آباد، کوه کلب درویش و محور تاقدیس خوش بیلاق دیده می شوند، سنگهای آتشفشانی دوران اول منحصر به گدازه های بازیک به ضخامت چند متر بوده که به صورت لایه در سازند لالون دیده می شود. از دیگر فعالیتهای آتشفشانی قابل ذکر این دوران می توان از گدازه های بازیک در داخل شیلپهای اردویسین، سازند خوش بیلاق و قاعده سازند دورود نام برد، نمونه های مربوط به هریک از سازندهای فوق به قرار زیر است:

سازند لالون در کوه چل چلی: دیاباز با الیوین آتره شده با بافت اینترگرانولار

قاعده سازند دورود در گلوگاه: دیاباز با بافت افیتیک

۲- سنگهای بیرونی مزوزوئیک

در امتداد رودخانه چهارباغ، سنگهای بازیک در داخل سازند شمشک یافت می‌شود که جنس آنها لامپروفیر می‌باشد. سنگ آذرین دانه‌ریزی که در آن فنوکریستهای بیوتیت یا کانی آهن دار دیگری یافت می‌شود.

۲-۴-۲- سنگهای آذرین درونی

سنگهای آذرین درونی در داخل شیستهای گرگان وجود دارند. این سنگها به صورت توده‌های نفوذی کوچکی، کم و بیش موازی لایه‌های شیست جای گرفته‌اند. توده‌های مزبور در سه نقطه به قرار زیر یافت شده‌اند:

۱- دره زیارت

در ابتدای دره زیارت حدود ۸۰۰ متری بالا دست ناهارخوران، دو توده گابرو دیوریتی هر یک به ضخامت حدود ۱۱ متر، کم و بیش موازی لایه بندی قرار دارند. پوشش گیاهی مانعی برای شناسایی گسترش آن است ولی "چندان بزرگ به نظر نمی‌رسد. سنگ شناسی آنها گابرو دیوریت را نشان می‌دهد.

۲- دره توسکستان

۲/۵ کیلومتری جنوب توسکستان در محلی به نام سنگ ورزش (سنگ ریزش) که پوشیده شده از جنگل است، برآمدگی به ارتفاع ۶۰۰ متر از سطح دریا وجود دارد. برآمدگی مزبور ناشی از دو توده کوچک نفوذی بوده که تقریباً تماماً به وسیله خاکهای سطحی پوشیده شده است. جنس این توده‌ها سینیت است. به سوی غرب در امتداد آب جوز ظاهراً یک توده سینیتی در زیر جنگل مدفون بوده که از ابعاد آن اطلاعی در دست نیست، جنس آن سینیت می‌باشد.

۳- روستای کنداب

در منتهی الیه غربی گستره مورد بررسی، شمال رودخانه نکا، یک توده کوچک دیوریتی، برجستگی را در جنگل مجاور روستای کنداب سبب شده است. توده مزبور در طول ۲۰۰ متر قابل رویت بوده و مشابه دیگر توده‌ها در راستای لایه بندی جای دارد. جنس آن گابرو- دیوریت می‌باشد.

۲-۵- نتیجه گیری

توده‌های نفوذی در داخل شیستهای گرگان را می‌توان با نفوذ گرانیتی (گرانیت دوران) در سازند کهر در ناحیه زنجان مقایسه کرد.

در ناحیه علی آباد ایگنیمبریت‌هایی روی شیستهای گرگان قرار دارند که می‌توان آنها را هم ارز گرانیت دوران دانست (ژنی، ۱۹۷۷).

به احتمال زیاد، توده های نفوذی در داخل شیستهای گرگان به مراتب از آنچه دیده می‌شود گسترده‌تر می‌باشد. جستجو در سراسر پهنه شیستها از علی‌آباد در شرق تا بهشهر در غرب ضرورت داشته و با توجه به اینکه بخش اعظم آن پوشیده از جنگل است، این امر باید با تدابیر لازم صورت گیرد.

فصل سوم

مواد معدنی

۳-۱- طلا

۳-۱-۱- مقدمه

طلا از فلزات قیمتی بسیار مهم است که از گذشته تا حال پشتوانه اقتصادی کشورها و تمدن‌ها بوده است. طلا "Au" یا زر، از نام لاتین "Aurum" گرفته شده است که عنصری است متعلق به گروه مس با سیستم تبلور کوبیک با سختی ۳-۵/۲ در مقیاس موس، عدد اتمی ۷۹، جرم اتمی ۱۹۷، وزن مخصوص 19.3 g/cm^3 و نقطه ذوب ۱۰۶۴ درجه سانتیگراد. طلا دارای چهارده ایزوتوپ با اعداد جرمی ۱۹۲ تا ۲۰۶ می‌باشد که تنها ایزوتوپ پایدار آن که در طبیعت دیده می‌شود Au^{197} است. اکثر ایزوتوپ‌های طلا دارای نیمه عمری کوتاهتر از ۱ دقیقه می‌باشند و فقط ایزوتوپ Au^{195} دارای نیمه عمر ۱۸۳ روز می‌باشد. خاطر نشان می‌گردد ایزوتوپی از طلا ساخته شده است (Au^{198}) که منحصرًا در معالجات به وسیله اشعه ایکس و به عنوان رادیاب در مطالعات پزشکی کاربرد دارد. [۷]

طلا یکی از شکل پذیرترین و چکش خوارترین فلزات است به گونه‌ای که می‌توان ورقه‌ای از طلا به ضخامت 0.0001 mm و مفتول‌هایی به قطر 0.005 mm ساخت، از اینرو از یک اونس طلا می‌توان ورقی به مساحت 14 m^2 به دست آورد. [۱]

مهمترین کانی اقتصادی طلا، طلای طبیعی است. طلا حاوی مخلوطی از چهل عنصر به ویژه نقره، پلاتین، مس، آهن، سرب، بیسموت، آنتیموان و پالادیوم به صورت آلیاژ است. در جدول (۳-۱) کانیهای مهم طلا آورده شده‌اند. [۷]

واحد وزنی طلا در بازارهای بین‌المللی اونس "ounce" که با علامت oz نمایش داده می‌شود، بوده و هر اونس معادل ۲۸/۳۵۰ گرم می‌باشد، ولی واحد طلا در ایران متقال است که معادل ۴/۴ گرم می‌باشد.

جدول (۱-۳) - ترکیبات و خواص کانیهای طلا دار

سیستم تبلور	سختی		چگالی (g/cm ³)	درصد عناصر	ترکیب شیمیایی	کانی
	میکروسکوپی (Kgf/mm ²)	درمقیاس موهس				
Cubic	45-70	2.5-3	16.8-19.34	Au:65-99 Ag:1-35	Au, Ag	طلای طبیعی
Cubic	83-119	2.5-3	13.8-16.1	Au:35-65 Ag:35-65	Au _(1-x) Ag _x	الکتروم
Monoclinic	144-224	2.5-3	9.31	Au:34-44 Te:53-58	AuTe ₂	کالاوریت Calaverite
Monoclinic	120-148	1.5-2	8.11	Au:24-30 Ag:9-15 Te:60-64	(Au,Ag)Te ₄	سیلوانیت Sylvanite
Cubic	44-96	2.5-3	8.7	Au:35-44 Ag:23-28 Te:21-35	Ag ₃ AuTe ₂	پتزیت Petzite
Tetrahedral	68-130	1-1.5	7.55	Pb:51-57 Au:7.5-10 Sb:6-8	Pb ₅ (Te,Sb) ₄ S ₃₋₈	نازیازیت Nagyagite
Orthorhombic	182-217	اندازه گیری نشده است	8.62	Au:30-44 Ag:0.5-7.2 Te:56-62	(Au,Ag)Te ₂	کرنریت Kernnerite
Cubic	248-262	اندازه گیری نشده است	19-19.1	Au:41-46 Sb:54-59	AuSb ₂	آروستیبینیت Aurostibinite
Cubic	52	اندازه گیری نشده است	اندازه گیری نشده است	Ag:48-50 Au:27-28.5 Se:20-24	Ag ₃ AuSe ₂	فیشسریت Fischessrite
Cubic	260-370	اندازه گیری نشده است	19.6	Ag:66-67 Bi:33-34	Au ₂ Bi	مالدونیت Maldonite

فراوانی طلا در پوسته جامد زمین (کلارک) تقریباً ۴/۵ p.p.b (mg/Ton) می‌باشد

که ضریب پرعبارسازی آن بین ۲۰۰-۴۰۰۰ متغیر بوده و به طور متوسط ۲۰۰۰

گزارش شده است. حد آستانه اقتصادی طلا از حداقل ۱.p.p.m برحسب نوع سنگ و باطله، اقتصاد ناحیه، مدیریت معدنی و ... می باشد. [۸]

آلمن و کروکت (۱۹۷۸) و بویل (۱۹۷۹) مقدار طلا از سنگهای مختلف نقاط گوناگون را به صورت جدول (۲-۳) ارائه داده اند. در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر به منبع شماره (۷) مراجعه شود. در این جدول تعداد نمونه های سنگی مورد استفاده برای هر نوع سنگ نیز آورده شده است. به طوریکه مشاهده می شود تغییرات قابل توجهی در مقدار طلای بین گروهی و درون گروهی سنگها وجود دارد. باتوجه به این تغییرات می توان درباره رابطه فراوانی طلا با لیتولوژی سنگ درونگیر یک نتیجه کلی گرفت و آن این است که سنگهای اولترامافیک و مافیک نسبت به انواع متوسط (و اسیدی) غنی شدگی نشان می دهند، هر چند که استثناهایی نیز وجود دارد. توده های نفوذی مافیک تا حد واسط، طلای نسبتاً بیشتری از هم ارزهای خروجی خود دارا می باشند، زیرا طی تفریق ماگما در یک سیستم بسته، طلا از سیلیکاتهای سنگ ساز خارج شده و در سیالات باقیمانده به همراه مواد فرار متمرکز می شود. نهایتاً چنانچه مذاب کلا درون مخزن ماگمایی متبلور گردد، مواد باقیمانده فوق در سنگ به هم می پیوندند. بدین ترتیب اگر ماگما به سطح راه یابد، طلا، مواد فرار و دیگر عناصر ناسازگار تمرکز نخواهند یافت. این روند در سیستمهای اولترامافیک برعکس عمل می کند، در اینجا ممکن است طلا در کانیهای حرارت بالایی چون اسپینلها موجود باشد. [۸]

جدول (۲-۳) - مقدار طلا در سنگهای مختلف

تعداد نمونه	میانگین	دامنه	نوع سنگ
	طلا ppb		
۳۱۰	۱/۷	۰/۲-۰/۳	گرانیت
۳۸۰	۳	۱/۳-۴/۳	گرانودیوریت
-	۳/۲	۱/۴-۴/۴	دیوریت
۲۶۱	-	۰/۷۵-۰/۹	مونزونیت
-	۱/۸	۱/۴-۴/۴	سینیت
۵۸۰	۴/۸	۰/۵-۹/۹	گابرو
۱۴۹	۶/۶	۱/۴-۱۱	پریدوتیت، دونیت و غیره
۱۸۸	۱/۵	۰/۵-۳/۵	ریولیت
	۵/۲	۰/۶-۵/۴	آندزیت
۶۹۶	۳/۶	۰/۳-۹/۵	بازالت
-	-	۱۱-۱۰۰	کنگلوмера
	۳	۲/۱-۱۰۹	ماسه سنگ
۱۰۵	۲	۵/۹-۱۸	سیلت
۲۸	۲/۵	۲/۳-۵۷	شیل
۲۰	۲	۱/۱-۳۸	سنگ آهک
۱۳۵	۱	۰/۳-۱۰	اسلیت و آرژیلیت
۱۱۴	۲/۳	۱/۱-۱۳/۵	شیست
۳۷	۳/۹	۰/۶-۴/۳	گنیس
۲	۴/۹	۲/۴-۷/۳	کوارتزیت
-	-	۲/۷-۱۲	آمفیبول
۴۳		۶/۶-۲۲/۵	هورنفلس

اگرچه طلا در حاشیه توده‌های سنگهای خانو'ده گرانیت متمرکز می‌شود، ولی

اکثراً" به صورت هموزن در توده‌های گابرویی پراکنده است. در برخی موارد طلا به همراه

مس در سنگهای آتشفشانی غنی از پتاسیم نظیر ریولیت‌های دگرسان شده مشاهده

می‌گردد.

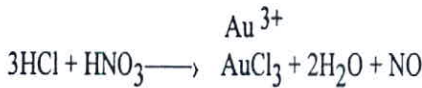
در مورد مقدار طلای انواع مختلف سنگهای دگرگونی و رسوبی در مقایسه با سنگهای آذرین اطلاعات کمتری موجود است. با افزایش درجه دگرگونی در نواحی کوارتز فلدسپاتیک، کاهش مقدار طلا نمایان می شود. این امر احتمالاً به دلیل جابجایی طلا در محلول جامد و در مرز بلورها، حین تبلور دوباره است. اگرچه عده‌ای نیز معتقدند مقدار طلای سنگهای دگرگونی به وسیله ترکیب اولیه سنگ و نه به وسیله متامورفیسم کنترل می گردد [۸]. در سنگهای رسوبی، طلا تمایل بیشتری جهت تمرکز در انواع تخریبی دانه درشت تا دانه متوسط نسبت به شیلها و سنگهای کربناته نشان می دهد.

طلا به دلیل دارا بودن خاصیت سیدروفیلی و کالکوفیلی، در سیالات ماگمایی باقیمانده یعنی در فازهای سولفیدی ناشی از تفریق ماگماها بیش از مایعات سیلیکاته تجمع می یابد. این عنصر در ذخایر ماگمایی، همراه با فلزات گروه پلاتین و در ذخایر رگه‌ای به همراه جیوه، بیسموت، آنتیموان، آرسنیک، سلنیوم، تلوریم، مس، نقره و تالیم مشاهده می شود. به علاوه طلا بیشتر اوقات جانشین عناصر دارای خواص شیمیایی مشابه در کانه‌هایی نظیر پیریت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت، استینیت و رآلگار می گردد.

کشور آفریقای جنوبی بزرگترین تولید کننده طلا در دنیاست و کشورهای روسیه، کانادا، آمریکا، استرالیا و چین به ترتیب در ردیفهای بعدی قرار دارند [۲].

عیار طلا نسبت به بالاترین درجه خلوص آن که ۱۰۰ است و اصطلاحاً "طلای ۲۴ نامیده می شود، سنجیده می گردد، کما اینکه طلای ۱۸ یعنی طلا با درجه خلوص ۷۵. این فلز تشعشعات مادون قرمز را تا حد بسیار زیادی منعکس می نماید و در مقابل خوردگی بسیار مقاوم است. از اینرو از فلزات صنعتی و تکنولوژیکی به حساب

می آید. مقاومت طلا به گونه‌ای است که در کلیه اسیدهای خالص نامحلول است و تنها در تیزاب سلطانی (۱ قسمت HNO_3 + ۳ قسمت HCl) حل گردیده و تولید کلرید طلا می نماید:



طلا در سیانید پتاسیم (KCN) و سیانید سدیم (NaCN) و نیز جیوه به راحتی حل می‌شود که جهت استحصال طلا از مواد فوق استفاده می‌گردد.

۳-۱-۲- چکیده‌ای از تقسیم‌بندیهای کانسارهای طلا

کانسارهای طلا در طبیعت به صورت کانسارهای رسوبی، ماگمایی، گرمابی و دگرگونی وجود دارد. تاکنون تقسیم‌بندیهای زیادی برای کانسارهای طلا انجام گرفته است که چندین نمونه از آنها در ادامه می‌آیند

۱- تقسیم‌بندی کانسارهای طلا بر پایه سن، منشأ و پتانسیل اقتصادی

بر این اساس کانسارهای طلا به دو قسمت تقسیم می‌شوند: کانسارهای طلای مربوط به پرکامبرین و کانسارهای طلای فانروزوئیک که تقسیمات آن در جدول (۳-۳) به اختصار آورده شده است.

با توجه به جدول (۳-۳)، عیار و میزان ذخیره کانسارهای طلای فانروزوئیک در نمودار شکل (۱-۳) نشان داده شده است.

۲- تقسیم‌بندی کانسارهای طلا بر اساس نوع محصول

بر این اساس کانسارهای طلا به دو گروه تقسیم می‌گردند، کانسارهایی که طلا در آنها به عنوان محصول اصلی است و کانسارهایی که در آنها طلا به عنوان محصول

فرعی استخراج می‌گردد، در هر یک از این دو گروه بیش از ده تیپ کانسار دیده می‌شود. [۱]

مهمترین کانسارهایی که در آنها طلا، به عنوان محصول اصلی محسوب می‌گردد، در جدول (۳-۴) آورده شده‌اند (Govett 1983).

۳-۱-۳- کانسارهای با محصول اصلی طلا

در اینجا به شرح مختصری از مهم ترین کانسارهای با محصول اصلی طلا می‌پردازیم.

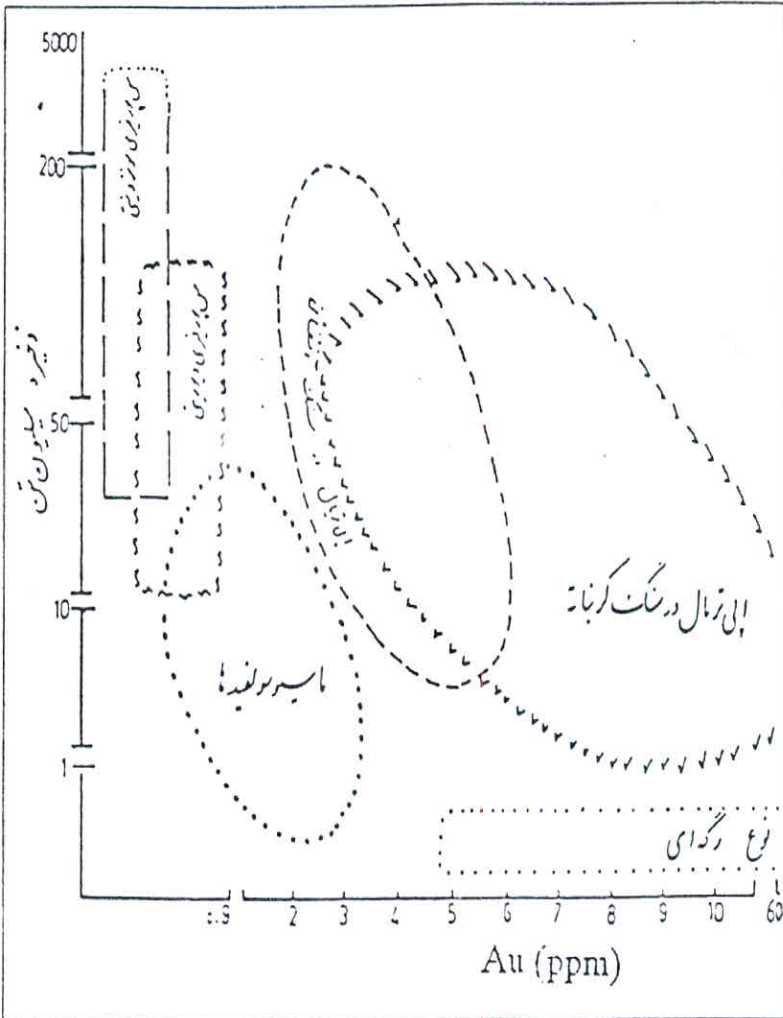
۱- کانسارهای طلای اپی ترمال

کانسارهای طلای اپی ترمال شامل رگچه‌ها، رگه‌ها و عمدتاً "ذرات افشان (انتشاری) طلا داری است که از محلولهای گرمایی با دمای کمتر از حدود ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد در بخشهای نسبتاً کم عمق پوسته زمین نهشته شده است. (شکل ۳-۲) ذخایر طلای نوع اپی ترمال به دو دلیل که عبارتند از ذخیره نسبتاً زیاد (و در نتیجه بهره برداری به روش روباز) و مینرالوژی ساده که روش فرآوری را آسانتر می‌سازد، توجه بیشتر شرکت‌های معدنی را به خود جلب کرده است. عیار این کانسارها ۵۰-۶ گرم در تن و همراه با فلزات قیمتی و پایه، ۵ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص می‌دهند.

این ذخایر بیشتر در دوران سوم زمین‌شناسی و همراه با سنگهای پیروکلاستیک اسیدی و حد واسط کالکو آلکالن ترسیری که در محیط خشکی (خارج از آب) تشکیل شده‌اند، در ارتباط می‌باشند. از نظر تکنیک صفحه‌ای، این کانسارها مربوط به مناطق فرورانش و قوسهای ماگمایی هستند.

جدول (۳-۳) - تقسیم‌بندی کانسارهای طلا بر پایه سن، منشا و پتانسیل اقتصادی

کانسارهای طلا مربوط به پرکامبرین	آرکنن	۱- کانسارهای طلا همراه با رسوبات شیمیایی آهن لایه‌ای ذخیره ۸ میلیون تن با عیار ۸ p.p.m
	سبزارکنن	۲- کانسارهای طلای نوع رگه‌ای در شیبستهای ذخیره عموماً کمتر از ۱ میلیون تن با عیار ۱۵/۱ p.p.m
	پروتروزونیک	۳- کانسارهای ماسیوسولفاید Cu,Zn,Au ۴- کانسارهای نوع پلاستی طلا
کانسارهای طلا مربوط به فانروزونیک	A. کانسارهای طلای ابی ترمال	۱- نوع پراکنده در سنگهای کربناته (کارلین) ذخیره به طور متوسط ۱۰ میلیون تن عیار Au : ۱۱-۱/۵ p.p.m ، Ag : ۴۰-۳۰ p.p.m
	B. نوع پلاستر	۲- نوع پراکنده در سنگهای آتشفشانی ذخیره ۲۰۰-۱ میلیون تن عیار ۱/۵-۵ p.p.m
	C. کانسارهای ماسیوسولفاید	۳- نوع رگه‌ای (بیشتر سولفیدها و آرسنیدها و به ندرت بصورت خالص) ذخیره کمتر از ۱ میلیون تن عیار بیش از ۵ p.p.m
	D. مس پرفیری	۱- نوع گروکو ذخیره ۵۰-۱ میلیون تن عیار ۲/۳-۰/۱ p.p.m
	E. اسکارنهای مس دار	۲- نوع قبرس ذخیره ۲/۵-۰/۱ میلیون تن عیار ۱/۵-۰/۱ p.p.m
	۱- نوع پلاستر	ذخیره ۲۰۰-۵۰ میلیون تن عیار ۰/۲-۰/۵ p.p.m
	۲- نوع قبرس	ذخیره ۳۰۰-۱۰ میلیون تن عیار ۰/۸-۰/۸۵ p.p.m



شکل (۳-۱) - عیار و میزان ذخیره کانسارهای طلای فانروزوئیک [۳]

کانسارهای طلای ایبی ترمال به سه حالت کلی یافت می شوند که عبارتند از:

- نوع پراکنده در سنگهای کربناته
- نوع پراکنده در سنگهای آتشفشانی (نوع چشمه های آبگرم)
- نوع رگه ای

جدول (۳-۴) - مشخصات تعدادی از کانسارهای با محصول اصلی طلا

تیپ کانسار	محیط پیدایش	تیپ هاله‌های ژئوشیمیایی اولیه
Te-Ag-Au رگه‌ای	توده‌های نفوذی پرفیروآفاتیئیک	Au-Ag-Te-Cu-Pb-Sb-Hg-F
Ag-Au چشمه‌های آبگرم	توده‌های خروجی فلسیک تا مافیک (خشکی)	Au-As-Sb-Hg-Ti-Ag
رگه‌های اپی ترمال تیپ کرید	توده‌های خروجی فلسیک تا مافیک (خشکی)	Au-As-Sb-Hg-Cu-Zn-Pb
رگه‌های اپی ترمال تیپ کومستاک	توده‌های خروجی فلسیک تا مافیک (خشکی)	Au-As-Sb-Hg-Cu-Zn-Pb
رگه‌های اپی ترمال تیپ سادو	توده‌های خروجی فلسیک تا مافیک (خشکی)	Au-Ag-Cu
رگه‌های اپی ترمال کوارتز-آلونیت	توده‌های خروجی فلسیک تا مافیک (خشکی)	Au-As-Cu-Te-W
Ag-Au با میزبان کربناتی	توده‌های خروجی فلسیک تا مافیک (خشکی)	Au-Ag-As-Hg-Sb-C-NH ₃ -W-Ti
Au کوارتز رگه‌ای کم سولفید	رخساره‌های دگرگونی ناحیه‌ای	Au-As-Hg-Te-Pb-Zn
Au هومستیک	رخساره‌های دگرگونی ناحیه‌ای	Au-As-B-Sb-Bi-Hg-Fe-PGE
Au مرتبط به گسل‌های کم شیب	رخساره‌های دگرگونی ناحیه‌ای	Au-Cu-Fe-F-Ba
U-Au کنگلومرای کوارتزی (دانه درشت)	سنگهای رسوبی تخریبی دانه درشت	Au-U-PGE-REE*-Ag-Zr
PGE-Au پلاسری	محیط‌های پلاسری سخت شده و سخت نشده مرتبط با سنگهای منشأ غیرمافیک (سطوح دگرشیبی)	Au-Ag-As-Hg-Sb-Fe-Cu-S

* Ree : Rare Earth Element

همچنین کانسارهایی که در آنها طلا به عنوان محصول فرعی در کنار دیگر عناصر

استحصال می‌گردد، در جدول (۳-۵) آورده شده است (Govett 1983).

نتیجه مطالعات بر روی کانسارهای اپی ترمال با سنگ میزبان ولکانیکی ترسیری

منجر به تشخیص دو نوع کانسار اپی ترمال شده است. این دو نوع کانسار که بر اساس

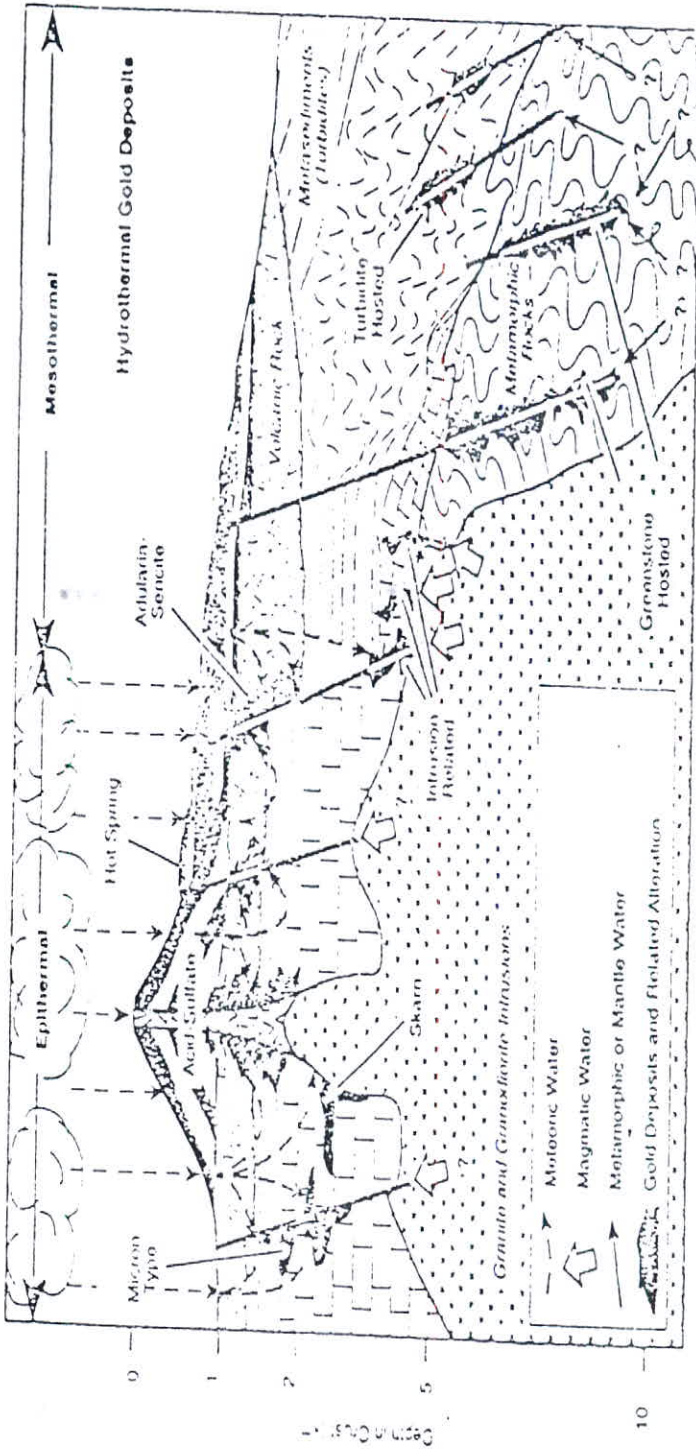
جدول (۳-۵) - مشخصات تعدادی از کانسارهای با محصول فرعی طلا

تیپ کانسار	محیط پیدایش	تیپ هاله‌های ژئوشیمیایی اولیه
Cu-Co بلاک برد	توده‌های خروجی مافیک زیر دریایی	Fe-As-Co-Cu-Ag-Au-Mn-B
Zn-Pb اسکارنی	همبری توده‌های نفوذی پرفیروآفانتیک	Zn-Pb-Mn-Cu-Au-Ag-As
Zn-Cu ماسیوس-ولفید قبرسی	توده‌های بازیک پرفیرو آفانتیک مرتبط با اوفیولیت‌ها افیولیت‌ها	Mn-Fe-Cu-Zn-S-Ag-Au-Co-Ni
Cu پرفیری (اسکارنی)	توده‌های نفوذی پرفیرو آفانتیک	Cu-Mo-Au-Ag-Pb-Zn-Se
Cu پرفیری	توده‌های نفوذی پرفیرو آفانتیک	Cu-Mo-Ag-Te-Zn-Pb-Mn-Au
Au-U-Cu المپیک دم	سنگهای رسوبی تخریبی	Cu-U-Ag-Au-Co-Fe-REE-F-Ba
Au-U دگرشیبی	رخساره‌های دگرگونی ناحیه‌ای	U-Mg-P
Au-PGE پلاسری	محیط‌های پلاسری سخت شده و سخت نشده، مرتبط با سنگهای منشأ مافیک و اولترامافیک (سطوح دگرشیبی)	PGE-Au-Ag-Cr-As-Hg-Cu-Fe-Sb-S

ویژگی کانی شناسی رگه و زون آلتراسیون از یکدیگر قابل تشخیص می باشند، تحت عناوین نوع آدولاریا - سریسیت و نوع اسید - سولفات نامیده می شوند که حاصل محلولهای گرمابی بسیار متفاوتی هستند. ویژگیهای اختصاصی هر دو نوع کانسار مزبور در جدول (۳-۶) آورده شده است.

الف- کانسارهای آدولاریا - سریسیت

وضعیت ساختاری معمولترین ساختار محلی این نهشته‌ها، حاشیه کالدرها می باشد ولی محلهای تکتونیکی دیگر از قبیل محیطهای ولکانیکی با ساختار پیچیده نیز غیرمعمول نیستند. کالدرها به دلیل داشتن سیستم شکستگی پیشرفته که موجب چرخش بهتر سیالات گرمابی می گردد، از اهمیت خاصی برخوردارند.



شکل (۲-۳) - تصویر کلی محیط‌های زمین‌شناختی که در آنها کانسارهای طلا تشکیل می‌گردد.

پیکانها به منابعی اشاره دارند که تصور می‌رود این کانسارها را تشکیل داده باشند.

جدول ۳-۶- مشخصات کانسارهای طلای اپی ترمال، نوع آدولاریا-سریست و

اسیدسولفات [۱]

نوع کانسار	اسیدسولفات	آدولاریا-سریست
ویژگیها		
تطابق ساختاری	مرکز توده های نفوذی (چهار کانسار از ۵ کانسار مطالعه شده مرتبط با حاسیه کالدرها هستند)	محیطهای ولکانیکی که از نظر ساختاری پیچیده هستند، عموماً درون محیط کالدرایی یافت می شوند.
اندازه، نسبت طول به عرض	به طور نسبی کوچک، هم بعد	متغیر، معمولاً ۳ به یک یا بیشتر
سنگ درونگیر	ریوداسیت	ولکانیکهای اسیدی حد متوسط
سن کانه و سنگ درونگیر	کانه و سنگ میزبان سن مشابه دارند	سن کانه و سنگ میزبان اندکی (بیش از یک میلیون سال) اختلاف دارند.
کانی شناسی	انارزیت، پیریت، طلای فلزی، الکستروم و سولفیدهای فلزات پایه، کلریت ناچیز، بدون سلنیدها، کانیهای منگنز ناچیز، بعضی وقتها بیسموتین	انارزیت، تراهیریت، تسائیت، طلا و نقره فلزی و سولفیدهای فلزات پایه، کلریت، سلنیدها و گانگ منگنز حضور دارند بیسموتین وجود دارد.
محمول	نهشته های غنی از طلا و نقره، تولید Cu به طور قابل ملاحظه	نهشته های غنی از طلا و نقره، فلزات پایه متغیر
آتراسیون	ارژلیتی پیشرفته تا ارژلیتی (+ سریستی) آلونیت هیوزن گسترده، کاتولینیت هیوزن اصلی بدون آدولاریا	سریستی تا ارژلیتی آلونیت سوپرژن، گاهی کاتولینیت آدولاریای فراوان
دما	۲۰۰-۳۰۰°C	۲۰۰-۳۰۰°C
درجه شوری	معادل ۱-۲۴ درصد وزنی NaCl	معادل ۱-۲۴ درصد وزنی NaCl
منشأ سیالات	عمدتاً متوریک	عمدتاً متوریک
منبع سولفید	مکانهای عمیق، احتمالاً ماگمایی	مکانهای عمیق، احتمالاً مشتق شده از سستیسوی سنگ دیواره در نواحی عمیق بیسم
منبع سرب	سنگهای ولکانیک یا سیالات ماگمایی	سنگهای پرکامبرین یا فائروژنیک ساب ولکانیکها

ابعاد کانسار در نقاطی که مقدار نقره و فلزات پایه بالاست، گسترده است (تا

حدود ۱۹۰ کیلومتر مربع) و برعکس هر جا که مقدار عناصر پایه پایین می باشد، ابعاد

کانسار کوچکتر است. گسترش عمودی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ متر است.

ترکیب سنگهای میزبان از ریولیت تا آندزیت متغیر است و ماده معدنی معمولاً

درون چند واحد سنگ شناسی مختلف یک ناحیه قرار می گیرد. سیال کانه دار در برخی

نواحی در ارتباط با رسوبات یا سنگهای نفوذی می باشد، ولی کانسار عمدتاً به سنگهای

ولکانیک منحصر می شود.

کانی شناسی این نهشته‌ها با وجود رگه آدولاریا-سریست و عدم وجود آلونیت هیپوزن و مجموعه انارژیت+پیریت+کولیت مشخص می‌شوند. اگر آلونیت وجود داشته باشد بر اثر فرآیندهای سوپرژن نزدیک سطح تشکیل شده است.

در بیشتر نهشته‌های این نوع، نسبت Ag/Au بالاست ولی در بعضی نواحی نسبتهای Ag/Au پایین است. معمولاً در این موارد فلزات با ارزش، عمدتاً به صورت طلا و نقره خالص و الکتروم بوده و سولفیدها و سولفوسالتهای نقره کمیابند. در کانسارهای غنی از طلا، معمولاً میزان فلزات پایه کم است که در اکثر حالات مین فقدان سولفیدهای فلزات پایه و سولفوسالتهای می‌باشد.

این نهشته‌ها با فراوانی آلتراسیون سریستی که اغلب زون سیلیسی نزدیک رگه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مشخص می‌گردند. این زون از خارج به زون پروپیلیتی منتهی می‌شود و برخی مواقع یک زون آرژیلیتی بین این دو زون واقع می‌شود.

مطالعه سیالات درگیر نشان می‌دهد که دمای تشکیل اکثر این کانسارها بین $200-300^{\circ}\text{C}$ می‌باشد. با وجود اینکه جوشش محلولهای هیدروترمال مکانیسم موثری برای تشکیل کانسار فلزات گرانبه‌است ولی تنها مکانیسم تشکیل این کانسارها نیست. علاوه بر جوشش سیال، اختلاط سیالات از دو یا چند منبع مختلف نقش مهمی در پیشینه حرارتی این نوع کانسارها دارد. این امر با مطالعه سیالات درگیر و ایزوتوپهای پایدار به اثبات رسیده است.

درجه شوری سیال از طریق اندازه‌گیری کاهش نقطه انجماد در این کانسارها بین صفر تا ۱۳ درصد وزنی کلرید سدیم ارزیابی شده است. ولی بیشتر این کانسارها، شوریهایی کمتر از ۳ درصد وزنی دارند. در بعضی نواحی شوریهایی غیرمعمول در دامنه

۵-۱۲ درصد وزنی نشان می‌دهند که شوری زیاد این نواحی با مقادیر نسبتاً زیاد فلزات پایه موجود در آنها مرتبط می‌باشد، زیرا کمپلکسهای کلریدی برای حمل فلزات پایه بسیار مناسب هستند. اگر سیالات حاوی مقادیر نسبتاً زیادی گاز باشند، ممکن است درجه شوری بیش از مقدار واقعی تعیین گردد زیرا CO_2 و H_2S سبب کاهش نقطه انجماد می‌شوند. [۱]

ب - کانسارهای اسید - سولفات

تعدادی از این کانسارها با حاشیه کالدرها و بعضی دیگر با گنبد‌های سیلیسی موجود در تقاطع گسل‌های اصلی در ارتباط هستند. ارتباط این کانسارها با مرکز توده‌های نفوذی، به خصوص با شکستگی‌های حلقوی گنبد‌های ولکانیکی موجود در حاشیه کالدرها، عامل ژنتیکی مهمی در مقایسه با نوع قبل است.

به طور کلی کانسارهای نوع اسید سولفات از نظر تناژ کوچکتر از کانسارهای آدولاریا - سریسیت هستند. این نوع کانسارها نسبتاً هم بعد هستند. برای تمام کانسارهای نوع اسید سولفات، گسترش عمودی زون مینرالیزه به مراتب کمتر از گسترش افقی بوده و معمولاً کمتر از ۵۰ متر است.

سنگ میزبان عموماً "ریوداسیت پرفیری است و گاهی کانی سازی در داسیت، تراکی آندزیت و ریولیت صورت می‌گیرد. زمان تشکیل کانسار خیلی نزدیک به جایگیری سنگ میزبان می‌باشد (حدود نیم تا یک میلیون سال بعد) که امکان وجود یک ارتباط ژنتیکی را بین این دو بیان می‌دارد.

کانسارهای نوع اسید سولفات با کانیهای انارژیت، پیریت و کولیت مشخص می‌شوند. آدولاریا و کلریت حضور ندارند و در صورت وجود بسیار ناچیز هستند. کانه به

صورت طلای خالص و الکتروم به همراه سولفیدها، سولفاتها و تلوریدها دیده می شود. این کانه سازی غالباً به وسیله زون سیلیسی استوانه ای شکل که درون یک سنگ میزبان کوارتز لاتیتی توسعه دارد، در بر گرفته می شود. زونهای کوارتزدار (تا ۷۰ متر پهنا) با حدود ۳۰ متر آلتراسیون از نوع کوارتز آلونیت پیشرفته احاطه شده اند و به سمت پایین ضخامت آنها کاهش می یابد. کانی سازی طلا (با عیار متوسط ۷/۸ ppm) به طور اولیه با زونهای سیلیسی مرتبط می باشد.

مطالعه ایزوتوپهای پایدار نشان می دهد که منشأ اصلی سیال هیدروترمال در یک چنین سیستمی، آب دریا بوده است. کانسارهای اسید سولفات، فاقد نظم در کانی سازی می باشند، اما کانسار ایندیو در شیلی مثال جالبی از سیستم رگه ای پیوسته می باشد. بخش پرعیار کانسار (با عیار متوسط ۲۲۵ ppm طلا، ۱۰۴ ppm نقره و ۲۰۴٪ مس) در تقاطع رگه های کوارتز - طلا با رگه های آنارژیت - پیریت با پهنای چندین متر وجود دارد. نسبت Ag/Au بین ۱۰-۲ متغیر است. در مواردی که این نسبت پایین باشد، طلای آزاد و کانیهای طلا دار زیاد است. مس بخش اصلی تولید فلزات پایه را در این نوع کانسارها تشکیل می دهد که ممکن است تولید آن بیش از ۸۵ درصد تولید فلزات پایه را شامل شود.

مشخصه کانسارهای نوع اسید سولفات، ارتباط آلتراسیون آرژیلیتی پیشرفته با کانه زایی است. معمولاً کائولینیت به همراه آلونیت در نزدیکی رگه وجود دارد و غالباً با سیلیسیفیکاسیون توسعه می یابد. گاهی با دور شدن از رگه، آلتراسیون آرژیلیتی با آلتراسیون سرپستی مخلوط شده، زون آرژیلیتی پیشرفته را محاصره می کند. زون

آلتراسیون آرژیلیتی خود از نظر کانی شناسی منطقه بندی می‌شود و کائولینیت نزدیک رگه و اسمکتیت دورتر از رگه قرار می‌گیرد.

با استفاده از سیالات درگیر دمای تشکیل این کانسارها مشابه نوع آدولاریا-سرسیت ($200-300^{\circ}\text{C}$) است. شوری سیالات مرتبط با کانسارهای نوع اسید سولفات، دامنه وسیعی را در برمی‌گیرد.

انکلوزیونهای ثانویه فنوکریستهای کوارتز که تصور می‌گردد حاوی سیالات به وجود آورنده دگرسانی شدید کوارتز-آلونیت - پیریت باشند، شوریهایی بین ۲۴-۵ درصد وزنی کلرید سدیم را دارا هستند.

البته انکلوزیونهای اولیه کوارتز و اسفالریت مرتبط با مرحله اصلی ته نشست بعضی از کانسارهای وابسته به این تیپ، حاکی از شوری ۶-۱ درصد وزنی کلریدسدیم است.

اطلاعات حاصل از مطالعه ایزوتوپهای پایدار کانسارهای اسید سولفات معرف منشأ ماگمایی برای سولفور است. همچنین مطالعات ایزوتوپی سرب در بعضی از کانسارها نشان می‌دهد، گالن شباهت ایزوتوپی بسیاری با سنگ ولکانیکی دربرگیرنده‌اش دارد. این امر دلالت بر آن دارد که گسلهای مجاور و یا سیالات ماگمایی مربوطه، منبع تأمین کننده سرب می‌باشند. [۱]

ج- کانسارهای نوع پراکنده در سنگهای کربناته (کانسارهای تیپ کارلین)

محصولهای گرمابی غنی از طلا در صورتی که ضمن حرکت به طرف سطح زمین از سنگهای کربناته عبور نمایند، تحت شرایط خاصی طلا و دیگر مواد را برجای خواهند گذاشت. در این کانسارها طلا در سنگ آهک دگرسان شده به صورت افشان حضور

داشته و آنقدر ریزدانه است که با میکروسکوپهای نوری و الکترونی هم قابل رویت نیست. به همین دلیل این نوع ذخایر، ذخایر طلای میکرونی نیز نام گرفته اند. در این ذخایر طلا به صورت خالص به همراه جیوه و آرسنیک، سطح پیریت را می پوشاند و به ندرت به صورت انکلوزیون در داخل پیریت و آرسنوپیریت قرار می گیرد. در زون اکسید شده، طلا بیشتر به صورت خالص و آزاد یافت می شود.

بزرگترین ذخایر کانسارهای این تیپ در اطراف کارلین در ایالت نوادا واقع شده است و یک منطقه خطی بنام روند کارلین ساخته است. تصور می شود که این کانسارها در جایی تشکیل شده اند که آبهای جوی که احتمالاً بوسیله توده های نفوذی گرم شده اند، هنگام بالا آمدن با آبهای زیرزمینی اکسیدی آمیخته شده اند.

د- کانسارهای طلای نوع پراکنده در سنگهای آتشفشانی (کانسارهای تیپ چشمه های آبگرم)

محلولهای گرمابی ضمن چرخش در سنگهای داسیتی، ریولیتی و آندزیتی در شرایط مناسب، طلا و دیگر مواد را برجای می گذارند. ذخایر چشمه های آب گرم در جایی تشکیل می شوند که سیالات آدولاریا - سربیسیت و یا اسید - سولفات به سطح زمین رسیده و چشمه های آب گرم را می سازند. طلا در این کانسارها در سنگهای آتیره به صورت خالص الکتروم همراه با پیریت، آرسنوپیریت و سینابر یافت می شود. بافت ذخیره از نوع پراکنده و استوک ورک است. از آنجا که این ذخایر در سطح زمین تشکیل می شوند، به آسانی به وسیله فرسایش از بین رفته و تعداد کمی از آنها شناخته شده است. بزرگترین ذخیره از این نوع معدن مک لاولین در کالیفرنیا است.

۲- کانسارهای مزوترمال

این ذخایر از رگه های کوارتز طلا داری تشکیل شده اند که در بخشهای عمیقتر پوسته زمین به وجود آمده اند. این ذخایر به وسیله مواد سیال گرمتر از ۲۵۰ درجه سانتی گراد رسوب کرده و به طور معمول به وسیله سنگهای دگرسان شده دربردارنده کلسیت و سایر کانیهای کربناته احاطه شده است که نشان دهنده غنای این محلولها از نظر CO₂ است. این ذخایر از نظر زمین شناسی در خاستگاههای مختلف یافت می شوند که خود مبنای تقسیم بندی آنها به سه گروه ذخایر مرتبط با توده های نفوذی، ذخایر دارای میزبان سنگ سبز و ذخایر دارای میزبان توربیدیت است که مورد بحث قرار خواهند گرفت. عیار معدنی طلا در دو نوع ذخایر اخیر ۲۵-۶ گرم در تن است و ۲۵ درصد تولید جهانی طلا را در اختیار دارند و همچنین از نظر تکنونیک صفحه ای مربوط به مناطق چین خورده و دگرگون شده کمربند سبز آرکن هستند.

الف- رگه های مزوترمال مرتبط با توده های نفوذی

این ذخایر شامل رگه های کوارتز حاوی طلا، نقره و سولفیدهای فلزات پایه است که در اطراف توده های نفوذی فلسیک در اعماق ۵ کیلومتری یا بیشتر در پوسته زمین تشکیل شده است. بدون تردید سیالات تشکیل دهنده این رگه ها تقریباً "آمیزه ای از آبهای ماگمایی ناشی از توده نفوذی و آبهای جوی عمیق پیرامون است. در بیشتر نقاط دنیا این سیستمهای رگه ای به اندازه ای بزرگ نیستند که منابع اصلی طلا به شمار آیند. هرچند که این سیستمها در کشورهای کره و روسیه به طور گسترده مورد بهره برداری قرار گرفته است.

ب- کانسارهای طلای رگه ای مزوترمال با میزبان سنگ سبز (کانسارهای طلای رگه ای در شبستهای سبز آرکنن) و یا کانسارهای طلای رگه ای مزوترمال با میزبان توربیدیت (کانسارهای طلای رگه ای تیب هومستیک)

این کانسارها احتمالاً در اعماق بیشتر پوسته و شاید در حد ۱۰ کیلومتری تشکیل شده باشند. دلیل نامگذاری این رگه ها، حضور آنها در سنگهای آتشفشانی مافیک (تا اولترامافیک) دگرگون شده است که حاوی کانی سبز رنگ کلریت است. سن اکثر ذخایر با میزبان سنگ سبز، آرکنن یا پیروتروزونیک است و به صورت رگه های کوارتز در امتداد شاخه های فرعی ناشی از شکافهای اصلی پوسته زمین (کراتون) با صدها کیلومتر طول و چندین کیلومتر عمق دیده می شود. ذخایر با میزبان توربیدیت در سربهای رسوبی ضخیمی به نام توربیدیت یافت می شود که حاصل فرسایش همین سنگهای آتشفشانی است. در بسیاری از این کانسارها پلاننه در رگه ها بلکه در سنگهای دیواره غنی از آهن تجمع یافته و هنگامی رسوب کرده است که یونهای کمپلکس گوگرد به صورت محلول با آهن واکنش انجام داده و با رسوب دادن کانیهای سولفید آهن، گوگرد را از کمپلکس حذف کرده است. باور عمومی بر آن است که منشأ آبهایی که این ذخایر را تشکیل داده اند یک منبع دگرگونی بوده است.

۳- کانسارهای پلاسری

قسمت اعظم کانسارهای اقتصادی طلا از نوع پلاسری هستند که در آنها طلا در اثر فرآیندهای شیمیایی - مکانیکی متمرکز شده است. اغلب این نهشته ها از نوع رودخانه ای هستند. بسیاری از آنها نشانگر اهمیت فرآیندهای پدید آورنده ذخایر پلاسری می باشند که در آنها طلا در یک لایه ضخیم از ریگهای رودخانه ای تجمع

یافته، احتمالاً این پدیده زمانی روی داده که کل این لایه به وسیله سیلابها مورد هجوم واقع شده و طلایی را که نخست در سرتاسر رسوبات ته نشین شده بود، الک کرده است. سیمای مهم دیگر پلاسرها وجود قطعه های بزرگ طلا است که اندازه آنها بزرگتر از طلای موجود در رگه هایی است که از آنها مشتق شده اند.

الف - کانسارهای طلای پلاسره های قدیمی (انباشته های قدیمی کنگلومرای)

حدود ۵۰-۴۰ درصد طلای دنیا از پلاسره های آرکن و پروتروزونیک به دست می آید. عیار و مقدار ذخیره پلاسره های پرکامبرین از سایر کانسارهای پرکامبرین بیشتر است. در این کانسارها طلای طبیعی، پیریت، ایلمنیت و اورانینیت به صورت انتشاری در سیمان کنگلومرا می باشند و یا طلا به صورت جانشینی در پیریت و سایر سولفیدها یافت می شود.

بزرگترین معادن طلای پلاسره پرکامبرین در آفریقای جنوبی واقع شده اند. وایت واترزد بقایای یک حوضه رسوبی آواری آرکن پسین است. طلا در داخل کنگلومرا که قطعات آن را کوارتز رگه ای، چرت، ماسه سنگ، قطعات سنگهای آتشفشانی، پلوتونیک و دگرگونی تشکیل داده اند، یافت می شود.

ب - کانسارهای طلای پلاسره های جوان

این کانسارها به صورت پلاسره های رودخانه ای، واریزه ای، یخچالی و ساحلی می باشند و سن آنها مربوط به عهد حاضر است. پاراژنز و کانی شناسی آنها شامل طلا، مونازیت، مگنتیت، کاسیتیریت، سینابر، ولفرامیت، ایلمنیت، شنلیت و کانیه های گروه پلاتین می باشد. ساخت کانسار به صورت لایه ها و عدسیه های آبرفتی - واریزه ای می باشد. موقعیت تکنونیک این کانسارها در حواشی غیر فعال بین قاره ای و مناطق ساحلی

دریاچه ای می باشد. درصد تولید جهانی از این پلاسرها ۱۰ درصد و عیار معدنی ۵۰ میلی گرم در متر مکعب تا چند گرم در متر مکعب می باشد.

ج- کانسارهای با محصول جانبی طلا

طلا یکی از فرآورده های جانبی بسیار مهم بسیاری از معادن فلزات پایه ، به ویژه کانسارهای مس پرفیری است که حجم مواد استخراج شده از آنها آنچنان عظیم است که میزان بسیار اندک طلای آنها (حدود ۵ ppm /۰ یا کمتر) از نظر اقتصادی اهمیت پیدا می کند.

۱- اسکارنهای طلا دار

هنگامی که توده ماگمایی در بخشهای جامد فوقانی پوسته زمین نفوذ می کند ، معمولاً باعث تبلور مجدد، دگرسانی و پدیده جانشینی در کانیهای تشکیل دهنده آنها می شود. همه اسکارنهای طلا دار با یک تقریب اولیه می توانند یکی از دو تیپ ذیل را داشته باشند.

- اسکارن با محصول اصلی طلا

- اسکارن با محصول فرعی طلا

معیارهای تشخیص یک اسکارن طلا دار عبارتست از:

- حداقل عیار متوسط طلا در کانسار باید یک گرم در تن باشد.

- ترکیب کانی شناسی کانسار دلالت بر وجود محیط اسکارنی با شرط ارتباط

زایشی با طلا داشته باشد.

در بین اسکارنهایی که با دو معیار فوق سازگاری دارند، تعدادی اساساً برای

استخراج فلزات قیمتی معدنکاری می شوند و بقیه اساساً برای استخراج فلزات پایه و

گروه فلزات آهن در نظر گرفته می شوند، از این گروه به طور جانبی فلزات قیمتی نیز استخراج می شود. می توان گفت طلا محصول اصلی آن دسته از اسکارنهای است که لگاریتم نسبت Cu/Ag کمتر از ۳ الی ۳/۵ و نسبت Cu/Ag کمی کمتر از مقدار مشابه در اسکارنهای غنی از مس باشد.

اسکارنهای طلا دار عموماً "اگزواسکارنهای آهنی طلا داری هستند که با دگرسانی شدید هیدروسلیکاتی همراه می باشند. دیگر فلزات اقتصادی استخراج شده از اسکارنهای طلا دار چه به عنوان محصول اصلی و چه به عنوان محصول فرعی عبارتند از مس، نقره، روی، آهن، سرب، آرسنیک، بیسموت، تنگستن و قلع. عمومی ترین تیپهای کانساری مرتبط با اسکارنهای طلا دار عبارتند از کانسارهای تیپ $Cu-Fe, Zn-Pb$ و اسکارن پرفیری. تیپهای دیگر عبارتند از کانسارهای پرفیری از تیپ $Cu-Au, Mo-Cu$ و $Au-Ag-Cu$ با سنگ میزبان کربناتی، پلی متالیک جانشینی رگه ای، اسکارنهای تنگستن دار، اسکارنهای قلع دار، کانسارهای قلع تیپ گرایزنی و پلاسرههای طلا دار مرتبط با اسکارنهای طلا دار.

در آمریکای شمالی اسکارنهای طلا دار به طور عمده در کمربند کوهزایی مزوزوئیک و سنوزوئیک و در محیط تکنونیک تیپ جزایر قوسی یافت شده اند. تعداد کمی از اسکارنهای طلا دار در محیط تکنونیک تیپ کراتون دنیته یافت می شوند (شکل ۳-۲). طلا در این کانسار به صورت طلای آزاد (الکتروم) می باشد. کالکوپیریت عمومی ترین کانی سولفیدی در کانسارهای اسکارن طلا دار است.

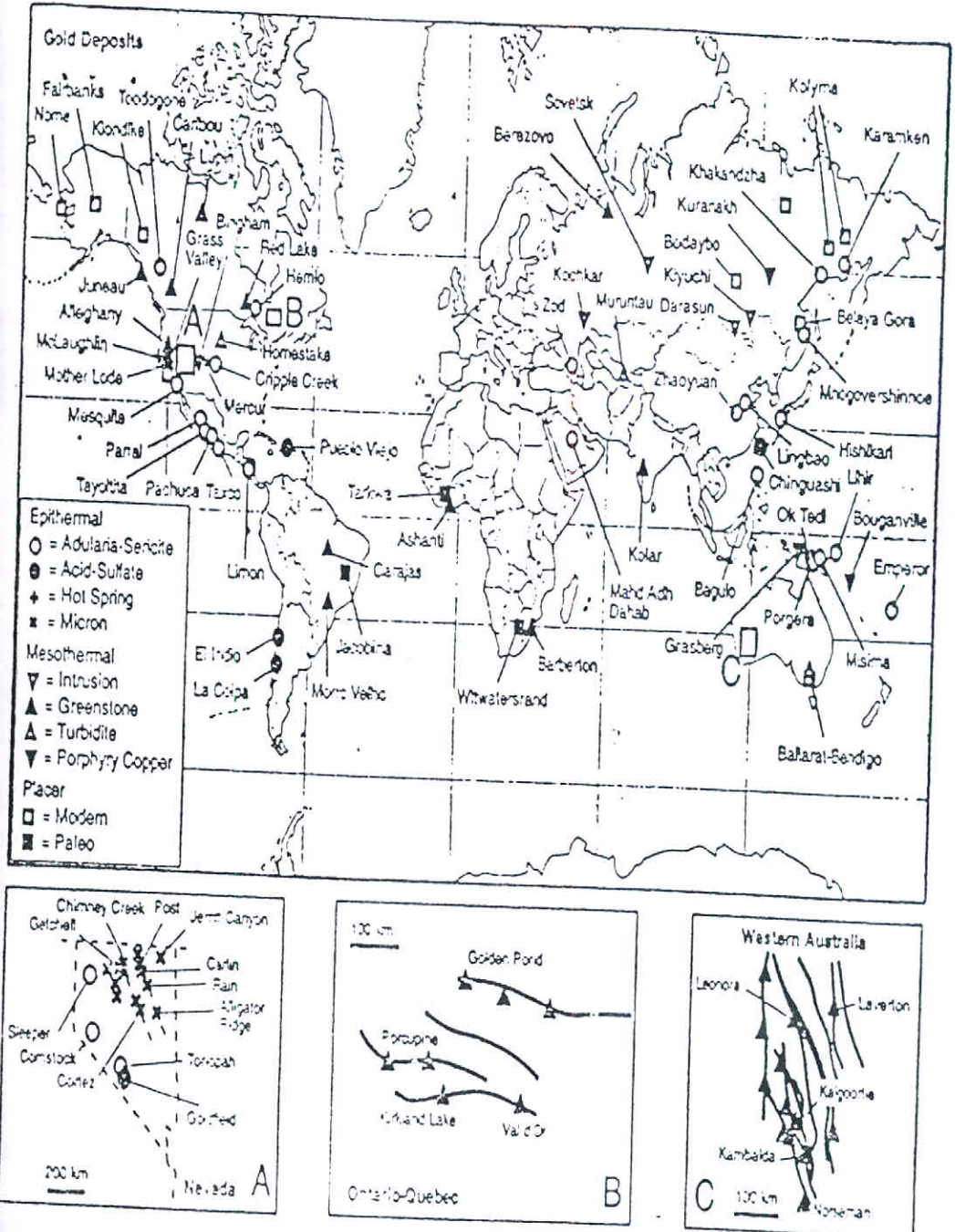
۲- کانسارهای مس پرفیری

عیار طلا در برخی از کانسارهای مس پرفیری قابل توجه است. لذا به عنوان محصول جانبی در این کانسارها حائز اهمیت می باشد. عیار طلا در کانسارهای مس پرفیری دیوریتی که در جزایر قوسی تشکیل شده اند بیش از نوع مونزونیتی است. مطالعات انجام شده در مورد چند کانسار مس پرفیری نشان می دهد که عیار طلا در مرکز سیستم بر زون پتاسیک منطبق است و در این زون رابطه مستقیمی بین عیار طلا و مس دیده می شود. عیار طلا در کانسارهای مس پرفیری نوع دیوریتی به طور متوسط ۵/۰ گرم در تن است در صورتی که در نوع مونزونیتی به ندرت به ۲/۰ گرم در تن می رسد.

طلا در این نوع ذخایر همراه کالکوپیریت است و به ندرت خالص یافت شده است. شکل و ساخت کانسار، به صورت رگه ای (در سنگهای آذرین درونی مانند مونزونیت) و انتشاری می باشد. از نظر موقعیت تکنونیک در فرورانش از نوع آندی (یا آلپی) قرار دارند. از نظر سنی مربوط به دوران سوم می باشند. اسکارنهای مس دار بیشتر در مجاورت ذخایر مس پرفیری در سنگهای کربناته تشکیل می شوند. عیار طلا در این ذخایر بیش از مس پرفیری است (۸/۰ تا ۸۵/۰ گرم در تن).

۳- ماسیوسولفیدها

ماسیوسولفیدها همزمان با فعالیت آتشفشانهای زیردریایی تشکیل می شوند و میزان سولفید آنها بیش از ۳۰ درصد است. ماسیوسولفیدها را بر اساس موقعیت تکنونیک و سنگهای همراه به دو نوع کروکر و قبرسی تقسیم می کنند.



شکل (۳-۳) - محل کانسارهای بزرگ طلا. کادرهای کوچک محل کانسارهای ایبی شمال در (A) نوادا شامل کارلین و کوارتز ترندز) و کانسارهای مزوترومال در امتداد گسل های بزرگ در (B) انتاریو و کبک و (C) استرالیای غربی را نشان می دهد.

ماسیوسولفیدهای نوع قبرسی در زون گسترش کف اقیانوسها همراه با بازالت‌های بالشتی تشکیل گردیده اند. این کانسارها در مرحله نهایی فعالیت آتشفشانی ایجاد گردیده اند و از خصوصیات مهم این کانسارها بافت توده ای، بالا بودن درصد سولفیدها، آلتراسیون کلریتی و سیلیسی و قرار داشتن در زیر چرت‌های آهن و منگنزدار است. طلا بیشتر همراه سولفیدها یافت می شود. این ذخایر حاوی ۰/۱ الی ۱/۵ گرم بر تن طلا هستند.

د- تقسیم‌بندی کانسارهای طلا از نظر منشأ سنگ تشکیل دهنده

کانسارهای طلا از نظر منشأ سنگ تشکیل دهنده به سه گروه عمده تقسیم می‌گردند.

- کانسارهای آذرین-گرمابی

- کانسارهای رسوبی (انباشتی)

- کانسارهای دگرگونی- گرمابی

کانسارهای آذرین - گرمابی بیشتر در دوران سوم و در سنگهای آتشفشانی تشکیل شده‌اند. سنگ همبر این نوع کانسارها از نوع سنگهای آذرین بیرونی (مانند کانسارهای طلای سان جون در کلرادو) و یا سنگهای رسوبی دوران اول و دوم (کانسارهای نوع کارلین در نوادا) می‌باشد. مهمترین شرایط تشکیل این نوع کانسارها عبارتند از:

- سنگهای آذرین بیرونی غنی از طلا

- کالدرهای آتشفشانی جهت تشکیل قسمتهای گرمابی طلا

- فعالیتهای آتشفشانی ممتد به منظور تأمین حرارت برای سیستمهای گرمابی

مطالعات سیالات درگیر نشان می‌دهد که قسمت اعظم آب محلولهای گرمابی منشأ سطحی داشته و غلظت املاح برحسب کلرورسدیم یک درصد است.

بخش عمده کانسارهای اقتصادی طلا از نوع انباشتی یا پلاسری هستند که در آنها طلا در اثر فرآیندهای شیمیایی-مکانیکی متمرکز شده است.

کانسارهای دگرگونی - گرمابی طلا بیشتر در اثر دگرگونی ناحیه‌ای (پیشرونده) و واکنشهای آب‌زا به وجود آمده‌اند (آفتابی ۱۳۷۲).

۳-۱-۴- ذخایر جهانی طلا

بر اساس آخرین آمار در سال ۱۹۸۴ میلادی، کل ذخایر جهان تقریباً $1/3$ میلیارد اونس بوده که حدود دو سوم آن در آفریقای جنوبی قرار دارد و ذخایر پایه جهان (شامل منابع اقتصادی تا کمی اقتصادی) کلاً $1/3$ میلیارد اونس تخمین زده شده است.

امروزه حدود ۶۵ درصد طلای دنیا از معادن واقع در سپرهای سنگ سبز آفریقا، استرالیا، کانادا، برزیل، هندوستان و آمریکا استخراج می‌شود. بزرگترین ذخایر طلای شناخته شده دنیا، پلاسرهای قدیمی (انباشته‌های کنگلومرای پرکامبرین) است. این ذخایر، طلای دنیا را در ۵۰ سال اخیر تولید کرده و اغلب منشأ اقتصادی عناصری نظیر اورانیوم، توریم و خاکهای نادرند. مناطق تجمع این نوع ذخایر عمدتاً در آفریقا قرار دارد. از جمله معروفترین این ذخایر می‌توان از معادن وایت واترز در آفریقای جنوبی، جاکوبینا در برزیل، بلیندریور در کانادا و تارکوا در غنا نام برد.

یکی دیگر از با اهمیت ترین ذخایر طلای دنیا، کانسارهای طلای رگه ای واقع در کمربند سنگ سبز آرکن می باشد. این تیپ کانسارها دارای عیار بالا ولی تناژ پائینی هستند. آمریکای شمالی (کانادا و ایالات متحده) که بالاترین تولید طلای جهان را بعد از

آفریقای جنوبی در دست دارند، عمدتاً تولید خود را از کانسارهای طلای رگه ای سپر پرکامبرین آمریکای شمالی در کانادا و منطقه هورستی پرکامبرین در ایالات متحده بدست می آورند. به طوریکه از ۱۵۰ کانسار طلای رگه ای شناخته شده اقتصادی در کانادا، ۱۲۰ مورد آن در سپر پرکامبرین قرار دارند.

به رغم قریب به یک قرن تولید، تقریباً "نیمی از ذخایر ۴۴۰۰۰ تنی (۱/۴ میلیارد اونس) طلای جهان در وایت واترز قرار دارد. مجموع ذخایر طلای ایالات متحده، کانادا، استرالیا و برزیل هنوز هم کمتر از نصف ذخایر آفریقای جنوبی است.

عمده ذخایر ایالات متحده در عمق زیاد قرار دارد که استخراج و استحصال آنها به احداث معادن زیرزمینی پرهزینه و روشهای گران استحصال بوسیله حرارت، نیاز خواهد داشت. در تمام این موارد ذخایر و تولید طلای کشورهای مستقل مشترک المنافع یک کارت برنده است. تولید طلا در این کشورها تقریباً "برای یک دهه ایستا بوده و افزایش تولید آنها هر نوع کاهش تولید در آفریقای جنوبی را جبران می کند.

روی هم رفته، دورنمای ذخایر طلای دنیا امیدبخش نیست. ذخایر طلای دنیا با آهنگ کنونی فقط تکافوی ۲۰ سال تولید را دارد و بیشتر آن نیز در آفریقای جنوبی نهفته است. با وجود یک قرن اکتشافات فشرده هنوز هیچ منطقه ای پیدا نشده که از نظر اندازه مشابه وایت واترز باشد و دیگر محلهای کشف شده بسیار کوچکتر از آن می باشند.

۳-۱-۵- تولید، مصرف و قیمت طلا

۱-۱- تولید

در طول تاریخ تقریباً "۱۰۶۰۰۰ تن طلا استخراج شده است که از این مقدار

فقط حدود ۱۸ درصد از دست رفته است. ۴۳ درصد طلای موجود، در بانکهای مرکزی نگهداری می شود. باقیمانده آن در انبارهای خصوصی به صورت شمش و نیز به صورت سکه و جواهرات و یا اشیاء هنری وجود دارد.

طلایی ترین دوران استخراج طلا در جهان در نیمه دوم قرن ۱۹ (بین سالهای ۱۸۴۵ تا ۱۹۱۰) همزمان با هجوم جویندگان طلا به کالیفرنیا و سپس به استرالیا، نیوزلند، کانادا و آلاسکا بوده است. توسعه روشهای استخراج طلا از معادن زیرزمینی آفریقای جنوبی در عمق زیاد نیز در پایان همین قرن آغاز شد. سپس میزان تولید آن تا سال ۱۹۶۳ کاهش یافت. تولید طلا در اواخر دهه ۱۹۷۰ رشد چشمگیری داشته است که علت آن افزایش ناگهانی قیمت طلا به بالاترین مقدار یعنی ۸۰۰ دلار در اونس بود.

اگرچه طلا در ۶۷ کشور جهان تولید می شود ولی آفریقای جنوبی با داشتن حدود ۳۰ درصد از سهم تولید جهانی دارای رتبه اول تولید طلا در جهان می باشد. کشورهای آمریکا، استرالیا، کشورهای مشترک المنافع (CIS) و کانادا در رده های بعدی قرار دارند. روند تغییرات تولید کشورهای جهان در طی سالهای ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۱ در شکل (۳-۴) آورده شده است. همانگونه که مشاهده می شود، تولید طلای آفریقای جنوبی رو به کاهش است. بخشی از آن بدلیل کاهش عیار است که از ۱۳ گرم در تن در سال ۱۹۷۰ به حدود ۵ گرم در تن در سال ۱۹۹۰ رسید. البته اعتصابات کارگری و کاهش راندمان نیز در این امر، مؤثر بوده اند. افزایش تولید طلا در ایالات متحده به واسطه شروع تولید یک سری معادن جدید می باشد. افزایش تولید کانادا در سالهای اخیر بیشتر ناشی از توسعه یا شروع مجدد تولید در معادن موجود می باشد. ترقی چشمگیری در تولید استرالیا در سالهای اخیر، به واسطه شروع مجدد و افزایش تولید از معادنی که در ظرف

چند سال قبل باز شدند، مشاهده می شود. با این همه تولید هر یک از کشورهای فوق فقط بخشی از تولید آفریقای جنوبی است.

۲- مصارف

تولید طلا به منظور استفاده از آن به عنوان یک کالای تزئینی شروع شد. ولی امروزه طلا به عنوان یک کالای تجارتمی مهم و تعیین کننده مطرح است (برای مثال طلا پشتوانه ای است برای چاپ اسکناس، وسیله ای است برای بازپرداخت قروض بین المللی به صورت مستقیم و پشتوانه بالفعل برای کسب قدرت و شهرت ملل مختلف جهان است).

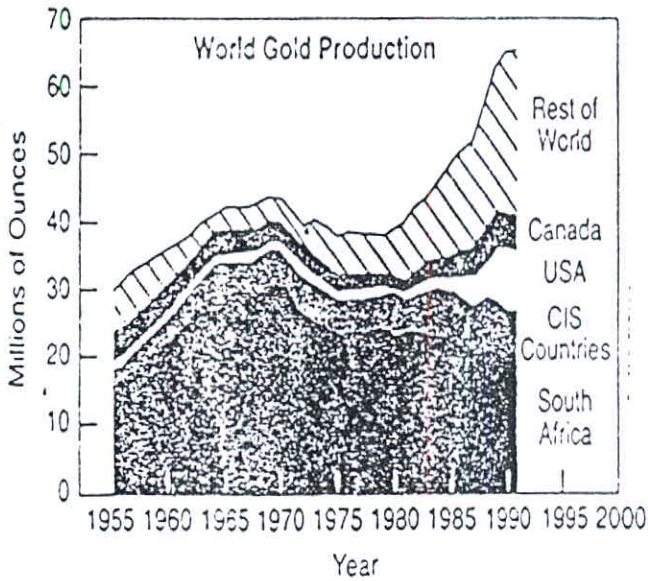
از کل طلای موجود در جهان حدود یک سوم توسط بانکهای مرکزی و آژانسهای رسمی دیگر مانند بانک جهانی و صندوق بین الملل پول به عنوان پشتوانه ای برای سیستم پولی نگهداری می شود. حدود یک سوم دیگر آن به صورت اندوخته های خصوصی نزد اشخاص مختلف می باشد و حدود یک سوم باقیمانده به صورت جواهرات و کالاهای صنعتی به خصوص در صنایع الکترونیک توزیع شده است. تا سال ۱۹۹۱، بیش از ۸۳ درصد طلای مصرف شده در جهان در جواهرات و ۶ درصد آن در مدالها و سکه های رسمی به کار گرفته می شد، به دلیل خاصیت هدایت الکتریکی زیاد طلا و مقاومت آن در برابر تیرگی و لکه زدن، ۶ درصد آن صرف ساختن تجهیزات الکترونیک شده، همچنین ۲/۲ درصد طلای مصرفی نیز در ساختن مواد دندانپزشکی به کار گرفته شده که عمدتاً "برای ساخت تاج دندان است، زیرا علاوه بر مقاومت در برابر خوردگی با همان نرخ رشد مینای دندان منبسط می شود. ۲/۸۰ درصد باقیمانده طلا در کاربردهای گوناگون صنعتی همانند پوششهای منعکس کننده موجود بر روی شیشه ها و ورقه های

تزیینی طلا برای هر چیزی از ظرف گرفته تا گنبدکاری به کار برده شد. از طلا در ساخت مواد دارویی برای درمان ورم مفاصل نیز استفاده می شود. این مصارف، تولید سالانه ای بالغ بر ۲۲۰۰ تن با ارزش تقریبی ۲۵ میلیارد دلار را طلبیده و در نتیجه طلا را به عنوان یکی از با صرفه ترین فلزات مهم در ردیف فلزاتی چون آهن، مس و آلومینیوم قرار می دهد. منابع و میزان عرضه و تقاضا در سطح جهانی برای سالهای ۱۹۹۳ تا اواخر ۱۹۹۶ را نشان می دهد.

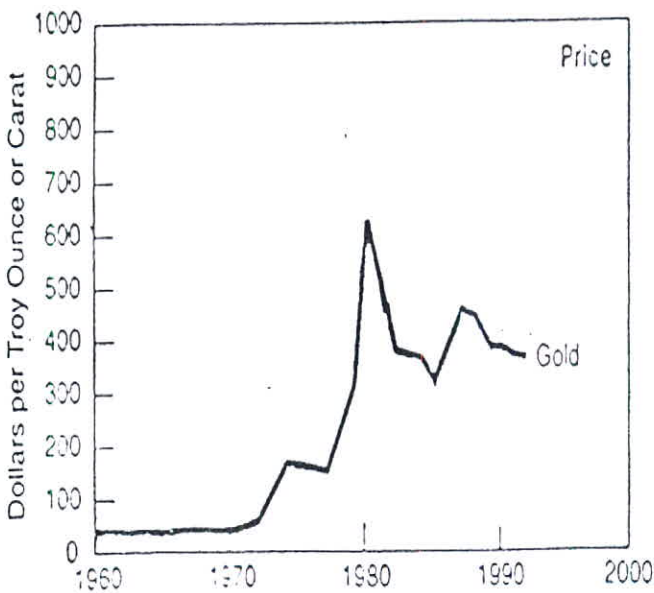
۳- قیمت

تفاوت طلا با تمام فلزات دیگر در رابطه تاریخی آن با پول نهفته است. پس از بحرانهای اقتصادی جنگ جهانی اول، ایالات متحده در سال ۱۹۳۴ قیمت هر اونس طلا را ۳۵ دلار پایه گذاری کرد. این قیمت سبب افزایش فعالیتهای اکتشافی در کانادا و در نتیجه افزایش تولید طلا گردید. در سال ۱۹۶۸ یک بازار بین المللی دو طرفه تأسیس شد که یک بازار رسمی خصوصی بود و در آن قیمت طلا به وسیله عرضه و تقاضا تعیین می شد. در پاسخ به محرکهای اقتصادی بی شمار بین المللی، قیمت طلا روند صعودی ماریج گونه ای را آغاز کرد که در سال ۱۹۸۰ حداکثر به هر اونس ۸۰۰ دلار (هر کیلو ۲۴۹۱۸ دلار) رسید. این قیمت در طول دهه ۱۹۸۰ به ۴۰۰ دلار بر اونس نزول کرد (شکل ۳-۵).

در طول سالیان گذشته نوسانات زیادی در قیمت طلا وجود داشته است. در سالهای اخیر قیمت طلا همچنان یک سیر نزولی را طی می کند. همچنین قیمت طلا در طی سالهای ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۶ آورده شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد، چندان



شکل (۳-۴) - روند تغییرات تولید جهانی طلا در طی سالهای ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۱



شکل (۳-۵) - روند تغییرات قیمت فلز طلا در طی سالهای ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۱

نوسان قابل توجهی در قیمت طلا در این سالها مشاهده نمی شود. البته در طی سال ۱۹۹۶ قیمت طلا از بالاترین مقدارش، $414/8$ دلار در ماه فوریه به $368/30$ دلار در ماه دسامبر کاهش داشت. این کاهش قیمت در طی سال ۱۹۹۷ نیز ادامه داشت بطوریکه قیمت طلا در این سال نیز از 357 دلار در ماه ژانویه با یک سیر نزولی به $323/5$ دلار در ماه سپتامبر رسید.

به نظر می رسد کاهش قیمت طلا در سالهای فوق نتیجه خرج سرمایه (طلا) از سوی بخش های دولتی و خصوصی باشد. همچنین از یک طرف رشد تولید معدنی و قراضه طلا و از طرف دیگر کاهش تقاضای فیزیکی برای آن، باعث کاهش قیمت طلا در سالهای اخیر بوده است.

۳-۱-۶- منابع و ذخایر معدنی طلا در ایران

طبق شواهد متعدد تاریخی، فرهنگی و جغرافیایی ذخایر طلا در ایران از گذشته های بسیار دور مورد بهره برداری قرار گرفته است. در ایران زمین، مناطق متعددی وجود دارند که از حضور طلا در این مناطق یقین حاصل شده است و نیز مناطقی وجود دارند که احتمال حضور طلا در آنها وجود دارد. برخی از کانسارهای شناخته شده طلا هم اکنون مورد بهره برداری و یا در مرحله مطالعه بوده و در جوامع علمی و صنعتی به صورت گسترده تر مورد بحث و بررسی می باشند. ولی بعضی از این کانسارها طبق مدارک موجود ممکن است قبلاً "مورد بهره برداری قرار گرفته باشند.

مشخصات زمین شناسی و معدنی کانسارهای طلا در ایران در جدول (۳-۸)

آورده شده است.

جدول شماره (۳-۸) - مشخصات زمین شناسی منابع و ذخایر طلای ایران

نام معدن	نوع کانسار	سنگهای همبر	پارائنز و کانی شناسی	سن و ساختارهای تکتونیکی	عیار معدنی
بیلی (کرمان)	رگه ای - رگچه ای و اسکارن	آندزیت، کوارتز، دیوریت اسکارن و هورنفلس	کوارتز، پیریت، کالکوپیریت، هماتیت، ماگنتیت و مالاکیت	میوسن فرورانش از نوع آندی (آبی) توده های نفوذی پس کوهزایی و کوهزایی	۵ گرم در تن
موته (اصفهان - دلیجان)	رگه ای و انتشاری	شیستهای سبز و گرانیت	کوارتز، پیریت و کالکوپیریت	پرکامبرین رگه هایی از نوع Lode و یا احتمالا "واکنشهای ایزوا"	به طور متوسط ۴-۵ گرم بر تن
زر شوران (تکاب)	رگه ای	توف، سنگهای آهکی، مارن، شیستهای سبز و آندزیت	کوارتز، پیریت، اسفالریت، اریمنت و استینیت	میوسن حوضه های پشت قوسی	۱-۲۴ گرم بر تن و به طور متوسط ۹ گرم بر تن، در پیریت ۲۵۰ گرم بر تن
مس سرچشمه (کرمان)	پرفیری	آندزیت و گرانودیوریت	کالکوپیریت، پیریت، مولیدینت	میوسن فرورانش از نوع آندی (آبی) توده های نفوذی از نوع پس کوهزایی و کوهزایی	۱-۲۴ گرم بر تن
چهار گنبد (کرمان)	رگه ای - رگچه ای و انتشاری	آندزیت و کوارتز دیوریت پرفیری	کوارتز، پیریت و کالکوپیریت	میوسن فرورانش از نوع آندی (آبی) توده های نفوذی از نوع پس کوهزایی و کوهزایی	۱۹-۱۲ گرم در تن در کانسارته (کانسنگ پرعیار شده)
استانه (اراک)	گرمابی	گرانودیوریت و هورنفلس	طلا، پیریت، کالکوپیریت، مولیدینت و شیلیت	بعد از زوراسیک و احتمالا پالتوسن	-
زرین (اردکان)	گرمابی - دگرگونی	گرانیت و شیبست سبز	طلا، پیریت، مولیدینت، یاربت	-	۰/۱ - ۰/۶ گرم در تن
کوه زر (دامغان)	-	میکروگرانیت و گرانیت	-	-	۰/۱ - ۰/۳ گرم در تن

۳-۱-۷- روشهای پیجویی و اکتشاف طلا

وجود کارهای قدیمی در کانسارهای شناخته شده، انسان را در مورد نحوه پیجویی، اکتشاف و استخراج سنگ معدن طلا و نهایتاً استحصال طلای فلزی از سنگ معدن به تفکر وامی‌دارد. با دقت در کانسارهای طلا که کارهای قدیمی در آنها انجام گرفته است،

این نتیجه حاصل می‌گردد که پیشینیان، زمین‌شناسان و معدنکاران بسیار خوبی بوده‌اند زیرا با توجه به عیار کم ماده معدنی و پراکندگی آن به گونه‌ای که طلا با چشم غیر مسلح قابل رویت نبوده و تنها از روی علائم و نشانه‌های زمین‌شناسی و تکتونیکی از زونهای آتراسیون و گسلهای حاوی مواد معدنی پرعیار می‌بایست پی به وجود ماده معدنی برد، معهذ آنان این محلها را شناسایی و با توجه به وسایل ابتدایی معدنکاری که در اختیار داشتند. اقدام به استخراج ماده معدنی می‌کردند و جهت کاهش هزینه‌های استخراجی تمام مراحل در همان محل صورت می‌گرفت، وجود سرباره‌ها تأییدی بر این امر است.

اکتشاف طلا گرچه مانند اکتشاف سایر مواد معدنی از یک روش معمول و استاندارد پیروی می‌کند که در تمامی روشهای سیستماتیک بایستی رعایت گردد، اما نکات خاصی هم وجود دارد که در اکتشاف طلا همواره بایستی مورد توجه قرار گیرد. طلا به یکی از دو صورت ابرفتی (ذخایر پلاسیر) و غیر ابرفتی (ذخایر ماگمایی و هیدروترمال) یافت می‌شود و نحوه اکتشاف این دو دسته به طور کلی با یکدیگر متفاوتند. [۴]

در اکتشاف کانسارهای طلای رگه‌ای از دو روش اکتشاف همراه با هم استفاده می‌شود که عبارتند از:

- روش مستقیم: براساس اکتشاف بصری و یا حفاری بوده و شامل دو بخش می‌باشد.
- برداشتهای هوایی: شامل عکسبرداری هوایی جهت کسب اطلاعات ساختاری
- برداشتهای زمینی: شامل برداشتهای سطحی و نقشه‌برداری سیستماتیک (جهت تعیین تغییرات سنگ شناسی و ساختاری) و برداشتهای زیرزمینی از محل حفاریها
- روش غیرمستقیم: براساس کشف آنومالیهای ژئوفیزیکی و یا ژئوشیمیایی کانسار و یا هاله‌های وابسته به آن است و به دو بخش تقسیم می‌گردد.

- برداشتهای هوایی: شامل مغناطیس سنجی هوایی به منظور کسب اطلاعات ساختاری و

سنگ شناسی

- برداشتهای زمینی: شامل روشهای ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی

از ترکیب دو روش بالا روش کم هزینه تری برای کانسارهای کوچک و پنهانی مانند کانسارهای طلای رگه‌ای به دست می‌آید و هر کوشش دیگری جهت کشف کانسارهای طلای رگه‌ای یا محیط زمین شناسی وابسته به آنها، از طریق عکسهای هوایی و برداشتهای ماهواره‌ای به دلیل ابعاد کوچک این کانسارها بی نتیجه است.

باتوجه به قیمت طلا، روش حفاری سیستماتیک در مناطقی با مساحتی کمتر از ۲/۵ کیلومتر مربع و پتانسیل بالا، می‌تواند به عنوان یک روش موثر و کارآمد مورد توجه قرار گیرد. [۵]

۱- روشهای پی‌جویی و اکتشاف طلا براساس پدیده‌های زمین شناسی

باتوجه به شرایط زمین شناسی و نحوه تشکیل کانسار طلا، می‌توان معیارهای مختلفی برای پی‌جویی آن تعیین و بر این اساس عملیات پی‌جویی را آغاز کرد که به طور خلاصه معیارها عبارتند از: [۴]

معیارهای آب و هوایی، معیارهای سنی، معیارهای رخساره‌ای و سنگ شناسی، معیارهای ساختمانی، معیارهای کانی شناسی، معیارهای ماگمایی، معیارهای ژئومورفولوژیکی

۲- پی‌جویی و اکتشاف طلا از طریق روشهای ژئوفیزیکی

در طی سه دهه گذشته پروژه‌های بزرگی برای کشف کانسارهای فلزات پایه به کمک روشهای ژئوفیزیکی صورت گرفته است، ولی این روشها برای کشف کانسارهای

طلا کاربرد موثری ندارد. در طول همین زمان، تنها تعداد انگشت شماری کانسار طلا کشف گردیده که در اکتشاف آنها روشهای ژئوفیزیکی توانسته‌اند نقشی را ایفا کنند. زیرا طلا با وجود داشتن وزن مخصوص و ضریب هدایت الکتریکی بالا، به علت حضور خود به صورت بسیار پراکنده در محیط رگه نمی‌تواند به وسیله اغلب روشهای ژئوفیزیکی که بر اساس تکنیک نقلی یا مغناطیسی (بین رگه و سنگ دیواره) کار می‌کنند، به سادگی کشف گردد. بنابراین در کاربرد روشهای ژئوفیزیکی برای اکتشاف کانسارهای طلای رگه‌ای دو استراتژی مورد توجه قرار گیرد:

- جستجوی ساختارهای مناسب از طریق برداشتهای مغناطیسی یا الکترومغناطیسی با فرکانس خیلی پائین (V.L.F)

- جستجوی کانیهای همراه که دارای پراکندگی وسیعتر از طلا بوده و برای روشهای اکتشاف ژئوفیزیکی مناسبتر می‌باشند، مانند سولفیدهای آهن، در این استراتژی

روش پلاریزاسیون القایی (IP) در حوزه زمان و فرکانس کاربرد ویژه دارد. [۵]

در مناطقی که طلا در ارتباط مستقیم با کانی‌سازی گوگردی (پیریت، کالکوپیریت و ...) و در نتیجه مناطق دگرسان می‌باشد، روشهای ژئوفیزیکی می‌توانند در این رابطه کمک کرده و مسایل زیر را مشخص کنند

- مشخص نمودن مناطق دگرسان

- تعیین مناطق دارای کانیهای گوگردی با تراکم بیشتر

- مشخص کردن شکل و عمق توده سولفوری

اطلاعات بالا در صورت حصول نتیجه می‌تواند راهنمای خوبی برای برنامه‌ریزی و

انتخاب روش مناسب برای اکتشاف بعدی باشد. معمولاً سه روش ژئوفیزیکی

مغناطیسی ، پلاریزاسیون القایی (IP) و مقاومت سنجی (RS) برای کارهای اکتشافی سولفیدها متداولتر است و در صورتیکه وجود آنومالیهای گوگردی در منطقه‌ای حتمی باشد، بایستی روشهای ژئوفیزیکی یاد شده یکدیگر را تأیید کنند و تنها اطلاعات به دست آمده از یک روش کافی نیست. در پایان ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که در مناطقی با کانه سازی طلا که در ارتباط مستقیم با کانی‌سازی سولفورده نباشد و طلا در داخل رگه‌های سیلیسی و دانه‌های کوارتز وجود داشته باشد، نمی‌توان اساس کار را بر نتایج حاصل از ژئوفیزیک قرار داد. [۴]

۳- پیجویی و اکتشاف طلا از طریق روشهای ژئوشیمیایی

تکنیکهای ژئوشیمیایی در اکتشاف انواع مختلف کانی‌سازیهای طلا می‌توانند مفید باشند. در طی این اکتشافات یک سری مشخصه‌های ژئوشیمیایی کانی‌سازی طلا در محیطهای نمونه برداری مختلف (سنگ، خاک، رسوبات آبراهه‌ای و غیره) برای اکتشاف ژئوشیمیایی به کار می‌رود. شاخصهای ژئوشیمیایی کانی‌سازی طلا که در اکتشاف طلا به کار می‌رود ، بستگی به چندین پارامتر داشته و بر پایه آنها تعیین می‌شوند. این پارامترها عبارتند از :

- مشخصه‌های کانی‌سازی اولیه :

الف- مشخصه‌هایی که مستقیماً "به تمرکز طلا مربوط می‌شوند:

- ابعاد، هندسه و شکل

- محتوی طلا (میانگین و ماکزیمم)

ب - مشخصه‌های توصیفی کانی‌سازی طلا :

- کانی‌شناسی طلا

- ابعاد ذرات طلا

- خلوص طلا

- کانیهای میزبان کوارتز، سولفیدها، اکسیدها و ...

- کانیهای همراه

- طبیعت سنگهای میزبان

- مشخصه های فیزیکی - شیمیایی محیط سوپرژن

در این بین دو شاخص ژئوشیمیایی اصلی در اکتشاف طلا عبارتند از طلا و عناصر

ردیاب آن.

استفاده از فاکتور اخیر (شاخص حاصل از فرآیندهای کانی سازی و لیتولوژی)

بخصوص در نواحی که رخنمون سنگی وجود ندارد، مفید می باشد. [۲۷]

برخی از شاخصهای ژئوشیمیایی که در اکتشافات ژئوشیمیایی طلا به کار برده

می شوند، شدیداً بستگی به نوع کانی سازی دارند. به عنوان مثال کانیهای همراه که

نتیجه فرآیندهای مختلف (عموماً هیدروترمال) قبل از تشکیل و بعد از تشکیل

کانی سازی است. کانیهای اصلی که شاخصهای هاله های آلتراسیون گرمابی می باشند،

عبارتند از سیلیس (عمدتاً کوارتز)، تورمالین، کلریت، سربیسیت، مسکویت،

فلدسپاتهای پتاسیک، کربناتها، کانی های حامل عناصر Sb, Ag, As، گالن، اسفالریت و

کالکوپریت همراه با عنصر جیوه. فراوانی نسبی و نقش ردیاب احتمالی این اجزا با توجه

به نوع کانی سازی طلا به طور خلاصه در جدول (۳-۹) آورده شده است.

تغییرات مشخصه های دیگر مانند ابعاد یا شکل کانی سازی از یک نوع کانسار

تا کانسار بعدی بسیار قابل توجه می باشد. کانسارهای بزرگ، ممکن است در انواع

وابسته به توده نفوذی، اپی ترمال با سنگ میزبان رسوبی یا انواع BIF یافت شوند. کانسارهای رگه ای که عموماً "به صورت توده های معدنی لایه ای شیب دار مشخص می شوند، عمدتاً" بیش از چند متر ضخامت ندارند، اما غالباً "به وسیله یک هاله آلتراسیون بزرگ همراه با یک شاخص ژئوشیمیایی توسعه یافته که در مقایسه با خود کانی سازی، هدف در دسترستی را برای اکتشاف ژئوشیمیایی معرفی می کند، احاطه می شوند. [۲۷]. روشهای ژئوشیمیایی برای اکتشاف کانسارهای طلای رگه ای، بیشتر به عنوان مبنای انتخاب عناصر ردیاب و کشف هاله های اولیه و ثانویه آنها به کار می روند. عناصر ردیاب این تیپ کانی سازی ها عبارتند از As, Sb, Hg, Te, Cu, Pb, Zn, W, Bi, B, F. البته کاهش حد قابل ثبت دستگاههای اندازه گیری باعث شده که علاوه بر کاربرد عناصر ردیاب برای تعیین هرچه دقیق تر هاله ها و کانسارهای طلای رگه ای، اندازه گیری مقدار طلا نیز تا حدودی به تعیین نقاط تمرکز کمک کند.

همچنین در هاله های ژئوشیمیایی و دگرسانی کانسارهای طلای رگه ای علاوه بر تغییرات مقدار عناصر ردیاب، تغییرات بعضی از عناصر اصلی سازنده سنگ ممکن است در انتخاب مناطق امیدبخش مفید باشد، تهی شدگی سنگ درونگیر نسبت به Na_2O و غنی شدگی آن نسبت به K_2O از این جمله می باشد. مناطقی با آلتراسیون نوع کربناتی به خصوص در نواحی ولکانیکی معمول است. در چنین مناطقی دگرسانی معمولاً "هاله عناصر ردیاب Li, B, Sb قابل ثبت هستند.

همچنین شاخصهای ژئوشیمیایی دیگری نیز ممکن است برای اکتشاف ژئوشیمیایی تپه های مختلف کانی سازی طلا مورد استفاده قرار گیرد. پیدایش مقادیر

آنومال عناصر Co, Se, As, Te, Bi در سیستمهای اسکارنی و نیز بالا بودن مقدار طلا در فلزات پایه و آهنی استخراج شده از یک سیستم اسکارنی می تواند دلالت بر وجود احتمالی اسکارنهای طلا دار داشته باشد. از ردیابهای دیگری که در کانسارهای طلا نوع کمربند آرکن سبز مورد استفاده قرار می گیرند، میزان مگنتیت موجود در سرپانتینیت است که مقدار آن به طرف رگه های طلا، افزوده می گردد. مطالعات تنوریکی و مثالهای زیادی به وضوح دلالت می کند که طلا می تواند به صورت محلول آبی در محیط سوپرژن منتشر شود. لذا فرآیندهای شیمیایی همراه با فرآیندهای مکانیکی در تشکیل هاله های انتشار ثانویه طلا شرکت می کنند. تعادل بین این دو فرآیند بستگی به شرایط مورفولوژیکی و آب و هوایی، شکل کانی سازی (و بنابراین مشخصه های اولیه) و افق خاک دارد. در نتیجه، مطالعه هاله های ژئوشیمیایی ثانویه عنصر طلا و یا عناصر ردیاب آن نیز از راههای کشف کانی سازی طلا می باشد. در این میان انجام عملیات ژئوشیمیایی اکتشافی روی رسوبات رودخانه ای می تواند در کشف هاله های ثانویه و اولیه عنصر طلا و عناصر ردیاب آن مؤثر باشد. در این پروژه نیز مطالعه هاله های ثانویه طلا و عناصر ردیاب آن در رسوبات رودخانه ای به عنوان اساس اکتشاف ژئوشیمیایی طلا انتخاب گردید. لذا در ادامه به بررسی اصول حاکم بر کاربرد ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای در اکتشاف طلا می پردازیم.

الف- کاربرد ژئوشیمی رسوبات آبراهه ای در اکتشاف طلا

موضوع این بخش مروری بر کاربرد ژئوشیمی رسوبات آبراهه ای برای اکتشاف طلا می باشد. لذا در ابتدا زمینه های تاریخی آن و در ادامه ژئوشیمی و رسوب شناسی طلا بررسی می شود.

جدول (۳-۹) - فراوانی نسبی و نقش (به عنوان ردیابهای احتمالی) برخی از عناصر و

کانیهای ویژه برای انواع مختلف کانسارهای طلا

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(۸)	(9)
Silica	+--+	++-+++	+++	+++	+++	+--+	++-+++	0-++	+--+
Carbonates	+--+	0-++	0	0-+	0	0	++-+++	0-+	++-+++
Sericite	++-+++	0-++	0-+	++-+++	0-+	++-+++	0-+	++-+++	0-+
K-Feldspar	0-++	0-+	0-+	+--+	0	++-+++	0	0-+	0-+
Chlorite	0-++	+--+	0	+--+	0	+	0-++	+--+	+--+
Tourmaline	0-++	0-+	0	0-+	0	0-+	0-++	0-+	0-++
Barite	0	0	0-++	0-++	+--+	0	0	0-+++	0
Pyrite	+--+	+--+	+--+	+	+	++-+++	++-+++	++-+++	+
As	0-+++	++-+++	+	+--+	+	0-+	++-+++	+--+	+
Pb	0-++	0-+++	+--+	++-+++	+	0-++	0-+	+--+	+
Zn	0-+	0-+	0-++	++-+++	0-+	0-+++	0-+	0-+++	0-+
Cu	0-+++	0-+	0-+++	+	0-+	+--+	0-+	+--+	0-+
Sb	0-+	0-+++	+--+	++-+++	0-+	0	0-+	+	+--+
Hg	0-+	0-+++	+--+	0-+++	++-+++	0-+	0	0-+++	+--+
W	0-+	0-+++	0-+	0-+	0-+	0-+++	0	0	+--+
Mn	0	0	+--+	+--+	0-+	0-+	0-+	0	+--+
Mo	0-++	0-+	0	0	0-+	0-+++	0-+	+	0-++

ستونها عبارتند از :

- ۱- رگه های آرکنن و پروتروزونیک
- ۲- رگه های فانروزونیک
- ۳- ایبی ترمال، اسید - سولفات
- ۴- ایبی ترمال، سریسیت - آدولاریا
- ۵- کارلین، میزبان رسوبی
- ۶- مرتبط با توده نفوذی
- ۷- BIF
- ۸- ماسیوسولفیدهای ولکانوژنیک
- ۹- ایبی ژنیک استراتاباند

بالا: +++, متوسط: ++, کم: +, هیچ: 0

یک دوره بیست و پنج ساله (۱۹۹۵-۱۹۷۰)، گواهی بر توسعه روشهای اکتشاف ژئوشیمیایی مناسب برای پیجویی انواع مختلفی از کانسارها در محیطهای سطحی مختلف می باشد. تا پیش از افزایش قیمت طلا در اواخر دهه ۱۹۷۰، اکتشاف طلا فقط به خاطر کسب سود همراه با کمی یا بدون توجه به توسعه شیوه های مناسب

اکتشافی، مطرح بوده است. تا اینکه فعالیتهای اکتشافی نسبتاً جدیدی شکل گرفت که عموماً به صورت تعیین تمرکزهای آنومال عناصر ردیاب مانند As, Sb, Hg به واسطه همراهی همیشگی آنها با کانسارهای طلا، تمرکزهای بالا، توزیع همگن تر و آنالیز شیمیایی ساده تر نسبت به طلا، می باشد. هر چند ضعف این روش آن است که همه کانسارهای طلا دارای آنومالیهای عناصر ردیاب نیستند و همه مناطق آنومالی عناصر ردیاب نیز همراه با کانی سازی طلا نمی باشند. البته در طی اواخر دهه ۱۹۶۰ بسیاری تکنیکهای آنالیز شیمیایی حساس برای اندازه گیری طلا با حد تشخیص بالغ بر ۵ ppm یا کمتر در دسترس بود که در بسیاری موارد برای تشخیص تمرکزهای آنومال طلا در رسوبات آبراهه ای مناسب بودند. افزایش چشمگیر قیمت طلا در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوائل دهه ۱۹۸۰ توام با کاهش قیمت برخی دیگر از فلزات، باعث افزایش قابل ملاحظه ای در تمایل به اکتشاف طلا گردید. جذابیت اکتشاف طلا به واسطه اندازه گیری مستقیم طلا با استفاده از روشهای آنالیز نسبتاً جدید و حساس، به همراه برتری آن به واسطه استفاده مرسوم از عناصر ردیاب، چشمگیر شد.

- ژئوشیمی طلا در محیطهای سطحی

یکی از کلیدهای اکتشاف موفقیت آمیز، درک ویژگیهای کانی سازی طلای مورد پیجویی می باشد (شکل انتشار و تجمع در محیط داده شده). لذا در اینجا به بررسی مختصری در ارتباط با ژئوشیمی طلا در محیطهای سطحی یا دمای پایین می پردازیم. به طور مرسوم اعتقاد به این نظریه که طلا در محیط سطحی حل نشده و به طور مکانیکی حمل می شود تا این اواخر بر طراحی برنامه های اکتشافی جهت کانی سازی

طلا حاکم بود. در میان مقالات استرالیایی و آمریکایی مربوط به قرن نوزدهم و اوائل قرن بیستم چندین مرجع در ارتباط با پراکندگی طلا به طور شیمیایی در محیطهای سطحی وجود دارد. برای مثال معدنکاران فعلی در معدن طلای کالیفرنیا اظهار عقیده کرده اند که بخشی از طلا به وسیله انحلال و رسوب مجدد متمرکز شده است. وجود قطعات طلا در کانسارهای ابرفتی با اندازه بزرگتر از هر ذره ای که در کانی سازی اولیه (سنگ مادر) یافت می شود، همراه با عبار بالاتر طلای ابرفتی، به نظریه تشکیل طلای ابرفتی حداقل به صورت بخشی، به وسیله رسوب گذاری از محلولهای طلا دار کمک می کند. همچنین وجود اختلاف قابل ملاحظه در بسیاری حالتها بین ویژگی طلا در کانسارهای ابرفتی و رگه ای گواهی بر منشاء متفاوت این دو نوع کانی سازی می باشد. در نتیجه بسیاری شواهد به دست آمده از تاریخچه جدید ژئوشیمی از جمله موارد فوق، مؤید آن است که طلا در شرایط معین حل شده و می تواند به طور شیمیایی پراکنده شود.

تعدادی از محققین متذکر شده اند که داده های تجربی، بیانگر انحلال طلا در محلولهای شیمیایی (ممکن است در محیط هوازده تشکیل شده باشند) هستند. برای مثال انحلال کانه معدن کریل کریک در یک محلول سولفات فریک، کلرید سدیم و اسید سولفوریک و سپس رسوبگذاری در حضور مواد آلی، به وسیله کلارک (۱۹۸۰) ذکر شده است. همچنین در ارتباط با انحلال طلا، افزودن نکه های آهن دو ظرفیتی به این محلول از انحلال طلا جلوگیری می کند. همچنین انحلال طلا با مقادیر زیاد در PH پائین همراه با کلرید سدیم در حضور اکسیدهای منگنز (پیرولوزیت) خرد شده، داخل محلول های اسید

کلرید یک توسط کلوک و کلی (۱۹۶۹) گزارش شده است. علاوه بر موارد فوق بسیاری گزارشات دیگر نیز در رابطه با انحلال و رسوب طلا ارائه گردیده است.

طلا می تواند به صورت یون 1 ظرفیتی یا 3 ظرفیتی تشکیل شود، ولی Au^{+} و Au^{++} ناپایدارند. لذا در محلول های آبی عمدتاً "به صورت تنوعی از کمپلکس های آنیونی کلرید (Cl^{-1})، برومید (Br^{-1})، یدید (I^{-})، سیانید (CN^{-1})، تیوسیانات (CNS^{-1})، تیوسولفات ($S_2O_3^{-1}$) و هیدرواکسید تشکیل می شوند. سهولت اکسیداسیون طلا برای تشکیل کمپلکس آنیونی به ترتیب از کلرید، برمید، تیوسیانات، تیوسولفات، یدید و سیانید افزایش می یابد. بر اساس گزارشات موجود، کمپلکسهای سیانیدی و کلریدی دارای بیشترین اهمیت در محیطهای سطحی می باشند. اطلاعات تجربی مؤید آن است که تمایل طلا برای خارج شدن از محلول (به وسیله جذب سطحی یا احیا فلز طلا) به ترتیب در کلرید، برمید، یدید، سیانید، تیوسیانات و تیوسولفات کاهش می یابد. به ویژه کمپلکسهای آنیونی نمکی خیلی کم پایدارند و در نتیجه تحرک کمتری نسبت به کمپلکسهای سیانید، تیوسیانات و تیوسولفات دارند.

علیرغم تعداد بی شمار مشاهدات صحرائی که بیانگر مهاجرت محلول طلا دار است و تجربیات آزمایشگاهی بی شماری که بیانگر انواع محلولهایی که به طور مشابه جوابگوی مهاجرت محلول طلا دار در طبیعت هستند، کوششهای تفصیلی برای نزدیک کردن مشاهدات صحرائی با تجربیات آزمایشگاهی در صورت انجام، به تعداد خیلی کم صورت گرفته است، ولی وجود حاشیه های غنی از طلا در قطعات و ذرات بلورین طلا در مقاطع هوازده لاتریتی استرالیای غربی بیانگر انحلال، انتقال و رسوبگذاری طلا در طی لاتریتی شدن بوده است.

تحرك شیمیایی طلا در محیط سطحی بر اساس کار باکر (۱۹۷۸)، مازن (۱۹۸۴) و دیگران به انحلال و رسوبگذاری از کمپلکسهای کلریدی، تیوسولفات و مواد آلی استناد شده است. از جمله در شرایط اکسیداسیون بالا (محیط اسیدی)، محلولهای اسید کلریدریک قوی که در پروفیل‌های لاتریتی به واسطه تجزیه به وسیله محلولهای آهن دار تولید می‌شوند، عامل انحلال طلا و نقره می‌باشند. بعداً "طلای با خلوص بالا در مناطق لکه دار به وسیله احیای یون AuCl_4^- با $\text{Fe} + 2$ راسب می‌شود، در صورتیکه Ag در این محلولها به صورت AgCl پایدار است. در مقابل تحت شرایط خنثی تا بازی (شرایط اکسیداسیون معتدل) طلا و نقره به صورت کمپلکس تیوسولفات حل می‌شوند و بعداً" به واسطه اکسیداسیون، آلیاژ طلا - نقره در داخل تجمعات لایه ای اکسید (MnO_2) در سطح تراز آبهای زیرزمینی راسب می‌شوند. در این حالت طلای راسب شده دارای خلوص پایین می‌باشد. همانطور که اشاره شد کمپلکسهای آلی نیز ممکن است باعث تحرك، حمل و رسوبگذاری طلا در محیطهای سطحی شوند.

علاوه بر موارد فوق، شواهدی دال بر وقوع تحرك شیمیایی طلا در طی هوازدگی به اشکال مختلف و در نقاط مختلف جهان وجود دارد که به صورت زیر است.

- تمرکز تفریقی طلا در زون هوازده کانی سازی
- تغییرات اندازه ذرات طلا در روباره یا پروفیل هوازدگی
- افزایش خلوص طلا در پروفیل‌های لاتریتی و یا منطقه بندی شیمیایی ذرات طلا در ارتباط با منابع کانی سازی اولیه (سنگ مادر)

- شکل طلا که ممکن است به صورت بلورهای پراکنده، بافتهای قلوه ای شکل (کلونیدی) طلای متحرک که همراه با هیدروکسیدهای آهن همزمان راسب شوند، یا قطعات طلا با شکل گیاهی و قطعات طلای حاوی دانه های کوارتز تخریبی باشد.

دو نوع اصلی کانسارهای طلا که تشکیل آنها به عنوان نتیجه تحرک، انتقال و تمرکز در محیطهای سطحی پیشنهاد شده است، شامل کانسارهای طلای لاتریتی و سوپرژن است. چنین کانسارهایی ابتدا تحت شرایط هوازدگی لاتریتی گرمسیری تشکیل شده اند و بعداً "در طی شرایط مختلف آب و هوایی و ژئومورفولوژی تغییر شکل یافته اند.

- رسوب شناسی طلا در رسوبات آبراهه ای

به طور کلی فرض می شود رسوبات آبراهه ای معرف ژئوشیمی حوضه های بالادست محل نمونه ها هستند. معمولاً "ملاحظه می شود که نقطه ای با مقادیر فلزی ماکزیمم نزدیک به منبع آنومالی است و نقطه شروع پیگیری اکتشاف را فراهم می کند.

یک مدل رقیق شدگی در جهت جریان برای پروژه های نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای به وسیله هاوکز (۱۹۷۶) به صورت زیر بیان شده است.

$$Mem Am = Aa(Me a - Meb) + Am Meb$$

که در آن

Am: مساحت کانی سازی

Mem: محتوی فلزی کانی سازی

Aa: مساحت حوضه آبریز بالادست محل نمونه آنومالی

Mea: محتوی فلزی در محل نمونه آنومالی

Meb: محتوی فلزی زمینه

می باشد.

هر یک از این اصطلاحات در شکل (۳-۶a) نشان داده شده است. این مدل رقیق شدگی همواره انتشار آنومالی از نقطه شروع در جهت جریان را در برمی گیرد. شکل (۳-۶a) مدل فوق بر اساس فرضهای نرخ یکنواخت فرسایش، مقدار زمینه یکنواخت، عدم تغذیه متقابل بین آب و رسوب، عدم وجود خطا در نمونه برداری، وجود یک منبع آنومالی و عدم وجود آلودگی پایه ریزی شده است. علاوه بر این، در یک دامنه (فراکسیون) دانه بندی موجود، اجزا مختلف رسوبات باید با سرعت و بدون جورشدگی حمل شوند. اگر چه وزن مخصوص بالای طلا در مقایسه با کانیهای با وزن مخصوص کمتر، باعث حمل کمتر آن می شود، بنابراین طلا تمایل به تمرکز در محیطهای مناسب از نظر رسوبگذاری در بستر رودخانه دارد. از نظر ژئوشیمیستهای اکتشافی چنین غنی شدگیهای تفریقی می توانند مفید (بزرگ شدن آنومالی) یا مضر باشند، به طوریکه طبیعت متحرک مناطق آنومال با اصول مقدماتی حاکم بر الگوهای انتشار رسوبات رودخانه ای (مانند مدلی که تشریح شد) در تضاد است و به واسطه این موضوع طراحی و تفسیر پیمایشها پیچیده می شود.

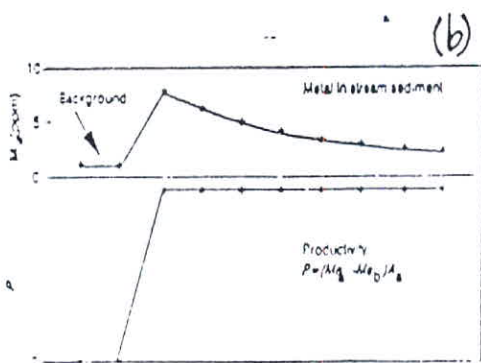
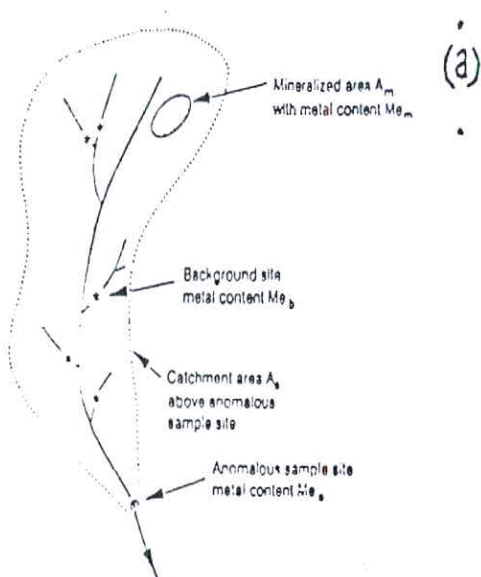
محلهای تجمع کانی سنگین به وسیله اسلینگرلند (۱۹۸۴) بر اساس مقیاس بندی در امتداد پروفیل طولی رودخانه به صورت مقیاس بستر (۱۰ متر)، مقیاس بند آب (۱۰۲ متر) و مقیاس سیستم (۱۰۴ متر) طبقه بندی شد جدول شماره (۳-۱۰). همچنین برخی از محلهای مناسب تجمع کانیهای سنگین به خصوص نقاط کنترل کننده تجمع طلا در شکل (۳-۷) آورده شده است که همگی این موارد با مدل رقیق طبیعی در جهت جریان در تضاد هستند.

تجمع کانیهای سنگین در مقیاس بستر و بندآب می تواند به عنوان منابع تغییرپذیری محلی نمونه برداری در نظر گرفته شود. فرآیندهای در مقیاس سیستم، عکس العمل تجمعی به فرآیندهای در مقیاس بستر و بندآب می باشد که در امتداد مقطع طولی رودخانه در ارتباط با تغییرات شیب و آبدهی رودخانه عمل می کند. [۱۲]

جدول ۳-۱۰- محللهای مشاهده شده تجمع کانی سنگین در سیستمهای آبراهه ای

مقیاس سیستم (۱۰۴ متر)	دماغه بادبزنیهای ابرقی، نقاط واقع در عرض شدگی ناگهانی دره، نقاط خروجی رودخانه های مرتبط با زمینهای مرتفع در محل ورود به جلگه های پست
مقیاس آب بند (۱۰۲ متر)	پهلوهایی مفریجهای تند رودخانه، سواحل محدب، ماندرهای رودخانه، دماغه آب بندهای (پشته های) داخل کانال، آب بندهای تیز (نوک دار) با گردابه های کوچک مکشی، چاله های فرسایشی مخصوصاً در محل ورود شاخه های فرعی به شاخه اصلی، کانالهای داخل سنگ بستر، برآمدگی (خمیدگی) سطح سنگ بستر
مقیاس بستر (۱۰ متر)	رخنمون قاعده های فرسایش یافته مجموعه های چینه بندی متقاطع، قله (نوک) غربال شده پشته های شن، پاشنه های رخنمون پینه بندیهای مایل در بستر رودخانه، انباشتهای شکتهی شکل تپه های ماسه ای، ستیغهای تپه ماسه ای (تلماسه)، چینه بندیهای مایل تپه ماسه ای، لایه های نازک مسطح، شیب (پهلوی) خلاف جهت جریان موانع داخل رودخانه

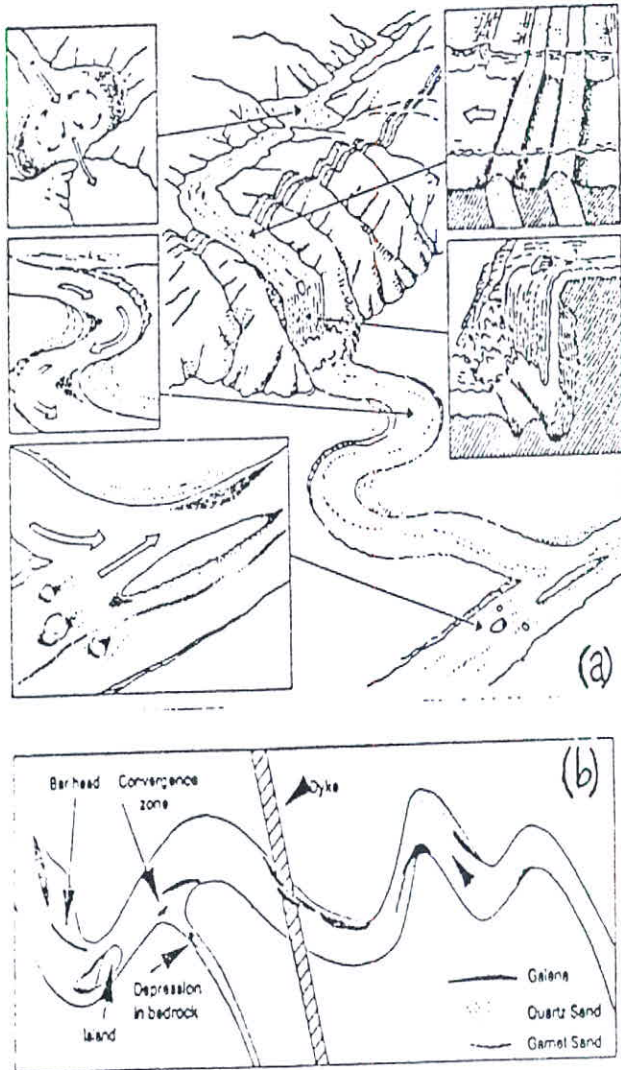
اگر حرکت ذرات طلا متوقف شود (رسوبگذاری) یا آنکه کانیهای دیگر تحت شرایط مختلف تا باقی ماندن رسوبات حاوی ذرات طلا، به وسیله جریان آب فرسایش یابند (فرسایش)، تجمع ذرات طلا در روی بستر رودخانه تشکیل خواهد شد. فرآیندهایی که در طی رسوبگذاری یا فرسایش رسوب، ذرات را دانه بندی می کنند به



شکل شماره (۳-۶) - (a) مدل رقیق شدگی آنومالی و تعریف پارامترهای آن

(b) منحنی رقیق شدگی و باروری

ترتیب عبارتند از ته نشینی و دانه بندی تدریجی ، ذرات کانی که علیرغم اختلاف در خواص فیزیکی همراه با هم روی بستر رودخانه راسب می شوند. بیانگر تعادل ته نشینی یا دانه بندی تدریجی آنها می باشد. تعادل ته نشینی برخی مواقع به عنوان تعادل



شکل شماره (۳-۷) - (a) محل‌های مناسب تجمع کانیهای سنگین در سیستم آبراهه ای

(b) محل‌های مناسب تجمع کانیهای سنگین در بستر آبراهه ای

هیدرولیکی نیز شناخته می شود. به طور مشابه فلتر و دیگران (۱۹۹۲). با اشاره به ذراتی که علیرغم اختلاف در خواص فیزیکی، دارای سرعت‌های حمل واقعی یکسان هستند، این موضوع را بیانگر تعادل انتقال دانستند. آنها نشان دادند که کانیهای سنگین با سرعت‌های یکسانی همراه با ذرات بزرگتر کانیهایی با دانسیته کمتر، حمل می شوند.

نقش فرآیندهای دانه بندی در توسعه پلاسره‌های آبراهه ای به وسیله افراد زیادی بحث شده است. دانه بندی همزمان با ته نشینی، وابسته به سرعت‌های نسبی ته نشینی ذرات کانی است که به وسیله معادله استوک برای کره هایی با قطر کوچکتر از 0.5 میلی متر پیش بینی می شود که با توجه به شکل، اندازه و دانسیته آنها تعیین می شود. ذرات دیسکی یا ورقه ای شکل طلا دارای سرعت‌های رسوبگذاری دو یا سه برابر کوچکتر از ذرات کروی طلا با جرم یکسان هستند. بر اساس نتایج رسوبگذاری، ذرات کوچک با دانسیته بالا همراه با ذرات بزرگتر با دانسیته کمتر راسب می شوند (شکل شماره ۳-۸). به طور عکس اگر شکل یا اندازه ذرات کانیهای سنگین باعث کاهش سرعت رسوبگذاری نسبت به بخش عمده رسوب در حال حمل شوند، ذرات فوق تمایل خواهند داشت که در بخشهای بالای ستون آب حمل شوند. در نتیجه تمرکزهای بالایی ممکن است در رسوبات دشت سیلابی در مقایسه با رسوبات کانال اصلی رودخانه یافت شود، این موضوع به ویژه ممکن است توجیه کننده رفتار پولکهای خیلی ریز طلای قشری باشد. پس دانه بندی تدریجی (یا رسوبگذاری تاخیری) بر اساس اندازه ذرات به همان خوبی دانسیته، دانه بندی می کند و تمایل به محدود کردن اختلاف اندازه بین کانیهای سبک و سنگین که در بستر باقی مانده اند، دارد. البته در این میان باید به اثر حمایتی که به موجب آن قطعات بزرگ، ذرات کوچک را در برابر جریان آشفته محافظت می کنند، نیز توجه داشت.

رفتار کانیهای سنگین در میان رسوبات در حال حمل تابع پارامترهای زیادی می باشد که برخی از آنها تا اینجا مورد بحث قرار گرفتند. امروزه رفتار کانیهای سنگین

عموما" به وسیله مدل‌های دانه بندی همزمان با حمل بر اساس پارامترهای مختلف پیش بینی می شوند. به طور کلی این پارامترها عبارتند از:

- خواص فیزیکی ذره (شکل، اندازه و دانسیته)

- ویژگی‌های بستر (خصوصاً ناهمواری و توانائیش برای حمایت از ذرات در برابر جریانهای کاملاً آشفته)

- شرایط هیدرولیکی کانال اصلی (پهنا، عمق و شیب کانال، سرعت جریان، آبدهی و افت انرژی به واسطه اصطکاک با بستر و کناره ها)

ناهمواری زیاد بستر یا وجود فضاهای بزرگ در بستر آبراهه، علاوه بر اینکه محل‌های مناسبی را برای تجمع ترجیحی کانیه‌های سنگین ایجاد می کنند، باعث می شوند تا طلای درشت دانه در مقایسه با طلای ریز دانه با احتمال بیشتری به دام بیفتد و همچنین طلا به واسطه دانسیته بالای آن، به مقدار زیادی در مقایسه با کانیه‌های سنگین دیگر مثلاً "مگنتیت گرفتار شود. البته وقتی که ناهمواری بستر کاهش می یابد (مثلاً در اثر پر شدن فضاهای خالی به وسیله خود کانیه‌های سنگین)، توانایی بستر برای به دام انداختن انتخابی کانیه‌های با دانسیته بالا، به طرف ذرات با اندازه های کوچکتر آنها تغییر می یابد.

پهنای آبراهه های طبیعی معمولاً در اطراف موانع، منادرها متغیر است و در طول مسیر دارای شاخه های فرعی هستند. چنین تغییراتی در شکل بستر آبراهه، می تواند گردان فشار در سیال ایجاد کند و سبب تفکیک جریان آب شود. گرداب و آشفتنگی همراه با تفکیک جریان آب، غربال مواد سبک و توسعه رسوبگذاری تاخیری کانی های سنگین همراه با منطقه بندی تمرکز را افزایش می دهد. (شکل ۳-۹)

تغییرات تمرکز طلا در امتداد پروفیل طولی رودخانه، انعکاسی از تعادل بین رقیق شدگی آنومالی در جهت جریان و اثرات تجمعی کاهش شیب و افزایش آبدهی روی فرایندهای مساعد برای تجمع طلا خواهد بود. وقتی شیب در امتداد پروفیل طولی رودخانه کاهش می یابد. با توجه به توزیع ابعاد ذرات طلا و کانیه‌های سبک، در یک نقطه در صورتی که شرایط برای تجمع ترجیحی طلا و دیگر کانیه‌های سنگین مطلوب باشد، ممکن است غنی شدگی رخ دهد. کانسارهای طلای پلاسری که نسبت به سنگ مادر خود در پایین دست رودخانه تشکیل می شوند. نمونه بارزی از وضعیت فوق می باشند. این الگوی توزیع به وضوح با مدل کلاسیک رقیق شدگی در جهت جریان برای آنومالیهای ژئوشیمیایی، تناقض دارد.

رسوبات تاخیری قلوه سنگی و کانال‌های باریک شده نیز به عنوان کنترل کننده‌های تجمع طلا در کانسار پلاسری قدیمی وایت واترزند تشخیص داده شده اند. در پلاسرهای قدیمی و جدید، معمولاً "بیکره (چهار چوبه) قلوه سنگی در مقایسه با ماتریکس نگهدارنده آنها، حاوی مقادیر طلای بالایی می باشد. بیکره‌های قلوه سنگی می توانند نتیجه غربال وسیعی ماتریکس آنها در مدت یک زمان طولانی باشد و یا اینکه وقوع سیلابها می تواند همه عناصر بستری را حرکت دهد و ماتریکس ماسه ای بر اثر شستشو به وسیله آب خارج شود. فضاهای خالی در بیکره قلوه سنگی به سرعت با ذرات ریز با حداکثر وزن مخصوص و ابعاد که سیلاب قادر به حرکت دادن آنها می باشد، پر می شود. بسترهای بالا آمده سیلابی در بسیاری از آبراهه ها نیز می توانند دارای چنین شرایطی برای تجمع کانیه‌های سنگین باشند. به عنوان نتیجه

بحث بالا، تئوری پیش بینی می کند که فضاهای خالی باید تله های جالبی را برای طلا تشکیل دهند.

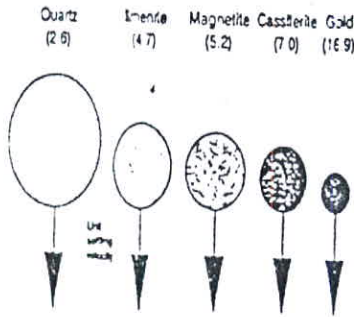
رفتار ذرات خیلی ریز در حد اندازه سیلت نیازمند بررسی بیشتر است. قسمت اعظم چنین رسوبی از روی بستر آبراهه به صورت سوسپانسیون عبور خواهد کرد و بخش کمی به صورت بار ستبری حمل می شود که ممکن است باعث تجمع تفریقی ذرات سنگین آن شود. از دیدگاه تئوری، ذرات ریز با هر دانسیته ای که وارد سیستم شود، به طور مؤثری از حرکت می افتند و راسب می شود. این موضوع با در نظر گرفتن فاکتور حمایتی که تشریح شد، مطرح می گردد. اما در بستر، از رسوبگذاری تاخیری آنها به طور خیلی مؤثر جلوگیری می شود. لذا غنی شدگی ذرات خیلی ریز را کاهش می دهد.

۳-۱-۸- روشهای آنالیز طلا

با توجه به اهمیت تکنیکهای آزمایشگاهی که برای آنالیز نمونه های ژئوشیمیایی جهت تعیین میزان طلای آنها به کار برده می شود و مشکلاتی که اتخاذ روش آنالیز نامناسب به دنبال خواهد داشت، ضرورت ایجاد می کند تا روشهای آنالیز طلا مطرح و مورد بررسی قرار گیرد.

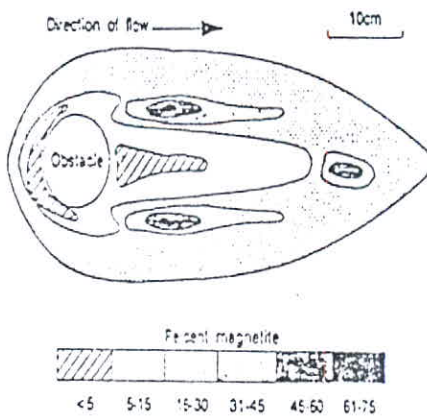
روشهای آنالیز متنوعی برای تعیین طلا در دسترس است. روش تجزیه حرارتی قدیمی ترین روش تعیین عیار طلا می باشد. اما در حال حاضر روشهای خیلی دقیق که بعضاً "تلفیق تجزیه حرارتی و به دست آوردن دانه طلای تغلیظ یافته و سپس انحلال آن در حلال ویژه و آنالیز توسط روشهای جذب اتمی می باشد، معمول شده است.

تکنیکهای اصلی آنالیز طلا در جدول (۳-۱۱) آورده شده است. [۸]



شکل (۳-۸) - قطرهای نسبی ذرات کروی کانیه‌های سنگین انتخابی که دارای سرعت ته نشینی

یکسانی با ذره کوارتزی که دارای سرعت ته نشینی واحد می باشد.



شکل (۳-۹) - منطقه بندی تمرکز مگنتیت که در اطراف یک مانع تشکیل می شود. محتوی عادی

مگنتیت در ابراهه ۹ درصد می باشد.

بیشتر روشهای آنالیز طلا همانطور که در جدول فوق مشاهده می شود، مبتنی بر آزاد نمودن طلا و سپس تغلیظ آن می باشد، در نهایت محلول تغلیظ یافته با وزن سنجی یا جذب اتمی و روشهای دیگر اندازه گیری می شود.

برای انحلال نمونه پودر شده و آزاد نمودن طلا دو روش وجود دارد.

- ذوب و انحلال (تجزیه حرارتی)

- انحلال اسیدی

روش ذوب و انحلال همان روش تجزیه حرارتی می باشد که معمولاً "بیشتر برای روش وزن سنجی کاربرد دارد. علاوه بر این، با استفاده از این روش، انحلال و جداسازی طلا در نمونه صورت گرفته و سپس با استفاده از روشهای دیگر، میزان طلا اندازه گیری می شود (جدول ۳-۱۱). در این روش نمونه را با کمک ذوب، حرارت می دهند تا نمونه کاملاً ذوب شود و سپس توسط اسید نیتریک و یا تیزاب سلطانی (سه قسمت اسید کلریدریک و یک قسمت اسید نیتریک) حل می کنند.

در روش دوم نمونه را در تیزاب سلطانی یا اسید برومیک ($\text{HBr} - \text{Br}_2$) حل می کنند و برای جدا نمودن طلا پس از انحلال اسیدی از حلالهای آلی مانند تولوئین، متیل ایزوبوتیل کتن (MIBK)، دی بوتیل سولفید (DBS)، آستات بوتیل و ... استفاده می نمایند. یکی از محاسن حلالهای مذکور این است که از تداخل عناصر همراه با طلا جلوگیری می کنند. پس از جداسازی، محلول طلا را می توان توسط روشهای مختلف مخصوصاً "جذب اتمی اندازه گیری کرد. در ادامه به شرح مختصر روشهای اندازه گیری طلا می پردازیم.

۱- روش تجزیه حرارتی (Pb-FA)

این روش به دو صورت تغلیظ طلا در سرب و آنالیز آن با دستگاه جذب اتمی و

تغلیظ طلا در سرب و وزن سنجی انجام می پذیرد.

روش تغلیظ طلا در سرب و آنالیز آن با دستگاه جذب اتمی هم اکنون در

آزمایشگاه معدن طلای موده اصفهان مورد استفاده قرار می گیرد و یکی از شناخته

شده ترین روشهای آنالیز طلا در ایران می باشد. با توجه به اینکه بخشی از

نمونه ها در این پروژه با این روش آنالیز شده است ، لذا در ادامه به تشریح این روش

آنالیز می پردازیم.

- ۵۰ گرم از نمونه جامد بودر شده را با کمک ذوب (شامل کربنات سدیم، برآکس،

لیتارژ، آرد و نیترات نقره به نسبتهای معین) مخلوط می کنند.

- مخلوط حاصل را در درون بوتله ای از جنس خاک نسوز می ریزند و سپس بوتله درون

کوره گذاشته می شود که حرارت اولیه آن حدود ۸۰۰ درجه سانتی گراد است. سپس

حرارت کوره به طور ملایم در طول ۴۵ دقیقه به حدود ۹۵۰ درجه سانتی گراد رسانده

می شود. پس از ۱۵ دقیقه بوتله بازبینی می شود و بیرون از کوره تکان داده می شود تا

ماده مذاب کاملاً مخلوط شود و دوباره بوتله درون کوره گذاشته می شود.

- بعد از ۱۵ دقیقه بوتله را خارج می کنند و ماده مذاب را درون ظرفی مخروطی شکل

می ریزند(در اینجا ذوب قلیایی است و لیتارژ به کار برده شده در کمک ذوب در اثر احیا

به صورت سرب فلزی در می آید. این سرب تمام فلزات گرانبها را به خود جذب می کند

و به علت سنگینی بیشتر در ته ظرف مخروطی جمع می شود.)

- پس از سرد شدن ، محصول ذوب را بر روی میز فلزی خالی می کنند با ضربه چکش سرباره را که در قسمت بالای محصول ذوب وجود دارد، جدا می کنند.
- سرب حاصل را با چکش می کوبند تا تمام سرباره جدا و سرب را به شکل مکعب مستطیل درآورند و سپس به قسمت کوپلاسیون ارسال می کنند.
- در قسمت کوپلاسیون به سرب حاصل ، مقداری ورقه نقره ای خالص (عاری از طلا) اضافه می شود.
- ابتدا کوپل (پودر استخوان سوخته شده که با آب مقطر مخلوط و قالب می زنند و گاهی کوپل از منیزیت به اضافه مقدار کمی سیمان ساخته می شود، خاصیت آن جذب سرب به اندازه وزن خود کوپل است) را در درون کوره کوپلاسیون گذاشته و حداقل به مدت ۳۰ دقیقه در درجه حرارت ۸۰۰ - ۷۰۰ درجه سانتی گراد پیش گرم می کنند تا تمام ناخالصی و گازهای موجود در آن از بین برود.
- سپس درجه حرارت را به ۹۵۰ - ۹۰۰ درجه سانتی گراد رسانیده و سرب همراه با نقره را در داخل کوپل می گذارند و درب کوره را می بندند. پس از ۳۰ - ۲۰ دقیقه درب کوره را کمی باز می گذارند تا سرب اکسید شده و بصورت بخار اکسید سرب خارج گردد. بنابراین مقداری از سرب جذب کوپل شده و مقداری نیز تصعید می شود.
- جسمی که در پایان فرآیند کوپلاسیون باقی می ماند، دانه نقره ای همراه طلا است که پس از جداسازی و تمیز نمودن به قسمت اسید شویی فرستاده می شود.
- دانه نقره ای را درون لوله آزمایش حاوی ۵/۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ انداخته و حرارت می دهند تا نقره به وسیله اسید نیتریک حل شود.
- پس از اتمام واکنش، لوله آزمایش در هوای اتاق سرد می شود.

- یک میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ به لوله آزمایش افزوده می شود. لوله آزمایش را به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق می گذارند تا واکنش انجام گیرد و کلرور سفید رنگ نقره رسوب کند و محیطی تیزابی برای انحلال طلا آماده می شود.

- ۸/۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه می کنند و سپس توسط دستگاه جذب اتمی به نام واریان غلظت طلا را مشخص می کنند. حد حساسیت در این روش ۰/۱ ppm است.

مراحل اولیه روش تغلیظ طلا در سرب و وزن سنجی آن تا مرحله کوپلاسیون مانند روش فوق می باشد. در ادامه دکمه نقره و طلای حاصل از کوپلاسیون را ابتدا وزن نموده و سپس با استفاده از اسید نیتریک، نقره آن حل می شود و محصول باقیمانده با آب مقطر شسته می شود. طلای موجود در محصول شستشو شده، وزن می شود و در نهایت محاسبه نهایی وزن طلا و نقره در کل نمونه صورت می گیرد. حساسیت این روش ۱۰۰ ppb است.

همانطور که مشاهده می شود، هر دو روش تجزیه حرارتی دارای حد حساسیت ۱۰۰ ppb هستند که برای خیلی از برنامه های اکتشافی به خصوص در مقیاس کوچک نامناسب می باشند. روشهای جذب اتمی با حد حساسیت ۱-۴۰ ppb (بر اساس شرایط آزمایش) شامل یک تجزیه حرارتی ابتدایی به طرق مختلف یا انحلال اسیدی با ترکیبات مختلف و سپس در ادامه تخمین عیار طلا به وسیله جذب اتمی می باشد. در ادامه به شرح مختصری از این روشها می پردازیم.

۲- روش جذب اتمی با شعله (F-ASS)

اصولاً "جذب اتمی یکی از دقیق ترین روشهای اندازه گیری طلا می باشد، می توان با استفاده از روش تجزیه حرارتی (ذوب و انحلال) یا انحلال اسیدی و در ادامه

جداسازی توسط حلالهای آلی، طلا را آزاد و به صورت محلول درآورد و با دقت نسبتاً خوبی اندازه گیری نمود. مخلوطی از هوا - استیلن بهترین سوخت برای شعله می باشد. وزن زیر نمونه تجزیه ای و دقت این روش در جدول (۳-۱۱) آورده شده است.

۳- روش جذب اتمی کوره گرافیتی (FG - AAS)

در این روش یک واحد گرافیتی (کوره گرافیتی) جانشین شعله می گردد. نمونه را در تیزاب سلطانی یا اسید برومیک ($HBr - Br_2$) حل نموده و برای جدا نمودن طلا از محلول، حلالهای آبی به کار برده می شود و بدین ترتیب تداخل عناصر همراه با طلا از بین می رود و سپس طلا توسط روش جذب اتمی کوره گرافیتی اندازه گیری می شود. در این روش، کوره گرافیتی توسط جریان الکتریکی در دمای بالا حرارت داده می شود. در طی این فرآیند، نمونه ابتدا خشک شده و سپس به حالت اتمی در می آید و نهایتاً اندازه گیری صورت می گیرد. دقت این روش نسبتاً بالا و در مرز پائینی از میلی گرم در تن (ppb) است. وزن زیر نمونه تجزیه ای و دقت این روش در جدول (۳-۱۱) آورده شده است.

۴- روشهای رادیواکتیو (INNA , NNA)

در روشهای رادیواکتیو نمونه ها توسط جریانهای نوترونی بمباران می شوند و عناصر به حالت ایزوتوپی در می آیند. نهایتاً عیار طلا برحسب نمونه های شاهد اندازه گیری می شود. در این روشها منبع انرژی و دما کالیفرنوم (CF) ۲۵۲ می باشد. روشهای آنالیز تحریک نوترونی به دو صورت دستگاهی (INNA) و غیردستگاهی (NNA) می باشند. وزن زیر نمونه تجزیه ای و دقت این روشها در جدول (۳-۱۱) آورده شده است. [۸]

علاوه بر روشهای فوق، یک سری روشهای دیگر آنالیز جذب اتمی برای عنصر طلا وجود دارد که در جدول (۳-۱۱) به همراه برخی مشخصات آنها، آورده شده است. یک روش بسیار حساس با حد تشخیص 0.2 ppb به وسیله کسی و وانگ (۱۹۹۱) توصیف شد که شامل انحلال نمونه های $20-10$ گرمی در تیزاب سلطانی و در ادامه تغلیظ به وسیله زغال فعال یا اسفنج پلی اورتان و تخمین بوسیله طیفسنجی نشری (ES) یا کوره گرافیت (GF- AAS) می باشد.

در آبهای طبیعی طلا به مقدار ناچیز قابل حل است و محتوی طلای حل شده در یک لیتر یا بیشتر آب، می تواند پس از تبخیر (مک هیوج ۱۹۸۴)، مبادله یونی (مک هیوج ۱۹۸۶) یا جذب بر روی زغال فعال شده (هامیلتون و دیگران، ۱۹۸۲). هال و دیگران (۱۹۸۶) اندازه گیری شود.

تمرکزهای طلا تا کمتر از 0.001 ppb در آب می تواند تعیین شود. در روشهای جدید اکتشاف هیدروژنوشیمیایی طلا، تکنیکهای آنالیز NAA و GF- AAS با حد حساسیت 1 ppb (میکرو گرم بر تن) برای نمونه های آبی به کار می روند.

یک روش مخصوص اندازه گیری طلا اخیراً "در نواحی بیابانی استرالیا با هدف افزایش معرفیت نمونه، استفاده می شود. این روش با نام BLEG (شستشوی بلوکی طلای استخراجی) شامل شستشوی سیانیدی نمونه بزرگ ($5 \text{ Kg} - 0.5$) از توده مواد استخراجی می باشد، در ادامه محتوی طلا با مواد حلال یا رسوب به وسیله نقره، تغلیظ شده و با روش جذب اتمی اندازه گیری می شود.

جدول (۳-۱۱)- روشهای معمول برای تعیین طلا در مواد زمین شناسی

روش انحلال	روش آنالیز	حد حساسیت (PPb)	وزن (gr)
Pb- FA	F- AAS	۵	۱۰-۳۰
	DCP- or ICP-ES	۱	۲۰
	NAA	۱	۲۰
	ICP-MS	۱	۱۰
	AFS-ICP	۲	۲۰
Nis- FA	NAA	۱	۲۵
	MS-ICP	۱	۲۵
AR or HBr - Br ₂	GF - AAS	۱	۱۰
	INNA	۵	۱۰-۳۰

Pb- FA : تجزیه حرارتی سرب

Ni- FA : تجزیه حرارتی سولفید نیکل

AR : تیزاب سلطانی

F- AAS : اسپکترومتری جذب اتمی شعله ای

AAS-FG : اسپکترومتری جذب اتمی کوره گرافیتی

ICP : پلاسمای جفت القایی

AFS : اسپکترومتری فلورسانس اتمی

DCP : پلاسمای جریان مستقیم

NAA : آنالیز تحریک نوترونی

ES : اسپکترومتری نشری

INNA : آنالیز تحریک نوترونی دستگاهی

MS : اسپکترومتری جرمی

۲-۳- تیتانیوم

۳-۲-۱- مقدمه

تیتانیوم از کلمه "Titan" که رب النوع قدرت در یونان قدیم بوده است، برگرفته شده است که فلزی به رنگ خاکستری - نقره ای با عدد اتمی ۲۲ است و در دوره چهارم و گروه دوم عناصر واسطه جدول مندلیف قرار دارد. از لحاظ فراوانی نهمین عنصر طبیعی و بعد از آلومینیوم، آهن و منیزیم چهارمین فلز صنعتی فراوان در پوسته زمین به شمار می رود.

با توجه به آرایش الکترونی و جایگاه تیتانیوم در جدول تناوبی عناصر شیمیایی، تیتانیوم تمایل لیتوفیلی دارد و آرایش الکترونی آن $[Ar] 3d^4 4s^2$ می باشد و با جرم اتمی ۴۷/۹ با عناصر زیر کربنیم، هافنیم و توریم هم گروه می باشد. از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی این چهار عنصر با هم شباهت دارند. تیتانیوم در ظرفیتهای ۳ و ۴ پایدار است و اکثر ترکیبات آن به صورت اکسیدی است و این ترکیبات اغلب خاصیت بازی و گاهی آمفوتری دارند.

فراوانی تیتانیوم در لیتوسفر قاره ای بعد از عناصر Si، O، Al، Fe، Ca، Mg، K، Na با میانگین درصد وزنی $1^{\circ} - 1/1^{\circ}$ می باشد. جدول (۳-۱۲) میانگین درصد وزنی فراوانی تیتانیوم و TiO_2 را در لیتوسفر و سنگهای تشکیل دهنده آن نشان می دهد.

مقدار تقریباً "زیادی از تیتانیوم موجود در بیوتیت در بین ورقه ها و سطح کلیواژ قرار گرفته و مقداری دیگر جایگزین آهن شده است. تیتانیوم در منیتیت به صورت محلول جامد جانشین آهن موجود می شود.

جدول (۱۲-۳) - میانگین درصد وزنی فراوانی Ti در بخشهای مختلف لیتوسفر

TiO ₂ (%)	Ti(%)	بخشهای مختلف لیتوسفر و سنگهای تشکیل دهنده
۱/۱	۰/۶۲	کل لیتوسفر (به جز قشر رسوبی)
۱	۰/۶	لیتوسفر قاره ای (به جز قشر رسوبی)
۱/۲	۰/۷	بازالتی
۰/۶	۰/۳۳	گرانیتی
۰/۶۵	۰/۳۵	رسوبی (به جز ولکانیک)
۰/۳	۰/۱۷	گرانیت
۰/۷	۰/۳۸	گرانودیوریت
۰/۹۵	۰/۶	سنگهای حد واسط
۱/۳	۰/۸	سنگهای بازیک
۰/۶۷	۰/۳۵	سنگهای اوتربازیک
۰/۶۹	۰/۳۸	شیل
۰/۵۳	۰/۳۰	سنگهای رسوبی ماسه سنگ
۰/۱۸	۰/۱۲	سنگهای کربناتی

همچنین محدوده تغییرات مقدار Ti کانیهای معمول در سنگهای آذرین مطابق

جدول (۱۳-۳) است.

جدول (۱۳-۳) فراوانی Ti در کانیهای موجود در سنگهای آذرین

کانیهای معمول در سنگهای آذرین	درصد فراوانی تیتانیوم
بیوتیت و منیتیت	$0.9 < X$
آمفیبول ها ، پیروکسن ها ، اپیدوت ، گرونا ، مسکویت و توررمالین	$0.1 < X < 0.9$
الیون ، فلدسپات ، پتاسیم و زیرکن	$0.01 < X < 0.09$
پلازیوکلاز و کوارتز	$X < 0.01$

مقدار تقریباً زیادی از تیتانیوم موجود در بیوتیت در بین ورقه ها و سطوح کلیواژ

و مقداری دیگر جایگزین آهن شده است. تیتانیوم در منیتیت به صورت محلول جامد

جانشین آهن موجود می شود.

تیتانیوم عنصری است که تمایل بیشتری به تمرکز دارد. اینگونه عناصر که تمایل

به تمرکز نشان می دهند دارای خصوصیات منحصر به فردی می باشند که عبارتند از :

- پایداری کمپلکسهای مهاجرشان کم است.

- نقطه ذوب و جوش بالا دارند.

- پتانسیل یونی (Z/r) متوسطی دارند و به سختی متحرک می شوند.

- ظرفیت متوسط ۳ و ۴ دارند.

- شعاع یونی متوسط و گاهی هم کوچک دارند.

- عدد اتمی ، وزن اتمی و عدد کوردینانس زوج دارند.

تیتانیوم دارای پنج ایزوتوپ است که عبارتند از Ti^{50} ، Ti^{49} ، Ti^{48} ، Ti^{47} ، Ti^{46}

که فراوانترین آنها Ti^{48} می باشد. ضریب تمرکز تیتانیوم پائین بوده و در حدود ۲۰ برابر

کلارک آن است.

همانطوریکه در جدول (۳-۱۲) مشاهده می شود ، بیشترین تمرکز به صورت

تیبیک در سنگهای بازیک از جمله گابروها ، هورنبلندیت ها ، پیروکسنیت ها و سنگهای

آلکالن سری آکپائینی می باشد.

از نظر کانی شناسی هر چند که تاکنون بیش از ۷۰ نوع کانی تیتانیوم دار مورد

شناسایی واقع شده است ، اما در حال حاضر تعداد محدودی از کانیهای تیتانیوم

اقتصادی می باشند ، مهمترین کانیهای اقتصادی تیتانیوم عبارتند از ایلمنیت ($FeTiO_3$) ،

روتیل (TiO_2) ، آناتاز (TiO_2) و از دیگر کانیهای تیتانیوم می توان به

جیکی الیت ($MgTiO_3$) ، پیروفانیت ($MnTiO_3$) ، بورکیت (TiO_2) ، پروسکیت ($CaTiO_3$) ،

اسفنی ($CaTiSiO_5$) و بنتونیت ($BaTiSi_3O_{10}$) اشاره کرد.

کانیهای تیتانیوم در مقابل هوازدگی مقاوم بوده و در پلاسرها با تمرکز قابل ملاحظه ای تشکیل می شوند. کانی دیگری به نام تیتانومگنتیت موجود است که محلول جامد تیتان و آهن است و استخراج ایلمنیت از آن زمانی ممکن است که اندازه دانه های ایلمنیت بیش از 0.3 میلی متر باشد.

تیتانیوم همچنین به مقدار جزئی از لوکوکسن استخراج می شود که محصول نهایی آلتراسیون ایلمنیت و اسفن (ایلمنیت لوکوکسن بالای ۹۶ درصد TiO_2 و اسفن لوکوکسن دارای ۶۷ درصد TiO_2) می باشد.

ایلمنیت و اسفن که از کانیهای مهم Ti هستند، از تمرکز دهنده ترین کانیهای مولیبدن (Mo) محسوب می شوند و در سنگهای گرانیتوئید کانی متمرکز کننده وانادیوم (V)، اسکانیوم (Sc)، تیتانیوم (Ta) و نیوبیوم (Nb) می باشند.

۳-۲-۲- انواع نهشته های اقتصادی

انواع نهشته های اقتصادی تیتانیوم عبارتند از ماگمایی، پلاسری، هوازده، رسوبی آتشفشانی و دگرگون زاد.

۱- نهشته های ماگمایی

مهمترین نهشته های تجاری تیتانیوم به ماسیوهای بزرگ دارای سازند آنورتوزیتی تعلق دارند. این ماسیوها نواحی با وسعت صدها و هزاران کیلومتر را تشکیل می دهند. چین کانسارهایی در شوروی سابق، در شرق (ایالت Chita) Sayan (Maly -Tagul, Lisanska, Kruchinino)، در ماسیو Chineseilii (ایالت Chita)، کانسار LaTugue در کانادا، همچنین در سایر نواحی جهان شناخته شده است.

الف- کانسار Tagul-Maly :

این کانسار دارای کانه های ایلمنیت ، تیتانومینیت است و در ایالت ایرکاتسک قرار دارد. این کانسار به یک توده گابروی آنوتوزیتی و وسعت ۲۰۰ کیلومتر مربع محدود شده و شامل شش میدان کانه دار است که حاوی توده های کانه ای با ذخیره اقتصادی آهن و تیتانیوم است. ابعاد توده های معدنی از $100\text{m} \times 50\text{m}$ تا $850\text{m} \times 130\text{m}$ می رسد و تا عمق ۳۰۰ متر قابل ردیابی هستند. مقدار آهن در کانه ها از ۲۰ تا ۳۳ درصد و مقدار TiO_2 در تمرکزات منیتیت از ۱۲ تا ۱۶ درصد متغیر است.

ب- کانسارهای La Tugue :

این کانسار بزرگترین نهشته دارای کانه های ایلمنیت - هماتیت در جهان است و در ناحیه کبک (Quebec) قرار دارد و دارای ۱۲۵ میلیون تن کانه می باشد. این کانسار با ۸۰ درصد ایلمنیت حاوی ۳۵ درصد دی اکسید تیتانیوم و ۴۰ درصد آهن است. توده معدنی در توده آنورتوزیتی به شکل بیضوی با ابعاد $150\text{m} \times 50\text{m}$ قرار دارد. کانسار شامل سه توده کانه با شکل صفحه ای است که به تدریج در شیب ، بر ساختمان ماسیو منطبق می شود. توده معدنی اصلی در محدوده ای به وسعت یک کیلومتر مربع با ضخامت ۹۰ متر قرار دارد. توده های معدنی دارای آنکلوزیونهای زیادی از اکزنولیت آنورتوزیت هستند. کانه های عیار بالا از ایلمنیت (۷۵٪) و هماتیت (۲۰٪) تشکیل شده اند. سولفیدها (یسیریت ، کالکوپیریت و پیروتین) ، فلدسپاتها ، پیروکسنها و در بعضی مواقع بیوتیت ، کانیهای همراه هستند. مقدار TiO_2 در انواع کانه های عیار بالا از ۳۲ تا ۳۶ درصد و مقدار Fe از ۳۹ تا ۴۳ درصد متغیر است.

این کانسار به صورت یک کانسار ماگمایی تاخیری وابسته به فرآیندهای تجمع مذاب کانه باقی مانده و توده های نفوذی تزریق شده به داخل زونهای تضعیف شده تکتونیکی سنگهای آنوزتوزیتی در نظر گرفته شده است. اعتقاد بر این است که این کانسار در نتیجه فرآیندهای تفریق در مراحل ماگمایی تاخیری تشکیل شده و در نقاط تکتونیکی جایگزین شده است. در ایالت متحده آمریکا ۵۰ درصد تولید ایلمنیت از کانسار مشابهی به نام Tegavus به دست می آید که دارای ذخیره ای معادل ۱۰۰ میلیون تن با مقدار TiO_2 ۹ تا ۱۲ درصد می باشد.

۲- نهشته های پلاسری

نهشته های پلاسر به دو نوع سواحل دریایی و قاره ای تقسیم می شوند. پلاسرهای سواحل دریایی مرکب از ایلمنیت، روتیل و زیرکن کانیهای اصلی پلاسری تیتان می باشند. در میان نهشته های پلاسری تیتان به پلاسرهای دلتایی نسبت به پلاسرهای رودخانه ای اهمیت کمتری می دهند. پلاسرهای ساحل دریایی عمده عهد حاضر برای روتیل و ایلمنیت در غرب استرالیا، هندوستان، سریلانکا، سیرالئون و به مقدار جزئی در برزیل و ایالات متحده آمریکا مورد بهره برداری قرار گرفته است. ذخایر بزرگی از ماسه های ایلمنیتی در ساحل شمالی گرینلند به ساحل شرقی ماداگاسکار و در امتداد سواحل دریاچه مالووی و نیز در سواحل موزامبیک و نیوزلند پدیدار شده است.

پلاسرهای متشکل از ایلمنیت، روتیل و زیرکن سواحل دریایی به طور مشخص دارای ابعاد و ذخیره زیاد هستند. این ذخایر به صورت صفحه مانند تا لایه های عدسی شکل با ضخامت دهها متر و طول چندین ده کیلومتر می باشند. پهنای چنین نهشته هایی ممکن است تا یک کیلومتر برسد. ماسه ها در این نهشته ها معمولاً

دانه ریز یا بسیار دانه ریزند. مقدار اقتصادی ایلمنیت و روتیل در چنین پلاسرهایی از دهها تا صدها کیلوگرم در مترمکعب متغیر است.

پلاسرهایی قاره ای ایلمنیت اصولاً "به صورت رسوبات ابرفتی آلویال و پرولوویال در دوره های کواترنری ، پالئوژن و کرتاسه تحتانی دیده می شوند. توده های کانه پلاسرهایی آلویال به طور مشخصی به شکل نوار مانند بوده و به دره های رودخانه ای محدود می شوند. کانیهای معدنی در ترازهای پائین تری نسبت به مواد بسیار خرد شده دانه درشت تجمع یافته اند و ماسه دانه درشت ، گراولهای کوچک و سنگ ریزه همراه آنها حضور دارند. کانیهای پلاسرهایی قاره ای معمولاً "چند منشایی هستند (کوارتز ، فلدسپات ، کائولینیت). اندازه دانه های ایلمنیت می تواند از حدود ۰/۱ تا ۰/۲۵ میلیمتر تغییر کند که به وضوح گرد شده اند. مقدار ایلمنیت در پلاسرهایی قاره ای اقتصادی از دهها تا صدها کیلوگرم در متر مکعب متغیر است.

۳- نهشته های هوازده

پوسته های جدید و تخریب شده هوازده با کانی سازی تیتانیوم بر روی سنگهای دگرگونی تشکیل می شوند. در طی شستشوی عناصر آلکالن و تشکیل کانیهای رسی متعلق به گروه کائولینیت ، پوسته ها به تجمع کانیهای فرعی بسیار مقاوم گرایش دارند. این کانیها شامل ایلمنیت و روتیل می باشند. در این حالت دانه های کانیهای معدنی ، شکل اولیه خود را حفظ کرده و تحت تاثیر پدیده گردشگی قرار نمی گیرند. ضخامت پوسته های هوازده ممکن است از چندین متر تجاوز نماید. ایلمنیت می تواند تا میزان صدها کیلوگرم در هر متر مکعب غنی گردد. روتیل نیز ممکن است تا دهها کیلوگرم در متر مکعب غنی گردد. ترکیب کانی شناسی سنگهای مادر ، اساساً "نوع کانیها در

پوسته های هوازده را تحت تاثیر قرار می دهد. برای مثال ، پوسته های تشکیل شده بر روی ماسیو گابرو آنورتوزیت ولینو فقط حاوی ایلمنیت (۵۰۰-۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) هستند که دال بر آن است که سنگهای مادر فاقد روتیل بوده اند.

۴- نهشته های رسوبی با منشا ولکانیکی

از این نهشته ها می توان کانسار نیزنی را نام برد که در روسیه قرار دارد. این نهشته مرکب از سنگهای رسوبی و رسوبی ولکانیک پالئوزوئیک ، مزوزوئیک و سنوزوئیک است که به طور همشیب بر روی سنگ بستر پرکامبرین قرار گرفته اند. نهشته های صحرائی یاستریوف با سن دونین دارای ضخامت متغیر از چندین متر تا ۳۵ متر است. تمام ناحیه با سنگهای رسوبی ولکانوژنیک به طول تقریبی ۱۰۰km با پهناهای ۲۰ تا ۴۰ کیلومتر پوشیده شده است. جهت امتداد اصلی ، منطبق با زون گسلی در ناحیه است که دارای عملکرد ولکانیک می باشد. بالاترین مقدار ایلمنیت در توفهای خرد شده دانه درشت ، توفیتها و ماسه سنگهای توفی یافت می شود. مواد آواری در توفها یافت نمی شوند و یا اینکه اگر موجود باشند میزان آنها معادل ۱۰ درصد است. کلریت منگنز آهن دار به عنوان سیمان در مواد آواری عمل می کند و توفیتهای خرد شده بیشترین غنی شدگی ایلمنیت را دارا هستند.

اندازه دانه های ایلمنیت به طور متوسط $0/3 - 0/25$ میلی متر است و از مقدار

ایلمنیت با افزایش مواد آواری به سرعت کاسته می شود.

سنگهای با منشا ولکانیکی غنی شده با ایلمنیت احتمالاً در یک حوضه حاشیه

ساحلی تشکیل شده اند و نتیجه ای از عملکرد آتشفشانی در خشکی هستند.

۵- نهشته های دگرگون زاد

نهشته های تیتانیوم دگرگون شده و گروههای دگرگونی با این کانسارها مطابقت دارند. نهشته های دگرگون شده تیتانیوم در نتیجه دگرگونی پلاسماهای قدیمی و کانه های ماگمایی اولیه شکل گرفته اند.

ایلمنیت منیتیت توده ای عیار بالا و کانه های ایلمنیت پراکنده ، در طی دگرگونی ناحیه ای کانه های ماگمایی اولیه به خوبی تشکیل شده اند. نهشته اوتانماکی در فنلاند نمونه ای از کانسارهای اقتصادی این نوع کانی زایی می باشد که به آمفیبولیتهایی که در نتیجه دگرگونی گابروهای کانه دار تشکیل شده اند ، محدود می گردد. کانه های عیار بالای این نهشته تقریبا " حاوی ۱۲ درصد TiO_2 هستند.

نهشته های دگرگونی تیتانیوم به شیبستهای متبلور قدیمی گنایس ها ، اکلوزیتها و آمفیبولیت ها محدود شده اند. چنین نهشته هایی از دگرگونی سنگهای نفوذی ولکانیک و رسوبی غنی شده از تیتانیوم شکل گرفته اند. کلریت شیبست های پرکامبرین دارای بیش از ۲۰ درصد روتیل (هاروار در ایالات متحده آمریکا) و گنیس های پرکامبرین دارای بیش از ۲۵ درصد روتیل (پلوما - هایدالگو در مکزیک) مثالهایی از اینگونه نهشته ها هستند.

۳-۲-۳- تولید ، مصرف و قیمت تیتان

بالا رفتن قیمت کانیهای تیتانیوم ، رنگدانه ها و فلز تیتانیوم در سال ۱۹۹۵ خود انعکاسی از افزایش نسبی تقاضا بوده است ، به همین ترتیب گسترش صنایع هوافضا و ذخیره نمودن فلز تیتانیوم سبب صعود قابل ملاحظه تقاضا برای این فلز گردید. به طور

کلی افزایش تقاضا برای فلز تیتانیوم در مرحله نخست از صنایع هوافضا ناشی می شود چرا که ۶۵ درصد فلز تیتانیوم در صنایع یاد شده مورد استفاده قرار گرفته است. با یورش نیروهای شورشی در سال ۱۹۹۵ در سیرالنون عملیات بهره برداری روتیل از معدنی با ظرفیت ۱۵۰ هزار تن در سال که یکی از بزرگترین تولید کنندگان در جهان بود متوقف شد. خارج شدن سیرالنون از جمع تولید کنندگان روتیل و افزایش تقاضا برای صنایع رنگدانه و فلزی تاثیر مهمی را در افزایش قیمت کانسنگهای تیتانیوم و کنسانتره های آن داشت. در حالی که افزایش قیمت ایلمنیت رشد ملایمی داشت. تولید جهانی کنسانتره های حاوی TiO_2 در جدول (۳-۱۴) نشان داده شده است. همانگونه که از این جدول به دست می آید، کشور آمریکا با میزان ۱۰۳۰ هزار تن بیشترین مقدار کنسانتره ایلمنیت و سرباره های تیتانیوم را در سال ۱۹۹۵ تولید نموده و نروژ و استرالیا به ترتیب با ۷۵۰ و ۶۱۰ هزار تن تولید در مقامهای بعدی قرار داشته اند. لازم به ذکر است که فلز تیتانیوم بیشتر از ایلمنیت و به مقدار کم از روتیل تولید می شود.

برای مثال در سال ۱۹۸۳، ۳۷ درصد تولید سالانه جهانی فلز تیتانیوم مربوط به روتیل و ۶۳ درصد مابقی مربوط به ایلمنیت بوده است و ماده سفید رنگ دی اکسید تیتانیوم اسانسا" از ایلمنیت تولید می شود، لیکن مقادیری از روتیل نیز برای این منظور به کار می رود.

جدول (۳-۱۴) تولید جهانی کنسانتره های محتوی TiO_2

تغییرات (%)	۱۹۹۵	۱۹۹۴	کشور	
۲	۱۰۳۰	۱۰۱۰	آمریکا	ایلمنیت و سرباره های تیتانیوم
۰	۶۱۰	۶۱۱	استرالیا	
۵	۱۷۰	۱۶۲	کانادا	
۱	۱۶۰	۱۵۹	هند	
۲	۳۲۰	۳۱۵	مالزی	
۳	۷۵۰	۶۳۲	نروژ	
۳۳	۱۰۰	۷۵	آفریقای جنوبی و جمهوری اوکراین	
-۱۳	۱۷۰	۱۹۶	سایر کشورها (عمدتاً برزیل، سریلانکا و چین)	
۴/۷	۳۳۱۰	۳۱۶۰	جمع	
-	*	*	آمریکا	روتیل طبیعی
۴	۲۲۰	۲۱۲	استرالیا	
۰	۱۳	۱۳	هند	
-۶۹	۴۰	۱۳۱	سیرالئون	
۱۰	۸۰	۷۳	آفریقای جنوبی	
-۳۶	۷	۱۱	سایرین	
-۱۸	۳۶۰	۴۴۰	جمع	
۲	۳۵۷۰	۳۶۰۰	جمع کل	

* اطلاعات مربوطه منتشر نشده است.

آمار قیمت محصولات تیتانیوم در جدول (۳-۱۸) ارائه شده است. از این جدول مشخص می شود که در سال ۱۹۹۵ قیمت یک تن کنسانتره ایلمنیت استرالیا (TiO_2 ۸۰٪) برابر ۸۰ دلار آمریکا بوده است که نسبت به سال قبل ۴٪ افزایش نشان می دهد و قیمت یک تن روتیل F.O.B استرالیا به ۶۰۰ دلار آمریکا در سال ۱۹۹۵ می رسد که نسبت به سال قبل ۴۳٪ افزایش داشته است.

جدول (۳-۱۵) - قیمت محصولات Ti در سال ۹۵-۹۴

تغییر (%)	۱۹۹۵ (دلار)	۱۹۹۴ (دلار)	F.O.B		کساستره (هر تن)
			ایلمنیت	ایلمنیت	
۴	۸۰	۷۷	استرالیا	ایلمنیت	کساستره (هر تن)
۸	۳۰۰	۲۷۸	کیک	سرباره تیتانیوم	
۴۳	۶۰۰	۴۲۰	استرالیا	روتیل	
۹	۴/۳۸	۴	مفرغ اسفنجی	مفرغ اسفنجی	فلز (هر پوند)
۹	۱۰۱	۹۳	رنگدانه دی اکسید تیتانیوم و	رنگدانه F.O.B	رنگدانه F.O.B
			روتیل	روتیل	کارخانه های آمریکا

۳-۲-۴- منابع معدنی تیتانیوم در کشور

در سالهای پیش از انقلاب، تیتانیوم از مواد وارداتی بود و به اکتشاف آن توجه نمی شد. در سالهای پس از انقلاب با توجه به نیاز کشور به این ماده و قیمت بالای آن، اکتشاف مواد اولیه تیتانیوم در ردیف مواد اکتشافی اولویت دار قرار گرفت. از سال ۱۳۶۲ با استفاده از روشهای ژئوشیمی مناطق سواحل دریای مازندران، سواحل مکران، ساغند، زنجان، رودخانه بابل و اسفندقه در استان کرمان به زیر پوشش اکتشافی رفت، انباشته های ناپیچ و کم عیار که در بیشتر مواقع دشواری های کانه آرایی و استحصال نیز به همراه داشت، ارزش اقتصادی نواحی یاد شده را خدشه دار نکرد. تا این که در سال ۱۳۶۵ نواحی کهنوج که در سال ۱۳۵۴ وجود ایلمنیت در آن گزارش شده ولی به پوتنه فراموشی سپرده شده بود، مورد بررسی دوباره قرار گرفت. این بررسیها به کشف

انباشته هایی در حدود ۲/۵ میلیون تن ایلمنیت با عیار ۶ درصد در آبرفتهای رودخانه ای جنوب شهرستان کهنوج انجامید.

بررسی ها و مطالعات تکنولوژی منطقه یاد شده ، در حال حاضر در طرحی به نام طرح تجهیز معدن و احداث کارخانه فرآوری تیتانیوم کهنوج ادامه دارد. در این منطقه مجموعه سنگهای دگرگونی کوهستان بند زیارت که دارای روند شمالی - جنوبی است ، تغذیه کننده و تامین کننده ایلمنیت در ماسه های رودخانه ای شرق ، غرب و جنوب منطقه بوده و مناطق درگز ، دشت منوجان ، در باغ ، دوشاخ و دربتکان را در بر می گیرد. مطابق جدول (۳-۱۶) به جز منطقه درگز که بالاترین ذخیره و عیار را دارد ، مناطق دیگری با ذخایر چند ده میلیونی ایلمنیت با عیارهای مختلف ۲ تا ۴ درصد ایلمنیت یافت شده اند که به عنوان پتانسیلهای آینده کشور می توانند مطرح باشند. سنگ اولیه تامین کننده (آبرفتها) عمدتاً" در غرب و جنوب کوهستان بندزیارت گسترش دارند و شامل فروگابروهای ریزدانه و فروگابروهای پگماتیتهی درشت دانه درون آنها می باشند ، که در پی دگرگونی و تبلور مجدد فروگابروهای ریزدانه و ایلمنیت و یکنواختی بافت ، بهترین شرایط را برای بازیابی ایلمنیت از سنگ اولیه دارند و بخش بزرگی از ایلمنیت آبرفتها را تامین می کنند. لازم به ذکر است که درصد TiO_2 در سنگ مادر بین ۳/۱۵ - ۱/۴۴ در نوسان است و سنگ مادر تیتانیوم (فروگابروها) در مجموعه کمپلکس زیارت واقع بوده و خود مجموعه زیارت به تشکیلات کمر بند افیولیتی متعلقند که از اوایل کرتاسه تا اوایل کرتاسه پالئوسن در بخش غربی حوضه جازموریان تشکیل شده اند.

جدول (۳-۱۶) - منابع معدنی تیتانیوم در کشور

دوشاخ	منوجان	دربتکان	درباغ	درگز	نام کانسار ابرفتی
۲/۱۲	۲/۲	۰/۶ تا ۲/۳	۳/۴۵	۵/۴۶	عیار متوسط در کل منطقه
۱۹۹,۶۵۰	۱۱۵,۵۰۰	-	۴۰۴,۰۵۶	۲,۱۰۰,۵۶۱	ذخیره قطعی ایلمنیت (تن)
۱,۰۷۸,۸۰۸	۱۴۷,۰۰۰	-	۱,۲۳۴,۸۹۹	۲,۰۱۴,۹۸۹	ذخیره قطعی منیتیت (تن)
۷,۴۵۶	۷۳۵	-	۶,۱۷۵	۱۰,۰۷۵	ذخیره قطعی پتاکسید و انادیوم (تن)
-	۳,۷۵۰,۰۰۰	-	۲,۵۴۲,۱۳۵	۵,۹۲۸,۴۵۵	ذخیره احتمالی ایلمنیت (تن)
-	۵,۵۵۰,۰۰۰	-	۷,۶۱۴,۶۶۹	۷,۵۵۷,۲۲۰	ذخیره احتمالی منیتیت (تن)
-	۲۷,۷۵۰	-	۳۸,۰۷۴	۳۷,۷۸۶	ذخیره احتمالی پتاکسید و انادیوم (تن)
نیمه تفصیلی	نیمه تفصیلی	مقدماتی	نیمه تفصیلی	تفصیلی	مرحله عملیات اکتشافی

۳-۲-۵- منابع معدنی تیتانیوم در استان گلستان

همانطوریکه قبلاً گفته شد مطالعات اکتشافی جهت یافتن منابع تیتانیوم از سال

۱۳۶۲ توسط سازمان زمین شناسی صورت پذیرفت. گروه اکتشافات ژئوشیمیایی،

مطالعه شناسایی تیتانیوم در ناحیه گرگان را در سال ۱۳۶۴ در دستور کار خود قرار داد.

این مطالعات به صورت اکتشافات ژئوشیمیایی بر روی پنج گروه افقهای لاتریتی به بوکسیتی، زغال سنگ، بازالتها، ابرفتههای رودخانه ای و انواع گوناگون سنگهای آذرین و متامورفیک و رسوبی صورت پذیرفت.

حاصل این مطالعات به اختصار برای هر گروه به شرح زیر می باشد:

۱- افقهای لاتریتی - بوکسیتی

الف - نشانه تیتانیوم شیرین آباد - سیاه رودبار

این نشانه در انتهای دره زرین گل در جنوب شرقی علی آباد گرگان قرار دارد که در شمال غربی آن روستای شیرین آباد واقع شده است. پس از رسیدن به شیرین آباد با حرکت به سمت جنوب شرقی در مسیر رودخانه زرین گل، مکان نمونه برداری های انجام شده قرار گرفته است.

ناودیس شیرین آباد- سیاه رودبار از سازندهای الیکا (تریاس) و شمشک (ژوراسیک) تشکیل شده است که یک افق بوکسیتی در مرز بین دو سازند الیکا و شمشک قرار دارد. بررسیها نشان داده است که تیتانیوم از تخریب افق بوکسیتی آزاد شده است به طوری که مقدار تیتانیوم موجود در ابرفتههای ناحیه با مقدار تیتانیوم در افق بوکسیتی ارتباط مستقیم دارد.

تجزیه نمونههای برداشت شده از آبراهه های این ناودیس بین ۱۰۵۰۰ تا ۱۹۰۰۰ ppm تیتانیوم را نشان می دهد و نمونههایی برداشت شده از سنگ و خاک افق بوکسیتی نشانگر ۵۰۰۰ تا ۳۶۵۰۰ گرم بر تن (ppm) تیتانیوم می باشد ولی تاکنون کار معدنی در منطقه انجام نشده است.

ب - نشانه تیتانیوم قشلاق - خوش بیلاق

ناحیه مورد نظر در ۴۰ کیلومتری آزاد شهر در محور آزادشهر - شاهرود قرار دارد.

افق لاتریتی - بوکسیتی که حاوی تیتانیوم است در مرز پرمین و تریاس قرار دارد.

تیتانیوم موجود اکثرا به صورت کانیه‌های آناتاز و روتیل همراه کانیه‌های دیگر

نظیر گوتیت، کلریت، کوارتز، کائولن، همتایت، بوهمیت و دیاسپور می‌باشد. عیار TiO_2

۲-۶ درصد متغیر است. در همین ناحیه بررسی‌هایی روی افق مذکور و مواد باطله زغال

سنگ شمشک انجام شده که ارقام ۴-۷ درصد تیتانیوم نشان داده شده است.

ضخامت افق‌های مذکور از ۲۰-۳۰ متر در نوسان بوده و به طور ممتد تا بیش از

۱۵ کیلومتر در یال شمالی و ۲۰ کیلومتر در یال جنوبی گسترش دارند.

در ناحیه پل قزنوی از افق لاتریت - بوکسیتی در حال حاضر استخراج به عمل

می‌آید ولی در مورد تیتانیوم هیچ کاری انجام نمی‌شود. با توجه به حجم عظیم این افقها،

کانیه‌های تیتانیوم این افقها می‌توانند از نظر اقتصادی مورد توجه قرار گیرند و احتمالا به

صورت محصول جنبی (By product) مورد بهره‌برداری واقع شوند.

۲- زغال سنگ

کالا" تعداد ۱۱ نمونه زغال سنگ از افق‌های زغالدار ناحیه قشلاق و اولنگ

برداشت گردیده که نتایج آنالیز کالریمتری آن نشان می‌دهد که بین ۰/۶-۰/۱ در صد

تیتانیوم دارد، حال آنکه ابراموف (۱۹۸۴) معتقد است که رسوبات همراه لایه های زغالی

(خاکستر) یا بین لایه ای در ناحیه مذکور دارای ۴-۷ درصد اکسید تیتانیوم می‌باشند.

ناگفته نماند که نمونه های برداشتی ابراموف از رسوبات بین لایه ای زغال سنگ

بوده، حال آنکه نمونه های آزمایش شده به روش کالریمتری نمونه های زغال سنگ

خالص می باشند و با توجه به مکانیزم تشکیل لایه های زغال سنگ که معمولاً در حوضه های بسته کنار دریا تشکیل می شوند ، بعید نیست که همراه ماسه های راسب شده در حوضه های مذکور کانیهای تیتانیوم دار نیز راسب شده باشند.

۳- بازالت سلطان میدان

توده بازالتی سلطان میدان در جاده آزادشهر- شاهرود از روستای تیل آباد (۴۳ کیلومتری آزادشهر) تا ۲ کیلومتری روستای خوش بیلاق رخنمون دارد.

بازالت سلطان میدان متعلق به سیلورین و به طول ۱۱ کیلومتر و عرض متوسط ۱/۵ کیلومتر می باشد که ضخامت توده در این ناحیه ۴۶۸ متر ذکر شده است. ترکیب لیتولوژی این بازالت شامل کنگلومرای قاعده، گدازه بازالتی (ماسیو، پرفیری و حفره‌ای)، توف و آلوگومرا می باشد. شیستهای قرمز رنگ نیز به صورت بین لایه‌ای در بعضی نقاط آن دیده می شود. این بازالت یکی از قدیمترین تشکیلات موجود در ناحیه است لذا در اثر فرسایش و سیکل چرخشی رسوبگذاری و همچنین نبود چینه شناسی در حد واسط دوره های مختلف پالئوزوئیک، احتمال داده می شود که بازالت مذکور یکی از منابع تأمین کننده تیتانیوم موجود در افقهای لاتریتی منطقه باشد.

کارهای انجام شده قبلی و آنالیز نمونه‌های برداشت شده از این منطقه نمایانگر ۲۵۰۰۰-۱۰۵۰۰ گرم بر تن (ppm) تیتانیوم می باشد. با توجه به مقدار متوسط تیتانیوم در بازالت‌های مناطق مختلف دنیا که حدود ۹۰۰۰ ppm می باشد (Levinson 1974) مقدار تیتانیوم موجود در این بازالتها قابل توجه می باشد.

با توجه به اینکه تاکنون کار معدنی در این منطقه صورت نگرفته فقط می تواند به

عنوان منبعی برای تیتانیوم مورد مطالعه قرار گیرد.

۴- رسوبات رودخانه ای

جهت پیجویی هر چه بیشتر و زیر پوشش بردن حداکثر مساحت ممکن از دره های اصلی یال شمالی ارتفاعات که تماما" منتهی به حوضه آبگیر دریای خزر می گردند و قسمتی از دره نکا اقدام به برداشت نمونه های ابرفتی گردیده که مقدار Ti تمامی آنها به روش کالریمتری اندازه گیری شده است. نتایج حاصله نشان می هد که بالاترین رقم به دست آمده ppm ۱۹۰۰۰ می باشد که در دره شیرین آباد - سیاه رودبار واقع شده است. با توجه به اصل ردیابی رسوبات رودخانه ای ، همانطور که در بحث افقهای لاتریتی - بوکسیتی اشاره گردید ، نمونه های رودخانه ای این دره به علت نزدیکی به افقهای لاتریت - بوکسیتی از میزان Ti بالائی برخوردار هستند. مقدار Ti موجود در بقیه نمونه های رودخانه ای (به غیر از نمونه های رودخانه ای واقع در محدوده شیستهای سبز گرگان نقشه شماره ۲) در حد زمینه بوده و فاقد اهمیت پیجویی می باشند.

۵- سنگهای متامورفیک (شیستهای گرگان)

از گروه سنگهای متامورفیک ناحیه می توان شیستهای گرگان را که از گسترش نسبتا" زیادی برخوردار است نام برد. شیستهای مذکور ، درجه حرارت پائینی در حد فیلیت و اسلیت را تحمل کرده اند که اکثرا" بین بهشهر تا غرب آزاد شهر منطقه ای به طول ۱۲۰ کیلومتر و عرض تقریبی ۱۰ کیلومتر را دربرمی گیرند. تعداد ۱۸ نمونه از شیستهای فوق برداشت گردیده است که نتایج آنالیز کالریمتری آن در جدول شماره ۱ آمده است. از نمونه های مذکور فقط یک نمونه حدود ۲/۵ درصد تیتانیوم داشته و محتوی تیتانیوم مابقی کمتر از ۱/۵ درصد بوده است.

۳-۲-۶- نتیجه بررسیها و مطالعات در استان گلستان

آنچه از مطالعات صحرایی و نتایج آزمایشگاهی به دست می آید، این است که پراکندگی عنصر تیتانیوم به غیر از شیستهای گرگان، بازالت سلطان میدان و افقهای لاتریتی - بوکسیتی در بقیه رخساره ها در حد زمینه می باشد که به طور خلاصه نتایج حاصله در زیر ارائه می گردد.

- تجزیه کانی شناسی اشعه مجهول (X-Ray) نشان می دهد که کانیهای حاوی عناصر تیتانیوم در افقهای لاتریتی اکثراً "اناتاز و روتیل است. کانی ایلمنیت در هیچ یک از رخساره های مورد آزمایش دیده نشده است.

- اگرچه در بعضی از نمونه های شیست گرگان مقدار تیتانیوم به ۲۵۰۰۰ ppm می رسد ولی به علت عدم کنسانتره شدن کانیهای تیتان دار که از بعد اقتصادی با ارزش باشند (مثل روتیل، ایلمنیت، اناتاز و غیره)، شیستهای مذکور از نظر پیچوئیهایی آتی فاقد ارزش هستند.

- شیستهای گرگان در ضلع شمالی دره نکا به شدت فرسایش یافته و تولید خاکهای نرم سبز رنگ با درجه چسبندگی فوق العاده بالایی را نموده است که می تواند از نظر تامین مواد اولیه سیمان و دیگر مصارف صنعتی مورد توجه قرار گیرند.

- افقهای لاتریتی بوکسیتی در دره تیل آباد - خوش بیلاق و شیرین آباد از گسترش چشمگیری (طول متوسط ۱۵ کیلومتر) برخوردارند که با توجه به نقشه، محتوای میزان پراکندگی تیتانیوم در این نواحی قابل توجه بوده و منبع تامین کننده این عنصر افقهای لاتریتی، بازالتهای موجود و احتمالاً رسوبات همراه افقهای زغال سنگی هستند.

۳-۲-۷- روش های اکتشاف تیتانیوم

۱- روش اکتشاف ژئوشیمیایی

در ژئوشیمی اکتشافی چندین روش بررسی وجود دارد که اهمیت نسبی هر یک برای موارد مختلف متفاوت است. همانطوری که می دانیم، بر اساس محیط نمونه برداری، این بررسیها شامل بررسی خاکها، سنگها، رسوبات رودخانه ای، آبها، گیاهان، بخارات و غیره است. انتخاب یکی از روشهای فوق در یک پروژه اکتشافی، تابع طبیعت ژئوشیمیایی عنصر مورد جستجو، نوع و قابلیت دسترسی به مدار نمونه برداری، شرایط آب و هوایی و هوازدگی و سرانجام ویژگیهای توزیع آن عنصر در ناحیه مورد مطالعه است.

از آنجائی که عنصر تیتانیوم دارای تمایل به تمرکز است و به خاطر خاصیت لیتوفیلی دارای خواص منحصر به فردی از قبیل پایداری کم کمپلکسهای مهاجر، پتانسیل یونی متوسط و سختی تحرک پذیری، می توان آنرا جزو عناصر برجا تقسیم بندی نمود.

بر اساس تجربیات اکتشافی حاصل از مطالعه هاله های پراکندگی ثانویه در مناطق مختلف، سولوف معتقد است هاله های نمایان برجا حاصل از خردشدگی فیزیکی نهشته های کانسار و هاله های ژئوشیمیایی اولیه آنهاست. در نواحی خشک که هوازدگی فیزیکی بر هوازدگی شیمیایی برتری دارد، تشکیل دهنده های مکانیکی هاله های برجا ممکن است بر تشکیل دهنده های هیدرومورفیکی به طور قابل ملاحظه ای تسط داشته باشند.

در نواحی معتدل و مرطوب، هاله های برجها معمولاً دارای ترکیبی از نوع مکانیکی و هیدرومورفیکی هستند که بخش مکانیکی آنها از ذرات کاتیهای کانسار که در مقابل هوازدگی مقاوم می باشند، تشکیل می یابند. بخش هیدرومورفیک این هاله ها تا حد زیادی با جذب یون فلزات محلول به وسیله ذرات رسی و همچنین هیدرواکسیدهای آهن و منگنز که ممکن است در هاله موجود باشند، در ارتباط است. معمولاً عناصری نظیر Be ، Nb ، Sn ، Ti در جز مکانیکی هاله ها تمرکز می یابند. در هاله های برجها رابطه معکوسی بین قابلیت تحرک عناصر معرف و تجمع آنها وجود دارد. به این معنی که یک تهی شدگی نسبت به عناصر معرف خاصی که به آسانی در محیط مهاجرت می کنند حاصل می گردد.

در بررسی های اکتشافات مقدماتی بر روی کانسارهای تیب پلاسری، عملیات ژئوشیمیایی به صورت سطحی بر روی سنگ مادر مناسب تر است و نمونه برداری به صورت لب پری (Chip Sampling) از نمونه های سنگی ژئوشیمیایی (لیتوژئوشیمیایی) انجام می شود.

از دیگر روشهای مطالعه هاله های لیتوژئوشیمیایی ثانویه می توان به روش بررسی خاکها اشاره نمود. بررسی خاکها، به ویژه خاکهای برجها از نظر اکتشافی بسیار مفید است. در مواردی که ضخامت مواد سخت نشده رویی زیاد و یا خاک حمل و نقل یافته باشد، حفاری عمیق و نمونه برداری از مناطق نزدیک به سنگ ترجیح داده می شود.

در مواردی که سنگ بستر رسوبات، سنگ مادر آنها نیست ممکن است هیچ گونه همبستگی ژئوشیمیایی بین رسوبات و سنگ بستر وجود نداشته باشد، مانند

خاکهای انتقال یافته کوهپایه ای. از این رو چنین رسوباتی برای بررسیهای اکتشافی چندان مناسب نیست.

در بررسی ژئوشیمیایی خاکها معمول است که حدود ۲۰ الی ۵۰ گرم از جزء مش زیر هشتاد خاک را جدا نمود و برای عناصر مورد نظر مورد تجزیه قرار داد. تجربه نشان داده است که این جزء خاک حداکثر اختلاف بین مقدار زمینه و آنومالی را نشان می دهد. البته موارد استثناء نیز وجود دارد، برای مثال گاهی باید کانیهای سنگین خاک، تیل (رسوبات یخچالی) و یا دیگر مواد هوازده شده را از طریق مایعات سنگین خاک شویی یا روشهای مغناطیسی جدا نموده و مورد تجزیه قرار داد. در چنین حالتی جز درشت تر از مش هشتاد ترجیح داده می شود. این روش برای عناصر Sn، Nb، Ti و سایر فلزات تشکیل دهنده کانیهای سنگین و مقاوم به کار می رود. بر همین اساس یکی از روشهای مطالعات اکتشافی در مورد تیتانیوم را می توان به مطالعه کانی سنگین اختصاص داد و آن نیز به خاطر ویژگیهای کانیهای تیتانیوم است.

۲- روش اکتشاف ژئوفیزیکی

با توجه به مطالعاتی که بر روی کانسارهای تیتانیوم دنیا انجام شده است و همین طور نوع کانیها و سنگهای درونگیر آنها روشهای ژئوفیزیکی از قبیل مگنتومتري هوایی و زمینی، برداشتهای گراویمتری و در موارد خاص روش IP مناسبتر از بقیه روشهای ژئوفیزیکی تشخیص داده شده است.

وجود کانیهای نظیر ایلمنیت و تیتانیومینیت می تواند دلیل خوبی برای استفاده از روش مگنتومتري باشد، به عنوان مثال وجود این کانیها در سنگ گابرو به عنوان سنگ درون گیر با اختلاف ضریب خود پذیر مغناطیسی بالا می تواند ما را به استفاده از روش

مگنتومتري راهنمایی کند. علاوه بر این وجود مقادیر زیادی از این کانیها، وزن مخصوص سنگ درونگیر را بالا برده و در نتیجه می توان از روش گراویمتری نیز در اکتشاف کانسارهایی از این دست استفاده کرد. بدیهی است استفاده از دو روش فوق و مقایسه آنها نتایج دقیقتری را ارائه می دهد.

اکتشاف کانیها توسط مغناطیس سنجهای زمینی کاربرد وسیعی دارد. کاربرد عمده مغناطیس سنجی زمینی در اندازه گیری تفصیلی است ولی ممکن است به عنوان روش شناسایی در جستجوی فلزات پایه برای پیگیری عملیات شناسایی ژئوشیمیایی نیز به کار رود. عملیات ژئوفیزیکی از ابتدای مرحله پیجویی تا مرحله تفصیلی استفاده می گردد.

از نمونه های بارز اکتشاف مغناطیس سنجی می توان به شناسایی کانسار ایلمنیت - منیتیت در نروژ و فنلاند اشاره کرد. در ایران نیز این روش در مورد اکتشاف کانسارهای تیتانیوم کهنوج مورد استفاده قرار گرفته است.

فهرست منابع فصل سوم

- ۱- حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۶۷، ژئوشیمی اکتشافی (محیط سنگی)، دانشگاه هرمزگان، ۱۳۷۶
- ۲- آفتابی، علیجان - فصلنامه وزارت معادن و فلزات، ویژه نامه طلا
- ۳- کریم پور، محمدحسن، ۱۳۷۴، زمین شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات صالح
- ۴- فرهنگ، عباس، ۱۳۷۴، طلا (پیدایش، اکتشاف، استخراج)، انتشارات صالح
- ۵- حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۷۶، بهینه سازی پروژه های اکتشافی، دانشگاه یزد
- ۶- حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۷۰، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، دانشگاه تهران
- ۷- حیدری، عباسعلی، ۱۳۷۶، مطالعات ژئوشیمیایی سیستماتیک طلا در توده گرانیتیوئیدی الوند همدان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران

- 1- Nekrasov I. Ya., 1996. Geochemistry, Mineralogy and Genesis of Gold Deposits. Balkema, U.S.A.
- 2- Foster., 1996, Gold Metallogeny and Exploration
- 3- Romberger, S.B. , 1990 , Geochemistry of gold in hydrothermal deposits ,
U.S – Geological survey Bulletin.
- 4-Edwards, R., and Atkinson , 1986. Ore deposit Geology and its influence on
Mineral Exploration.
- 5-Stewart, M., 1997. Gold , E & Mj , V. 198, No. 3, P. 13-16.
- 6-Gorett, 1985 , Hand Book of Exploration Geochemistry. Statistical Data Analysis
in Geochemical Prospecting V.2, Elsevier Sci Pub Co.

فصل چهارم

منطقه مورد مطالعه

۴-۱- مقدمه :

پس از جمع آوری کلیه اطلاعات و مدارک موجود در خصوص مناطق مورد نظر جهت پیجویی و پتانسیل یابی در شیستهای گرگان ، بررسیهای تحلیلی با هماهنگی کارشناسان محترم اداره کل صورت پذیرفت و مناطق مورد نظر از جهت راههای دسترسی ، آب و هوا ، وسعت منطقه ، امکانات و ... مورد مطالعه قرار گرفت.

یکی از اهداف مورد نظر در این مطالعات تهیه نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱: ۵۰۰۰۰ بوده است که به همراه مطالعات زمین شناسی اقتصادی و ساختمانی ، چینه شناسی و تکتونیک بتوانند در پیجوییها و پتانسیل یابی منطقه مورد نظر راه گشا باشند. بر این اساس تهیه نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱: ۵۰۰۰۰ به وسعت ۸۰ کیلومتر مربع در دستور کار قرار گرفت. در این راستا و برای شناسایی مناسب تر از عکسهای هوایی منطقه نیز استفاده شد. اما هدف اصلی ، پیجویی و پتانسیل یابی مواد معدنی در شیستهای گرگان بود که با توجه به امکان دست یابی به مناطق صورت پذیرفت و در این خصوص پیمایش و نمونه برداری انجام گرفت.

حاصل مطالعات در منطقه مورد نظر را که رادکان نامیده شده است ، به صورت مشروح در ادامه می آوریم.

۴-۲- کلیات

۴-۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد نظر در استان گلستان در جنوب شهر کردکوی بین روستاهای سرکلاته در شمال منطقه ، روستای رادکان در جنوب ، روستای کندآب در غرب و دره جهان نما در شرق ، بین طولهای جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۵ دقیقه

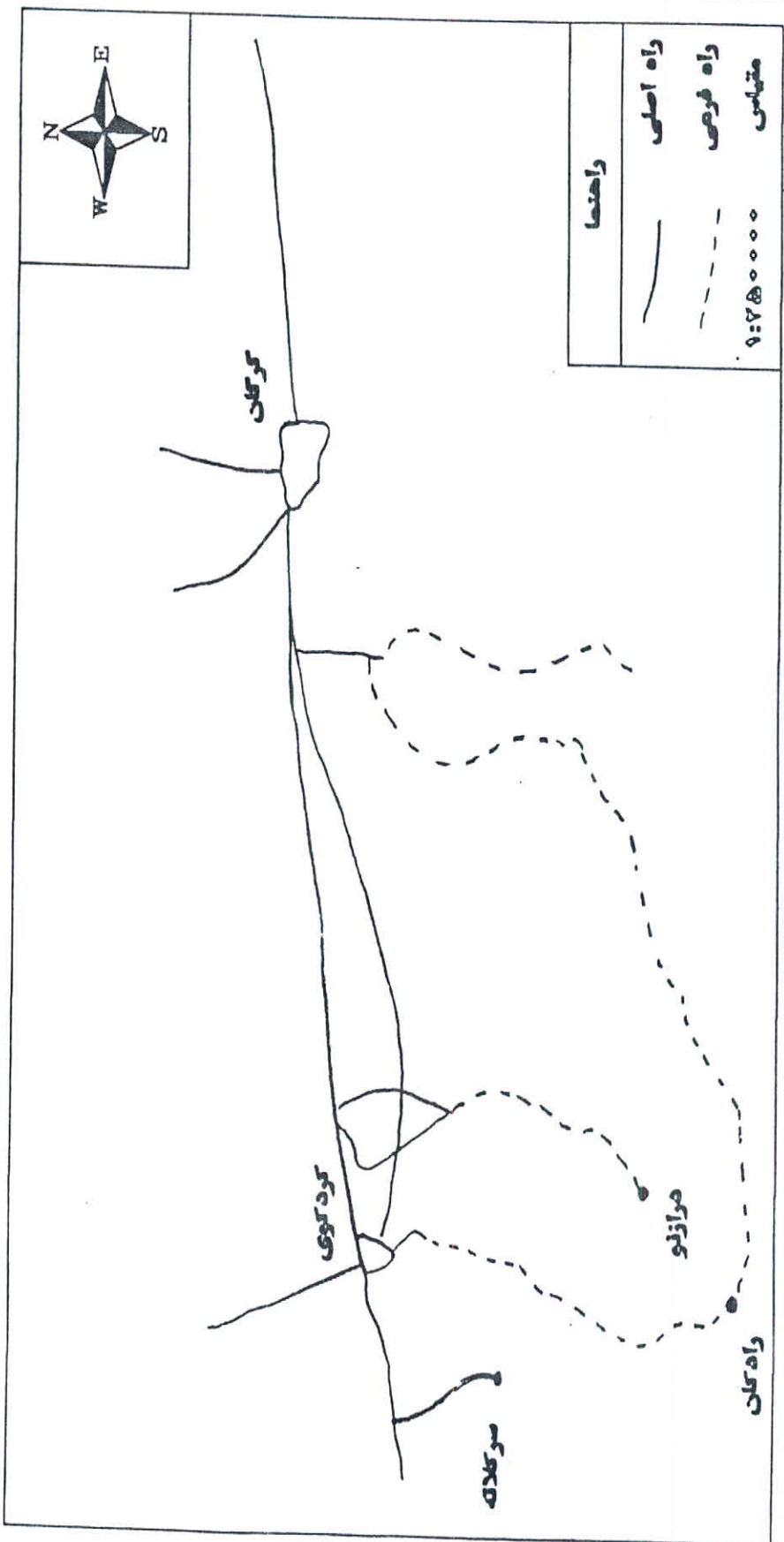
و عرضهای جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه واقع شده است. این منطقه در نقشه تقسیمات کشوری استان گلستان، در شهرستان کردکوی واقع شده است. شکل شماره (۱-۴) نمای عمومی منطقه را نشان می دهد.

۲-۲-۴- راههای ارتباطی منطقه مورد مطالعه

دسترسی به محدوده مورد نظر از راه اصلی گرگان - کردکوی - ساری و از شهر کردکوی به طرف جنوب با یک راه فرعی و کوهستانی و پس از طی ۴۳ کیلومتر در ارتفاعات پوشیده از جنگل به روستای رادکان می رسد. جاده فرعی شنی کردکوی به روستای رادکان در ارتفاعات البرز در اثر سستی زمینهای جنگلی و آب فراوان مخصوصاً در فصل سرد و پر باران بسیار لغزنده و می باشد. جاده مذکور از میان منطقه مورد مطالعه عبور کرده و امکان دسترسی به کل منطقه را فراهم می نماید. شکل شماره (۲-۴) راههای ارتباطی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل شماره (۱-۴) - تقسیمات کشوری شهرستان کردکوی



شکل شماره (۲-۴) - راههای ارتباطی منطقه مورد مطالعه

۴-۲-۳- آب و هوای منطقه

این محدوده در استان گلستان در دامنه شمالی رشته کوههای البرز قرار دارد و مانند مناطق شمالی از آب و هوای معتدل برخوردار است. بارندگی در این منطقه از پاییز شروع و تا اوایل بهار ادامه می یابد. مقدار متوسط بارندگی در این منطقه بیش از ۴۱۰ میلی متر است، میانگین حداکثر دمای گزارش شده در گرمترین ماه سال ۳۷ درجه سانتیگراد و میانگین حداقل دما در سردترین ماه سال ۳- درجه سانتیگراد است.

۴-۲-۴- وضعیت معیشتی و اجتماعی منطقه

این محدوده در جنوب غربی استان واقع شده است. روستاهای واقع در این منطقه آنهایی که نزدیک به شهرستان کردکوی می باشند، مانند بنی و سرکلته از موقعیت و وضعیت بهتری نسبت به روستاهای دورتر نظیر رادکان، درازنو و کندآب برخوردار هستند. روستای رادکان در فصلهای سرد سال تقریباً خالی از سکنه می باشد و ساکنان این روستا عموماً دارای منازل در شهرستان کردکوی می باشند. کارهای عمده در روستاهای این منطقه باغداری، کشاورزی و دامداری می باشد.

روستای سرکلته به دلیل قرار گرفتن در مناطق زمینیه ای پست و زمینهای آبرفتی از کشاورزی وسیعی برخوردار است و کشاورزی در این منطقه بیشتر رونق دارد. محصولات کشاورزی این منطقه علاوه بر شالی شامل سیب زمینی، گوجه فرنگی و ... می باشد.

۴-۲-۵- شبکه آبراهه ای منطقه

شبکه آبراهه ای منطقه از پیچیدگی زیادی برخوردار نیست و می توان آن را به

گونه زیر تقسیم بندی کرد.

- رودخانه اصلی منطقه :

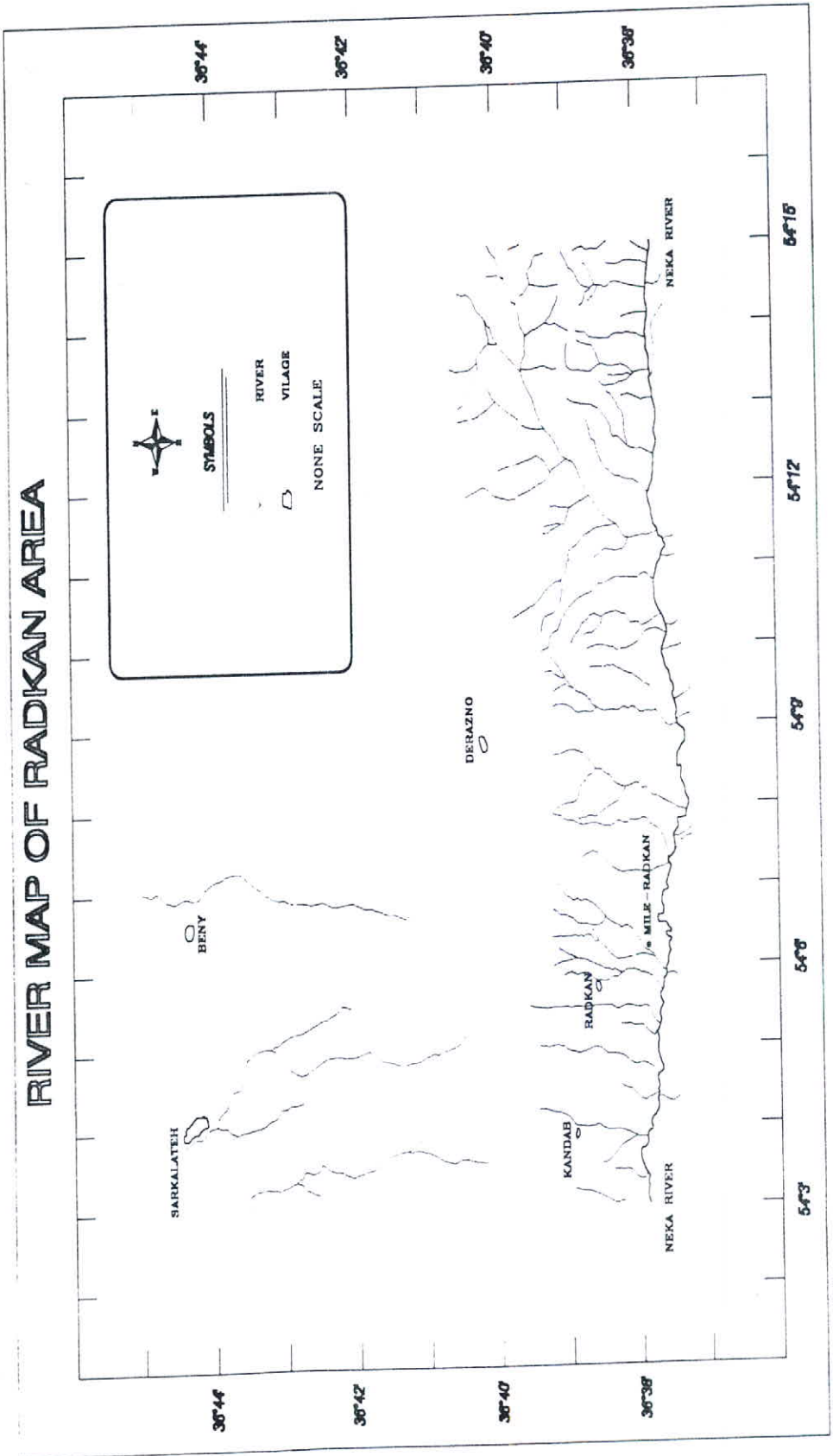
رودخانه نکا که از ارتفاعات شاه کوه و تنگه شمشیر بر ارتفاعات چهارباغ سرچشمه می گیرد از جمله رودخانه های فرعی استان به حساب می آید. این رودخانه از رودخانه چهارباغ و دیگر آبراهه های مسیر حاجی آباد - رادکان و دامنه جنوبی منطقه مورد مطالعه مشروب می شود که در مسیر شرقی - غربی خود پس از عبور از شهر نکا در استان مازندران به دریای خزر می ریزد.

- آبراهه ها :

آبراهه های منطقه مورد مطالعه را می توان به دو قسمت تقسیم کرد: آبراهه های دامنه جنوبی که از ارتفاعات درازنو هر یک به طور مستقل به رودخانه نکا می ریزد و آبراهه های دامنه شمالی که شامل چند آبراهه مستقل است که طی مسیر طولانی زمینهای کشاورزی و باغات مناطق شمالی را مشروب می سازند. شکل شماره (۴-۳) نحوه پراکندگی رودخانه های و آبراهه ها را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد.

۴-۲-۶- پوشش گیاهی منطقه

همانگونه که قبلاً نیز ذکر شد ، قرار گرفتن این منطقه در دامنه شمالی البرز و وجود رودخانه های اصلی پرآب و ارتفاع زیاد و نزدیکی به دریای خزر باعث گردیده است تا این منطقه از نظر پوشش گیاهی به صورت جنگلهای انبوه و متنوع باشد. البته دامنه شمالی منطقه مورد نظر از انبوهی بیشتری برخوردار است و هرچه از سمت درازنو به رادکان پیش می رویم از تراکم درختان کاسته می شود.



شکل (۴-۳) - نحوه پراکندگی رودخانه ها و آبراهه های منطقه

جنگلهای بخش شرقی منطقه که در زیر روستای درازنو و در دره جهان نما واقع است، از جمله مناطق حفاظت شده محیط زیست محسوب می گردد. عکسهای (۱-۴) و (۲-۴) دورنمایی از شهرهای مهم، بخشهایی از دریای خزر به اتضمام خلیجهای کوچک گرگان و گاومیشان، توپوگرافی عمومی منطقه، اختلاف ارتفاع بسیار شدید بین ارتفاعات البرز در محدوده روستای درازنو با دشت گرگان و پوشش جنگلی را در محدوده روستاهای درازنو در دامنه شمالی و رادکان در دامنه جنوبی نشان می دهند.

۴-۲-۷- مرفولوژی منطقه

منطقه مورد مطالعه در جنوب غربی گرگان و جنوب کردکوی در حد فاصل روستاهای سرکلاته، درازنو، رادکان و کنداب واقع گردیده است. حد جنوبی منطقه بر رودخانه نکا، حد شرقی در محدوده دره جهان نما، حد غربی در خط واصل میان روستاهای سرکلاته - کنداب و حد شمالی آن در قسمت شرقی مرز شمالی ارتفاعات درازنو و در قسمت غربی در مرز دشت گرگان در محدوده روستای سرکلاته تا جنوب کردکوی واقع گردیده است.

پست ترین بخش منطقه مربوط به دشت گرگان با ارتفاع حدود ۱۰۰ متر و بلندترین بخش منطقه مربوط به کوه درازنو با ارتفاع ۲۶۲۰ متر می باشد. با توجه به پروفیل توپوگرافی ارتفاع از ۱۰۰ متر در محدوده سرکلاته با شیب تقریبی ۳۷ درصد در دامنه شمالی افزایش یافته و به ۲۳۴۴ متر بالغ گردیده و مجدداً در دامنه جنوبی با شیب ۲۳ درصد کاهش یافته و در دره رودخانه نکا به حدود ۱۵۰۰ متر تقلیل می یابد. دامنه جنوبی این ارتفاعات در زیر حوضه آبریز رودخانه نکا و دامنه شمالی در

حوضه آبریز دریای خزر قرار دارد (عکس های ۱-۴ و ۲-۴).



عکس شماره (۱-۴) - دامنه شمالی منطقه مورد مطالعه (دید به سمت شمال)



عکس شماره (۲-۴) - دامنه جنوبی منطقه مورد مطالعه (دید به سمت جنوب غربی)

۴-۳- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۴-۳-۱- چینه شناسی منطقه

۱- سری دگرگونی گرگان (Gorgan Metamorphic Series)

این سری متشکل از گدازه های بالشتی متبازالتی، گدازه های متبازالتی تا متاندزیتی متابرش ولکانیکی، متایگنبریت، متاکنگلومراهای اپی کلاستیک، سنگ ماسه های دگرگون شده، کلریت - سربیسیت شیبست، فیلیت های سیاه رنگ و سبز تیره و به همراه آنها تراشه های و یا سیلهانی از متاگابرو، متادیوریت، متامونزو - گابرو، متاکوارتز مونزونیلیت و متامیکروگرانیت پورفیری دیده می شوند (عکسهای ۴-۳، ۴-۴ و ۴-۵).

در ارتباط با سن زمین شناسی این سری اکثریت محققین گانسر، بربریان و همکاران، ژنی، هوشمند زاده و کنگی زمان پریکامبرین را در نظر گرفته اند. اما بعضی از زمین شناسان نظیر هوبر سن این مجموعه دگرگونی را قبل از دونین، بربریان و همکاران و قاسمی قبل از رتین - لیا س در نظر گرفته اند.

البته تعیین یک ستون چینه شناسی مشخص و دقیق در تمامی طول کمربند دگرگونیهای گرگان با توجه به تغییرات شدید ساختاری توام با پوشش شدید جنگلی و گسترش وسیع سنگهای ولکانیکی و ولکانوکلاستیک مشکل و مبهم خواهد بود.

سری دگرگونی گرگان از مرز شرقی آن در دره زرین گل تا مرز غربی آن در منطقه گلوگاه در شرق بهشهر با سازندهای متعددی در تماس می باشد که از جمله می توان به سازندهای سلطان میدان، پادها، خوش بیلاق، مبارک، قزل قلعه، شمشک و لار اشاره نمود.



عکس شماره (۳-۴) - رخنمون شیستهای

گرگان در دامنه شمالی منطقه



عکس شماره (۴-۴) - توده های نابرجای شیست، دره نکا (دید به سمت شمال غربی)



عکس شماره (۴-۵) - رخنمون شبیستا در مجاورت مبل رادکان (دید به سمت شمال)

در محدوده برونزد این شیستها می توان به نفوذیهای آذرین ایگنمبریت دره
الستان ، سینیت دره توسکستان و گابرو - دیوریت نهارخوران اشاره نمود.
در سری دگرگونی گرگان توسط شاه پسند زاده سه واحد لیتولوژیک -
لیتوتکتونیک مشخص شده است ، این واحدها از قدیم به جدید به صورت زیر پیشنهاد
شده اند.

الف- واحد زیرین :

شامل توالی از گدازه های متابازالتی با ساخت بالشتی به همراه فیلیت سبز تا
خاکستری تیره ای در بخش فوقانی سری تشکیل شده اند. طول این گدازه ها به بیش
از ۱/۵ متر رسیده و اکثرا" به حالت فشرده (Compact) مشاهده می شوند. لذا با توجه به
ابعاد بزرگ و حالت فشرده آنها به همراه وجود حفریات لوله ای (Vesicular Pipe)
احتمالا" به گروه جریانهای بالشتی (Pillowed Flow) تعلق دارند. فضای بین گدازه های
بالشتی را متاچرتهای سبزرنگ (کوارتزیت) به همراه شیشه های متبلور پر کرده اند. این
گدازه ها در مناطقی فاقد بافت بالشتی بوده و توسط لایه های نسبتا" ضخیمی از
متاچرت پوشیده می شوند.

شایان ذکر است که بخش فوقانی گدازه های بالشتی را معمولا" فیلیتهای
سبزرنگی پوشانیده اند و در برخی موارد این فیلیتها در بین گدازه های بالشتی مشاهده
می شوند. سن بخش فیلیتهای سبزرنگ بر اساس گونه های پالینومورف شناخته شده در
آن (قویدل سیوکی ، ۱۳۷۱) مربوط به دونین بالانی است.

ب - واحد میانی :

شامل توالی سنگی از متاپی کلاستیک کنگلومرا ، ماسه سنگهای دگرگون شده و

فیلیت‌های سیاه‌رنگ می باشد. در متاپپی کلاستیک کنگلومراها دانه بندی تدریجی (Graded Bedding) مشاهده شده و معمولاً "به طور متناوب با فیلیت‌های مذکور یافت می شوند. جریانهای واریزه ای (Debris Flow) سبب تشکیل برشهای متاپپی کلاستیک شده اند که دارای قطعاتی زاویه دار با ابعاد مختلف در زمینه ای متشکل از فیلیت‌های سیاه‌رنگ می باشند. قطعات این برشها را منحصرأ "سنگهای آتشفشانی و به ندرت قطعاتی از گدازه های بالشتی با حفریات متحدالمرکز تشکیل می دهند.

فیلیت‌های سیاه‌رنگ در بعضی نقاط واجد دانه بندی تدریجی هستند. این دانه بندی تدریجی با سطوح فرسایشی مشخصی در قاعده و افزایش اندازه دانه ها به سمت بالا مشخص می گردند. در برخی موارد فیلیت‌های سیاه‌رنگ مذکور فاقد دانه بندی تدریجی بوده و توالیهای ضخیم شونده به سمت بالا (Thickening Upward) را نشان می دهند. لازم به ذکر است که در بعضی نقاط قطعاتی زاویه دار از سنگهای ولکانیکی به طور پراکنده و محدود در زمینه ای فیلیتی قرار گرفته اند که در اثر جریانهای گلی (Mud Flow) حاصل شده اند.

بر اساس مطالعه پالینومورف های شناخته شده از فیلیت های سیاه‌رنگ (قوسدل سیوکی ، ۱۳۷۱) سن این بخش دونین بالائی - کرنیفر زیرین تعیین شده است.
ب- واحد فوقانی :

شامل از توالی سنگهایی نظیر متابرش ولکانیکی ، متالیگنمبریت ، گدازه های بازالتی یا بازالت آندزیتی و فیلیت های سبزرنگ تشکیل شده اند. در متابرش ولکانیکی قطعاتی عدسی شکل از سنگهای ولکانیکی شدیداً "حفره دار در زمینه ای از فیلیت های توفی سبزرنگ به موازات تورق قرار گرفته اند. این سنگها غالباً "با مرزی عادی توسط

فیلیت‌های سبز رنگ پوشیده می‌شوند. متا ایگنمبریت‌های یاد شده با ساخت جریان‌ی خود به وضوح در مشاهدات صحرانی قابل تشخیص بوده به طوری‌که قطعات عدسی شکل از پومیس (Pumice) با حفرات زیاد و فنوکریست‌های فلدسپار به یکدیگر جوش خورده و به موازات فولیاسیون قرار گرفته‌اند. در قاعده این سنگ‌ها فیلیت‌های سبزرنگ با آثار نهشته‌های پیروکلاستیک خزشی (Pyroclastic - surge deposit) مشاهده می‌شود. به طور کلی تراشه‌هایی از سنگ‌های متاگابرو، متاکوارتز مونزونیت و سیلهایی از متامیکروگابرو و میکرو دیوریت به همراه سنگ‌های میکروگرانیت در ناحیه مورد مطالعه یافت می‌شوند. حاشیه این تراشه‌ها اکثراً خرد و برشی شده و با تشکیل رگه‌ها و رگچه‌های فراوانی از کوارتز همراه است. ضمناً هیچگونه کانی دگرگونی فشار پائین - درجه حرارت بالا (دگرگونی مجاورتی) در حاشیه آنها دیده نشده است.

۲- سازند مبارک (Mobarak Formation)

علاوه بر رخنمون‌های پراکنده سازند مبارک در مجاورت مرز برونزد شیست‌های گرگان در ناحیه مورد مطالعه، سازند مزبور در حاشیه رودخانه نکا (منطقه رادکان) نیز گسترش دارد. بخش زیرین این سازند به صورت ماسه سنگ‌های ارتوکوارتزیتی متوسط لایه، با رنگ هوازگی کرم و رنگ خاکستری روشن (در سطوح تازه شکسته) دیده شده که با چند افق کنگلومرانی بر روی بخش فوقانی سازند خوش بیلاق قرار می‌گیرند. ماسه سنگ‌های مذکور به تدریج به سنگ‌های میکرایتی سیاه رنگ رس دار بیتومنیه متوسط تا نازک لایه تبدیل شده به نحوی که هنگام برخورد با چکش، دود کرد: و بوی H_2S از آن برمی‌آید. بخش‌های فوقانی این سازند به صورت تناوبی از آهک‌های سیاه‌رنگ رس دار نازک لایه و شیلهای آهکی خاکستری روشن با رس سنگ‌های نازک لایه دیده

می شوند (شرق دهکده رادکان). سن این سازند در مقطع تیپ آن کربنیفر زیرین می باشد.

۳- سازند قزل قلعه (Ghezal Ghahleh Formation)

سازند قزل قلعه در حاشیه رودخانه رادکان و در شمال روستای چمن ساور از قاعده به بالا شامل تناوبی از ماسه سنگهای آهکی تا سنگ آهکهای ماسه ای خاکستری رنگ متوسط تا نازک لایه با ساختمانهای رسوبی ریپل مارکهای نامتقارن (Assymetric ripple marks)، لامیناسیونهای متقاطع، آثار شیاری (Flute Cast) و دانه بندی تدریجی بوده که به تناوبی از مارلهای ژپس دار سفید متمایل به صورتی و سنگ آهکهای دولومیتی خاکستری رنگ نازک تا متوسط لایه دارای اثر فسیلی (Trace Fossil) تبدیل می شود. واحدهای سنگی مذکور در زیر شیلهای کربناته سیاهرنگ و رس سنگهای دارای دانه بندی تدریجی قرار گرفته اند. افقهای از سنگ آهکهای نازک لایه غنی از خرده فسیلهای براقیو بود در قاعده این سازند دیده می شوند.

شیستهای گرگان از شمال - شمال غربی به سمت جنوب - جنوب شرقی بر روی سازند قزل قلعه رانده شده اند (عکس های ۴-۶ و ۴-۱۴). سطح راندگی مذکور توسط سنگ آهکهای مارنی و مارنهای سفید رنگ نازک لایه کرتاسه فوقانی پوشیده می شود (عکس های ۴-۶ و ۴-۱۴). چینهای گسلی و دگرگونی دینامیکی ضعیفی در بخش زیرین صفحه راندگی رخ داده است (عکس ۴-۷)، به طوریکه سنگ آهکهای دولومیتی و شیلهای کربناته سیاهرنگ تا خاکستری روشن بخش فوقانی سازند قزل قلعه به ترتیب به تالک اسلیت و فیلیت های سیاهرنگ تبدیل شده اند.



عکس شماره (۴-۶) - رانندگی شبست بر روی سازند قزل قلعه (دید به سمت شمالغربی)

۴- سازند لار (Lar Formation)

این سازند به صورت پرتگاه مانند از کردکوی تا نهارخوران و جنوب روستای درازنو (کوه درازنو) ارتفاعات منطقه مورد مطالعه را تشکیل می دهد. سازند مذکور در دره زیارت به صورت سنگ آهکهای دولومیتی ضخیم لایه تا توده ای به رنگ خاکستری تیره خرد شده متبلور با توسعه رگه های کلسیتی دارای ندولهای بنفش تا صورتی رنگ چرت دیده شده که بر روی ماسه سنگهای کوارتزیتی سفید رنگ ضخیم با ریبیل مارکهای نامتقارن بخش فوقانی توالی معادل شمشک و یا شیستهای گرگان رانده شده اند. وجود برشهای گسلی (Fault Breccia)، ریزچینه های گسلی و توسعه رخنه های موازی سطح گسله های رانده (Thrust plane cleavage) در قاعده سازند لار وجود این رانده گیها را تأیید می نماید.

سازند لار در دامنه جنوبی ناحیه مورد مطالعه (در شمال شرقی روستای رادکان) به صورت سنگ آهکهای سفید متمایل به صورتی (در سطح تازه شکسته) ظاهر می شوند (عکس ۴-۸). این سنگ آهکهای ضخیم لایه تا توده ای کارستی شده متبلور، خرد و برشی شده، دارای ساقه های کرینوتید، بریوزوآ و مرجان هستند. مرز زیرین این سازند با سری دگرگونی گرگان در ناحیه درازنو به صورت دگرشیب زاویه ای (Angular Unconformity) می باشد ولیکن حد فوقانی آن فرسایشی و نامشخص است. سازند مذکور به صورت یک واحد ساختمانی (Structural unit) بر روی سنگهای دگرگونی گرگان و یا توالی رسوبی معادل سازند شمشک از شمال به جنوب رانده شده است.



عکس شماره (۴-۷) - چینهای همراه

رورانندی در سازند قزل قلعه



عکس شماره (۴-۸) - مرز بین شیست و سازند لار (دید به سمت جنوب شرقی)

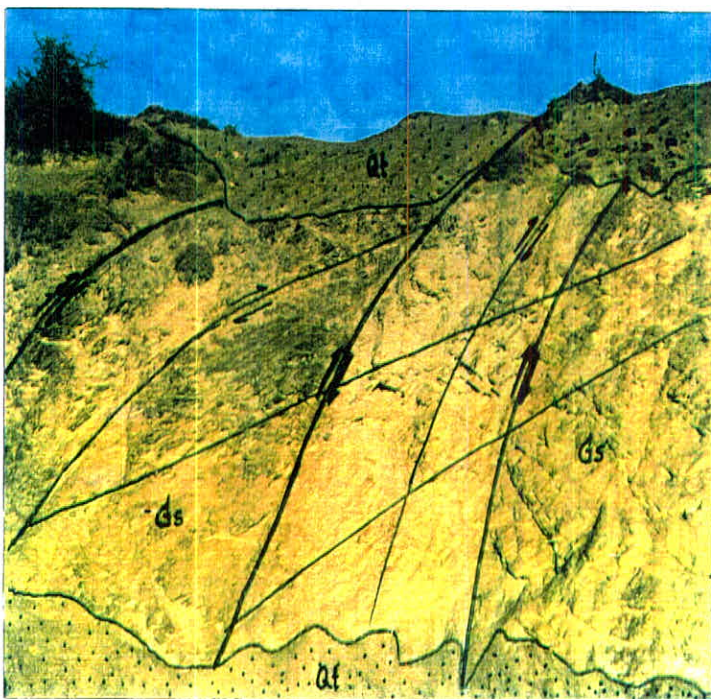
راندگی مذکور سبب تبلور مجدد و خرد و برشی شدن سنگهای آهکی سازند لار همراه با توسعه ریزچینه‌های گسلی در فیلیتهای سیاه‌رنگ سری گرگان شده است. در شمال شرق دهکده رادکان سازند لار بر روی سنگ آهکهای مارنی و مارنهای کرتاسه فوقانی رانده شده ولی مرز فوقانی آن با واحدهای سنگی جوانتر مشاهده نشده است. سن این سازند در مقطع تیپ ژوراسیک فوقانی (Oxfordian-Tithonian) است.

۵- واحدهای چینه ای کرتاسه بالائی (Upper cretaceous Stratigraphic units)

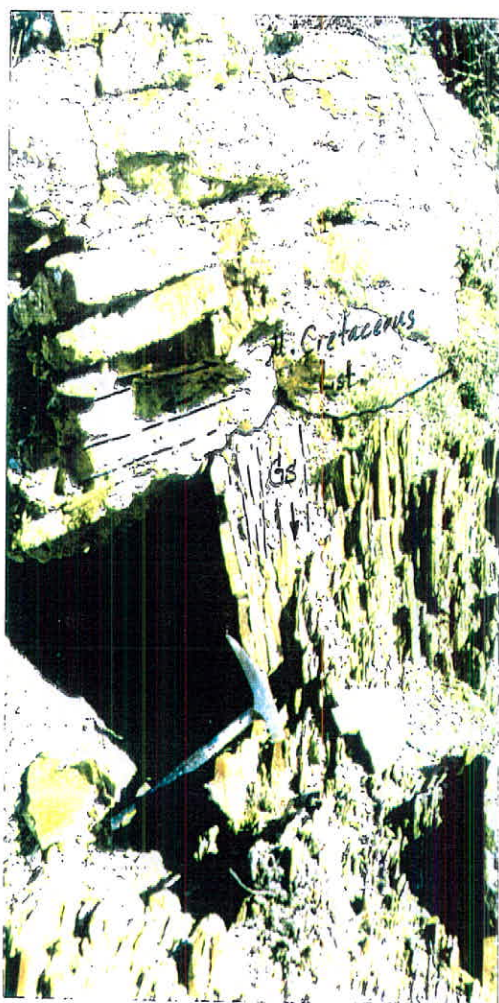
هوبر (۱۹۵۷)، مارنهای کرتاسه فوقانی را با ضخامتی بیش از ۴۰۰ متر در دره نکا گزارش کرده است. بر اساس مطالعات ایشان، سنگ آهکهای صورتی رنگ قاعده این واحد سنگی به مارنهای سیلتی خاکستری رنگی تبدیل شده اند. واحدهای سنگی کرتاسه بالایی در اطراف روستای یانه سر بررسی و تحت عنوان سازند یانه سر معرفی شده اند (صالحی راد، ۱۹۷۹). این سازند با ضخامتی حدود ۴۱۵ متر عمدتاً از مارن، سنگ آهکهای مارنی، تناوب سنگ آهک و مارن و سنگ آهکهای ماسه ای تشکیل شده است. بنابر مطالعات قاسمی (۱۳۶۹)، راندگی سنگهای کرتاسه فوقانی (در حاشیه رودخانه رادکان) بر روی سنگهای دگرگونی گرگان و سازند قزل قلعه - مبارک به خوبی مشهود است. ایشان رخساره سنگی کرتاسه بالایی را در ناحیه مورد مطالعه، مشابه سازندهای همزمان خود در کپه داغ (سازند آتامیر و آبدراز) دانسته اند.

با توجه به مطالعات انجام شده (گزارش اخیر) چنین به نظر می رسد که حد زیرین این واحد در محدوده مورد مطالعه با سری دگرگونی گرگان به صورت دگرشیبی زاویه ای است. حد فوقانی آن نیز به صورت فرسایشی و نامشخص می باشد.

واحد های سنگ چینه ای کرتاسه بالایی در بخش های جنوبی ناحیه مورد مطالعه به صورت تناوبی از سنگ آهک های ماسه ای گلوکونیت دار متوسط لایه به رنگ سبز زیتونی متناوب با مارل های سفید و نقره ای رنگ دارای ماکروفسیل های فراوان اینوسراموس (Inoceramus)، قطعات اکینوئید و مرجانها شاخه ای بوده که به سنگ آهک های مارنی نودولار و گلوکونیت دار سفید متمایل به خاکستری، ضخیم لایه تا متوسط لایه با فسیل های اینوسراموس و آناکیتس (Anachytes) تبدیل شده اند. این توالی در واقع یک واحد رانده شده را تشکیل داده که بر روی سنگ های دگرگونی گرگان و سازندهای قزل قلعه و مبارک از سمت شمال به جنوب با تلفیقی از سیستم بر اساس چینه های گسلی و میکرو دپلکسها (عکس ۴-۹) رو رانده و جایگزین شده اند (عکسهای ۴-۱۰ و ۴-۱۱).

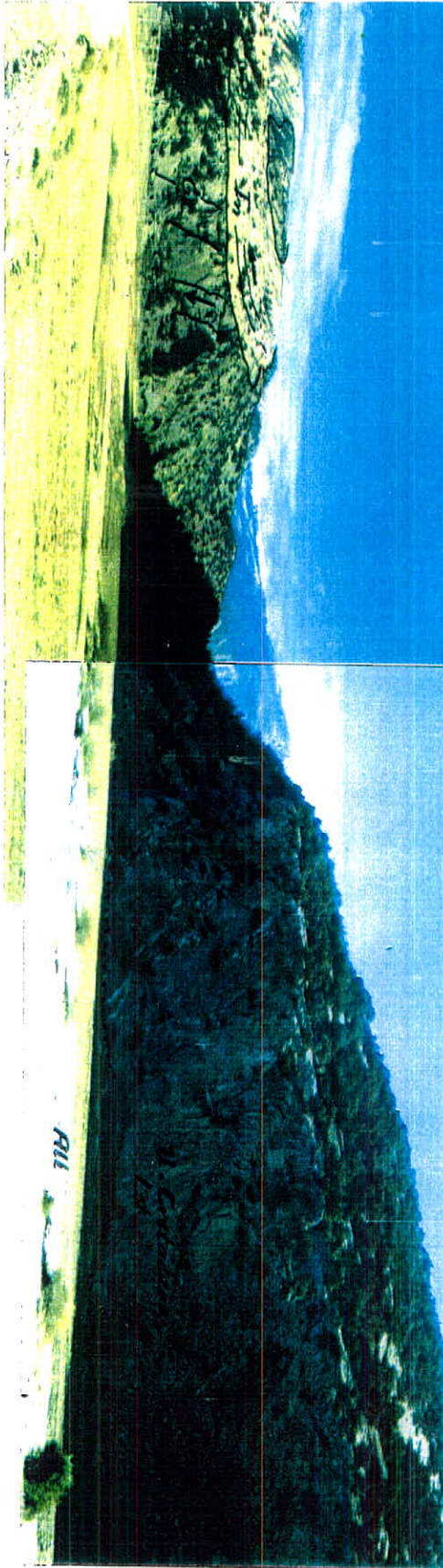


عکس شماره (۴-۹) - راندگی و دپلکسها در شیست گرگان جنوب رادکان



عکس شماره (۴-۱۰) - دگر شیپی بین آهکهای کرتاسه فوقانی و شیستهای گرگان

شرق روستای رادکان



عکس شماره (۴-۱۱) - دگر شیبتی بین آهکهای اینوسیراموس دار و سازند قزل قلعه

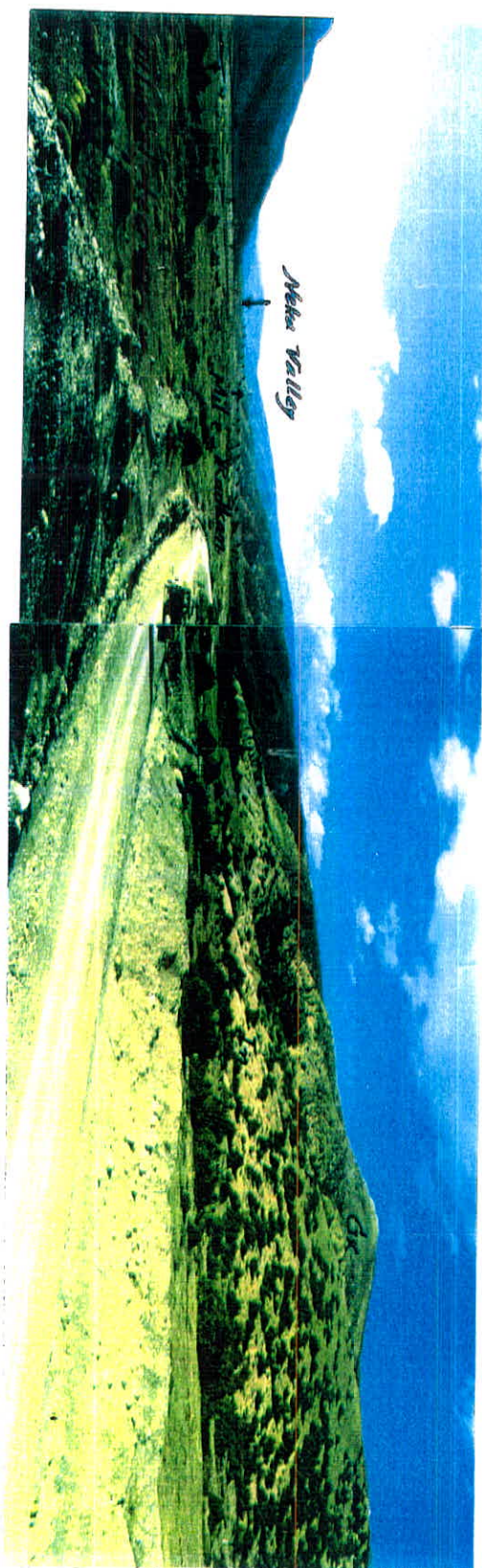
و بیرونزدگی آهکهای کرتاسه فوقانی (دید به سمت جنوب شرقی)

۴-۳-۲- شرح نقشه زمین شناسی

همانگونه که در بخش مرفولوژی اشاره گردید، دره های بزرگ منطقه غالباً " منشاء گسلی دارند به طوریکه دره رودخانه نکا با راستای تقریبی شرقی - غربی که در محدوده جنوبی منطقه قرار گرفته در راستای گسل رورانده رادکان (Radkan Thrust Fault) و دره های مغزی و جهان نما نیز با منشاء مشابه در راستای گسلهای رورانده مغزی و جهان نما (Jahannama & Maghzi Thrust Fault) واقع گردیده اند که از شاخه های فرعی روراندگی رادکان محسوب می شوند.

دره های بزرگ چمن ساور و گلدین دره با راستای تقریبی شمالی - جنوبی در امتداد شکستگیهای بزرگ مقیاس امتداد لغز راستگرد (Right- Lateral Strike Slip Fault) با همین نام قرار گرفته اند. در دامنه شمالی ارتفاعات منطقه نیز دره های کبودرف، دوآب، بندبند و تیل سری بر قطعات (Segments) گسلهای امتداد لغز راستگرد تشکیل شده اند. شاخه های فرعی این دره ها معمولاً " بر امتداد گسلهای امتداد لغز چپگرد (Left- Lateral Strike Slip Fault) واقع گردیده اند. با توجه به این مطلب و نقشه زمین شناسی ۱: ۵۰,۰۰۰ ضمیمه راستای دره ها و به تبع آن رودخانه ها و آبراهه ها مشخصاً " سنگی (Fault Controlled) می باشند عکس شماره (۴ - ۱۲).

در محدوده شرق روستای رادکان تا روستای کندآب (جنوب غربی محدوده مورد مطالعه) توده های زمین لغزه (Slamp & Landslides) گسترش چشمگیری دارند. این لغزشها که در توده شیبتهای دگرگونی گرگان اتفاق افتاده موجب گردیده اند تا در بالا دست روستاهای رادکان و کندآب سطح مسطحی به وجود آید. (سطح فوقانی بخش



عکس شماره (۴-۱۲) - نمای از دره نکا (دید به سمت غرب)

زمین لغزه ها) و در اثر فرسایش و هوازدگی در آن بخش خاکهای سطحی توسعه یافته که برای کشاورزی استفاده می شود.

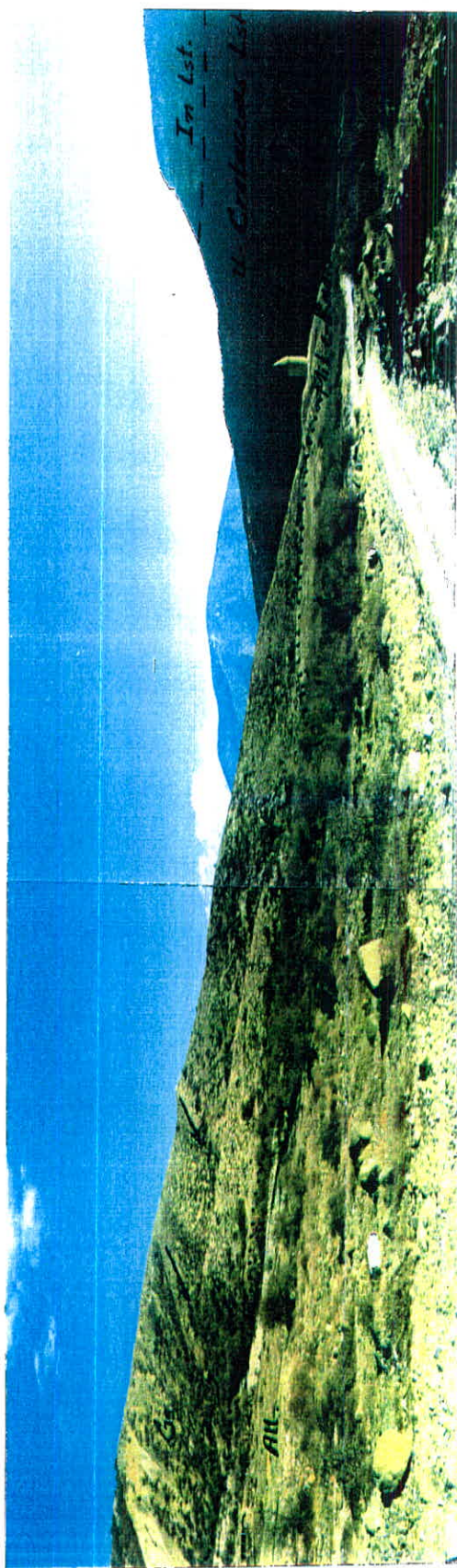
پرتگاهها (Scarpments) عمدتاً در محدوده برونزدگی آهکهای لار و در لبه شمالی کوه درازنو تشکیل گردیده اند که از نوع پرتگاههای خطی- گسلی (Fault - line scarp) می باشند. نوع دیگر پرتگاه در این منطقه در شمال روستای رادکان و در لبه آغاز بخش زمین لغزهها و ارتفاعات مشرف به روستا واقع در بالادست آن تشکیل گردیده که از نوع پرتگاههای خطی (Line Scarp) می باشند مخروطهای افکنه (Alluvial Fans) عمدتاً در بستر رودخانه نکا و در ساحل شمالی آن توسعه یافته اند. توسعه مخروطهای افکنه از لحاظ مرفوتکتونیکی نشانگر بالا آمدگی (Uplift) فعال و خردشدگی (Crashing) شدید در ناحیه و در نتیجه نشان دهنده فعالیت تکتونیکی منطقه است. این مسئله در توسعه تراسهای آبرفتی (Alluvial Terrace) چند مرحله ای در بستر رودخانه نکا نیز کاملاً مشهود می باشد (عکسهای ۴-۱۳ و ۴-۱۴).

محدوده مورد مطالعه از لحاظ ساختاری به صورت یک ناودیس فرارنده (Overthrust Syncline) می باشد که بالا آمدگی آن (Uplifting) به علت عملکرد گسلهای تراسی متعددی است که در بخش یال جنوبی ناودیس یاد شده (ناودیس رادکان) توسعه دارند. این منطقه به عنوان بخشی از سیستم کمربند چین خوردگی - روراندگی (Folded-Thrust Belt) البرز بوده و همانند سایر بخشهای این کمربند شرایط مشابهی را دارا می باشد. از محدوده دشت گرگان با ارتفاعی نزدیک به سطح دریا، البرز در فاصله افقی نزدیک به ۷ کیلومتر به ارتفاعی نزدیک به ۲۵۰۰ متر از سطح

زمین لغزه ها) و در اثر فرسایش و هوازدگی در آن بخش خاکهای سطحی توسعه یافته که برای کشاورزی استفاده می شود.

پرتگاهها (Scarpnants) عمدتاً در محدوده برونزدگی آهکهای لار و در لبه شمالی کوه درازنو تشکیل گردیده اند که از نوع پرتگاههای خطی- گسلی (Fault - line scarp) می باشند. نوع دیگر پرتگاه در این منطقه در شمال روستای رادکان و در لبه آغاز بخش زمین لغزه ها و ارتفاعات مشرف به روستا واقع در بالادست آن تشکیل گردیده که از نوع پرتگاههای خطی (Line Scarp) می باشند مخروطهای افکنه (Alluvial Fans) عمدتاً در بستر رودخانه نکا و در ساحل شمالی آن توسعه یافته اند. توسعه مخروطهای افکنه از لحاظ مرفوتکتونیک نشانگر بالا آمدگی (Uplift) فعال و خردشدگی (Crashing) شدید در ناحیه و در نتیجه نشان دهنده فعالیت تکتونیک منطقه است. این مسئله در توسعه تراسهای آبرفتی (Alluvial Terrace) چند مرحله ای در بستر رودخانه نکا نیز کاملاً مشهود می باشد (عکسهای ۴-۱۳ و ۴-۱۴).

محدوده مورد مطالعه از لحاظ ساختاری به صورت یک ناودیس فرارنده (Overthrust Syncline) می باشد که بالا آمدگی آن (Uplifting) به علت عملکرد گسلهای تراستی متعددی است که در بخش یال جنوبی ناودیس یاد شده (ناودیس رادکان) توسعه دارند. این منطقه به عنوان بخشی از سیستم کمربند چین خوردگی - رورانندی (Folded-Thrust Belt) البرز بوده و همانند سایر بخشهای این کمربند شرایط مشابهی را دارا می باشد. از محدوده دشت گرگان با ارتفاعی نزدیک به سطح دریا، البرز در فاصله افقی نزدیک به ۷ کیلومتر به ارتفاعی نزدیک به ۲۵۰۰ متر از سطح



عکس شماره (۴-۱۳) - وضعیت فرارگیری لایه های شیبت در جنوب رادکان

(دید به سمت جنوب شرقی)



عکس شماره (۴-۱۴) - راندگی شیست بر روی سازند قزل قلعه، شرق رادکان

(دید به سمت شمال)

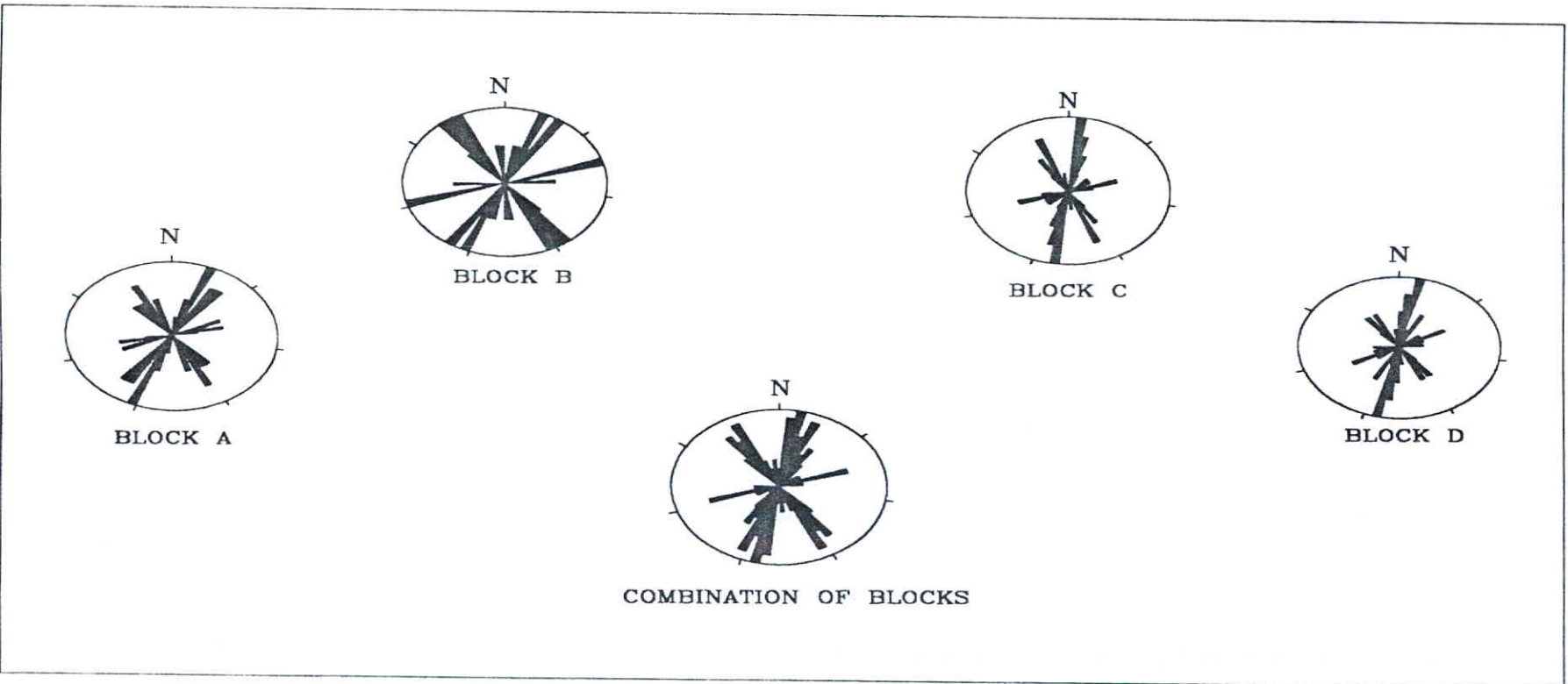
دریا واقع شده است که این افزایش ناگهانی ارتفاع نیز حاصل شرایط تکنونیک فعال منطقه و عملکرد گسلهای رورانده در منطقه مورد مطالعه است. مهمترین راندگی منطقه مربوط به گسل تراستی است که در مسیر دره رودخانه نکا واقع است (Neka Thrust). شاخه های فرعی (Segments) این راندگی با زاویه ای در حدود ۳۰ درجه به صورت کمانهائی با آرایش پر مانند از راندگی نکا منشعب می گردند. در طول راندگی نکا و مهمترین شاخه فرعی آن که با عنوان رورانده شمال دره مغزی در نقشه زمین شناسی ضمیمه مشخص گردیده، سری دگرگونی گرگان بر روی سازند قزل قلعه به سمت جنوب شرقی رانده شده است. سری دگرگونی گرگان و سازند قزل قلعه و راندگیها به وسیله سازند آهکی ژوراسیک فوقانی لار و آهکهای مارلی و مارلهای سفید رنگ اینوسراموس دار کرتاسه فوقانی به صورت دگرشیب زاویه ای (Angular Unconformity) پوشیده شده اند.

یکی از دیگر عوارض مهم ساختاری، شکستگیهای بزرگ مقیاس با عملکرد امتداد لغز چپگرد می باشند که دارای راستای تقریباً شمالی - جنوبی هستند.

بر این اساس محدوده مورد نظر به چهار بلوک با راستای شمالی - جنوبی تقسیم شده است که از غرب به شرق بلوک A تا D را شامل می شود (نقشه ساختاری ضمیمه). ارتفاع بلوکهای یاد شده مشخصاً در محدوده مورد مطالعه از غرب به شرق افزایش می یابد. ناودیس بالا آمده رادکان در واقع به صورت زمینهای ناودیسی مرتفع (Synclinal Upland) تشکیل گردیده است. مرز بین بلوکهای A و B را گسل دوآب، B و C را گسل درازنو و C و D را گسل چمن ساور تشکیل می دهند، که همگی از نوع امتداد لغز چپگرد می باشند. لازم به ذکر است که دگرشکلی نیز متناسباً از سمت

غرب به شرق افزایش یافته است. ناودیس رادکان با راستای تقریبی $N65^{\circ} E$ در امتداد شرق - شمال شرقی، غرب - جنوب غربی تشکیل گردیده است. علیرغم اینکه راستای این ناودیس نسبت به راستای گسل رورانده اصلی منطقه یعنی گسل رورانده نکا زاویه ای در حدود 25° درجه دارد و این مسئله با تحلیل ساختاری منطقه با سیستم فشارشی در تناقض است، لیکن با توجه به انشعابات فرعی این گسل و راستای قرارگیری آنها که کم و بیش به موازات محور ناودیس هستند، می‌توان راستای شکل‌گیری چین و گسل‌های منطقه را بر اساس سیستم فشارشی توجیه و تحلیل نمود. البته به منظور دستیابی به سیمای روشن‌تری از تکتونیک منطقه، سیستم شکستگیها بر اساس نقشه ساختاری منطقه با مقیاس $1:50,000$ که به ضمیمه گزارش موجود می‌باشد، با استفاده از روش تهیه رزیدیاگرام (شکل ۴-۴) مورد بررسی و تحلیل آماری قرار گرفته که نتایج به دست آمده در این بخش ارائه می‌گردد.

همانگونه که قبلاً توضیح داده شد منطقه مورد مطالعه جهت مطالعه پراکنش و راستای شکستگیها و سایر مطالعات آماری، به چهار بلوک تقسیم گردید. پس از اندازه‌گیری راستای شکستگیها در هر بلوک، رزیدیاگرامهای جداگانه ای در هر مورد و نهایتاً از تمام محدوده یک رزیدیاگرام تهیه و مورد مقایسه قرار گرفته است. در رزیدیاگرامهای تهیه شده سه راستای غالب قابل تشخیص می‌باشد که در جدول (۴-۱) ارائه شده است.



شکل (۴-۴) - رز دیاگرامهای پراکنش شکستگیها در بلوکهای چهارگانه و کل منطقه

جدول ۴-۱ - راستاهای اصلی شکستگیها در بلوکهای A,B,C,D در محدوده رادکان

راستای شکستگیها	بلوک A	بلوک B	بلوک C	بلوک D
I	N25° E	N27° E	N7° E	N10° E
II	N75° E	N72° E	N70° E	N64° E
III	N155° E	N145° E	N155° E	N140° E

همانگونه که در جدول (۴-۱) مشخص است، در ردیف نخست آزمون راستای اصلی شکستگیها در بلوکهای A و B تقریباً یکسان است (۲۵° و ۲۷°)، در حالیکه این عدد در بلوکهای C و D مشخصاً نسبت به میانگین دو بلوک اول (۲۶°) به ترتیب ۱۹° و ۱۶° کاهش یافته است. به عبارت دیگر میانگین راستای اصلی در دو بلوک دوم که تقریباً برابر است با ۸° نسبت به دو بلوک اول مشخصاً ۱۸° کاهش و به راستای شمال نزدیکتر شده است. لیکن راستاهای اصلی دوم و سوم در چهار بلوک تغییرات قابل ملاحظه را نشان نمی دهند.

با توجه به چرخش راستای گسلهای تراستی (انشعابات گسل تراست نکا) در مرز بلوکهای B و C در خلاف جهت چرخش عقربه های ساعت و به میزان تقریبی ۱۵° می توان چنین نتیجه گرفت که نخستین دسته شکستگیهایی که تشکیل گردیده اند با راستای متوسط N26° E بوده، سپس دسته دوم متعاقباً با عملکرد شکستگیهای امتداد لغز چپگرد بزرگ مقیاس و رورانگی همزمان موجب چرخش راستای ناودیس رادکان در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت گردیده است و نهایتاً شکستگیهای با روندهای N150° E و N70° E تشکیل گردیده اند.

با توجه به شرایط زیر وضعیت ساختاری منطقه با الگوی زونهای برشی

(Shear Zone) چپگرد قابل توجهی می باشد.

۱- اکولادی شکل بودن ناودیس رادکان یا به عبارت دیگر خمیدگی آن

۲- آرایش ان اشلون (En-echelon) چینها

۳- مزدوج بودن شکستگیهای بزرگ مقیاس

۴- سیستم قرارگیری شکستگیهای نسبت به یکدیگر

۵- زاویه قرارگیری چینها نسبت به شکستگیها بزرگ مقیاس امتداد لغز در منطقه مورد

مطالعه

۶- فراوانترین شکستگیها بر اساس مدل ریدل (Ridel) به ترتیب شکستگیهای R و R'

با راستاهای متوسط $N10^{\circ} E$ و $N70^{\circ} E$ و X با روند $N150^{\circ} E$ و D با روند N-S

تعلق دارند.

سایر شکستگیها شامل شکستگیهای درجه بالاتر ریدل به همراه شکستگیهای

مرتبط به چین خوردگی، سایر روندهای موجود در رزیدیاگرامها را تشکیل می دهند.

البته به دلیل همراهی شکستگیهایی از مرتبه های گوناگون که از گسلهای برشی اصلی

منشا گرفته اند، گسلهایی ظاهراً "مداوم و پیوسته ولی خمیده به وجود آمده است که

نمی توان حقیقتاً آنها را به عنوان یک گسل در نظر گرفت، زیرا که اینگونه شکستگیها

ترکیبی از گسلهای متفاوتی هستند که به یکدیگر پیوسته و گسل ظاهراً "واحدی را

تشکیل داده اند. هنگامی که دو مجموعه شکستگی دارای روندهای نزدیک به یکدیگر

باشند (مانند مجموعه اصلی R, X, D, R' همراه آن)، تشخیص انواع تشکیل دهنده یک

گسل خمیده ترکیبی مشکلتر می شود.

همانطور که می توان انتظار داشت برخی از امتدادها ممکن است به انواع مختلفی از شکستگیها یا مرتبه های گوناگون آنها در مدل ریدل (Ridel, 1929) یا مدلهای تکمیلی دیگر (Tchalenko, 1968; Freund, 1974; Oliver, 1987; McCoss, 1986; Torn & Bran, 1991; Krantz, 1994) تعلق داشته باشد. لذا در مورد طبقه بندی و نامگذاری آنها بر اساس روندهای به دست آمده از دیاگرامهای رز به طور قطعی، دقت بیشتر و مطالعات دقیقتر تفصیلی لازم و ضروری به نظر می رسد.

نوع جابجائیها و نشانه های ساختاری و رسوبی گوناگون و همچنین ارتباط زاویه ای و هندسی بین محور چینها و مجموعه های مختلف گسلها قابل تشخیص می باشند.

۴-۳-۳- پالئوژئوگرافی منطقه

وضعیت پالئوژئوگرافی منطقه مورد مطالعه و تطابق چینه شناختی بین این منطقه (پهنه گرگان - رشت) با سایر مناطق زمین شناختی مجاور (پهنه های البرز و ایران مرکزی) در مقیاسی وسیع تر را می توان از زمان رسوبگذاری سازند لالون در کامبرین زیرین تا میانی مورد بررسی قرار داد.

سازند لالون در محیطی پلاتفرمی و با رخساره غالب ماسه سنگی و شیلهای قرمز رنگ در تمامی پهنه های ایران مرکزی، البرز شرقی، گرگان - رشت لیتولوژی کم و بیش مشابهی را دارا می باشد. لالون در بخشهای شمالی تر پهنه گرگان - رشت در بخش قاعده دارای سنگنهائی با منشأ آتشفشانی است که شاید بتوان این ولکانیکها را حاصل فازهای آرامش (Relaxation Phase) پس از فاز کوهزانی آنتیک (Asontic Orogeny) در اینفراکامبرین دانست. مشابه این سنگها در سازند هرمز که

معادل بخش تبخیری سازند لالون در نظر گرفته شده است (قویدل سیوکی، ۱۹۹۰)،
نیز گزارش شده است.

گذر از کامبرین به اردویسین در این محدوده با انقطاع رسوبگذاری همراه است
به طوریکه مرز سازندهای ابستو با رخساره دولومیت، سنگ آهک و شیل‌های فسیل دار و
ابرسج با رخساره شیل‌های میکا دار و ماسه سنگ‌های کوارتزی با سازند لالون با
نایبوستگی همراه می باشد. در حالیکه در البرز این مرز (سازند میلا) کاملاً پیوسته
است.

سیلورین در پهنه گرگان - رشت با سازند بازالتی سلطان میدان (ولکانیکهای
نکارمن) مشخص می گردد، در حالیکه در البرز با نایبوستگی همراه می باشد که در مرز
سازندهای میلا و جبرود واقع گردیده است. شکل گیری ولکانیکهای سازند سلطان
میدان که متشکل از سنگ‌های اسپیلیتی، بازالت و آندزیت پورفیریک می باشد و نبود
رسوبگذاری یاد شده در البرز حاصل عملکرد فاز کوهزائی کالدونین در منطقه است.

دونین در پهنه گرگان - رشت با رسوبگذاری سازندهای پادها و خوش بیلاق
همراه می باشد. سازند پادها با ترادفی از کنگلومرای قاعده ای قرمز رنگ حاوی قطعاتی
از سنگ‌های ولکانیکی (بازالت‌های سلطان میدان) و گدازه های بازالتی تا بازالت آندزیتی
و نهایتاً ماسه سنگ‌های ارتوکوارتزی سفید حاوی تتناکولیتس (Tentaculites)، بر
روی سازند سلطان میدان با یک نایبوستگی فرسایشی تشکیل گردیده لیکن حد بالائی
آن با سازند خوش بیلاق عادی است این واحد به عنوان بخش قاعده ای سازند خوش
بیلاق نیز لحاظ شده است. سن سازند پادها دونین بالائی (فراسنین - فامنین) تعیین
شده است (قویدل سیوکی، ۱۳۷۰).

خوش ییلاق با تشکیل کنگلومرای قاعده ای (Basal conglomerate) در دونین بالائی (Frasnian-Famenian) و متعاقبا " ترادفی از لایه های ماسه سنگ ، ماسه سنگ کوارتزیتی و شیل در بخش زیرین مشخص می گردد . خوش ییلاق در بخش میانی عمدتا" دارای رخساره ماسه سنگی و کنگلومرای قرمز رنگ به همراه میان لایه ایهای معدودی از دیاباز و گچ می باشد و در بخش فوقانی شامل توالی از سنگ آهک ، آهک مارنی و مارنهای پرفسیل می باشد. نبود رسوبگذاری مربوط به قاعده خوش ییلاق و مرز آن با بازالت‌های سلطان میدان نشانگر عملکرد فاز فشارشی کالدونین (Caledonian Compressional Phase) در منطقه می باشد. پیشروی مجدد دریا در دونین فوقانی موجب رسوبگذاری خوش ییلاق در محیط دریائی کم عمق در شرایط آب و هوائی گرم و خشک گردیده که تدریجا" به سمت بالای سکانس محیط دریائی تثبیت گردیده است .

تشکیل کنگلومرا در قاعده سازند مبارک (Basal Conglomerate) نشانگر کاهش مجدد عمق آب و پسروی دریا و احتمالا" انقطاع کوتاه مدت رسوبگذاری (Hiatus) در مرز این دو سازند می باشد که تدریجا" همراه با پیشروی مجدد دریا در طی کربنیفر زیرین سازند مبارک با ترادفی از ماسه سنگهای ارتوکوارتزیتی به تدریج به سنگ آهک میکرایتی سیاه رنگ بیتومینه و شیل‌های خاکستری تا سیاه رنگ تشکیل گردیده که نشانگر افزایش تدریجی عمق آب و محیطی احيائی و فاقد اکسیژن می باشد.

در محدوده مورد مطالعه کربنیفر با رسوبگذاری سازند قزل قلعه با ، رخساره آهک فسیل دار (براکیوپود) در قاعده ، سنگ آهک ماسه ای تا ماسه سنگ آهکی و نهائیتا" شیل‌های رنگی در محیطی دریایی کم عمق نریتیک تا نیمه عمیق تداوم یافته است.

با گذر از پهنه گرگان - رشت که محدوده مورد مطالعه در آن واقع گردیده، به سمت جنوب در پهنه البرز، محدوده زمانی دونین تا کربنیفر با رسوبگذاری سازند جیروند مشخص می‌گردد که رخساره‌ای مشابه با خوش‌یسیلاق را دارا است، لیکن تمامی سیلورین و دونین زیرین و میانی با نبود رسوبگذاری (Gap) توأم است. از طرف دیگر کربنیفر میانی و بالائی نیز با نبود رسوبگذاری (Gap) توأم می‌باشد. البته شایان ذکر است که نهایتاً "گذر از کربنیفر به پرمین با نبود چینه‌ای توأم است که حاصل عملکرد فاز فشارشی هرسینین (Hercynian Compressional Phase) در تمامی این محدوده می‌باشد.

در محدوده ایران مرکزی در محدوده زمانی دونین فوقانی تا پرمین رسوبگذاری پیوسته‌ای با تشکیل سازندهای نیور، پادها، سبزار، بهرام، شیشتو و سردر صورت گرفته و اثرات مشخصی از فاز فشارشی هرسینین قابل مشاهده نیست، لیکن حد فاصل زمانی اردوئیسین زیرین (سازند شیرگشت) تا دونین فوقانی (سازند نیور) با نبود چینه‌ای (Gap) توأم می‌باشد که نشانگر تاثیر فاز فشارشی کالدونین در ایران مرکزی است که از این لحاظ با منطقه مورد مطالعه تشابه کامل دارد.

در محدوده مورد مطالعه هیچگونه اثری از سازندهای پرمین تا ژوراسیک بالائی مشاهده نشده است و سازند آهکی لار به صورت دگرشیب بر روی سری دگرگونی گرگان واقع گردیده است. لذا در مورد چگونگی تشکیل سری دگرگونی گرگان و زمان این رخداد، سرگذشت زمین‌شناختی این محدوده با دیگر بخشهای پهنه گرگان - رشت متفاوت خواهد بود.

با توجه به مطالعات شاه‌پسند زاده (۱۳۷۱) و نمونه‌هائی که توسط قویدل

سیوکی مورد بررسی دقیق پالینولوژیکی قرار گرفته ، سن دونین بالائی (فراسنین - فامنین) تا کربنیفر زیرین برای سری دگرگونی گرگان (شیستهای گرگان) محرز و قطعی است . از طرف دیگر تشابه لیتولوژیکی این سنگهای دگرگون با سازندهای پادها و خوش بیلاق و سن زمین شناسی یکسان با شیستهای گرگان از یک سو و تشابه لیتولوژیک بخش متاولکانیکهای قاعده سری دگرگونی گرگان با سازند بازالتی سلطان میدان از سوی دیگر ، نشانگر آن است که احتمالاً "بازالتهای سیلورینی سلطان میدان و سازند دونین فوقانی خوش بیلاق در بخش حاشیه شمالی ابر قاره گندوانا در طی فاز فشارشی هرسی نین دست خوش دگرگونی گردیده اند و متعاقباً" در طی راندگی به سمت جنوب - جنوب شرقی تدریجاً" این سری دگرگونی در مجاورت بخشهای دگرگون نشده همین سازندها قرار گرفته اند.

با توجه به مجاورت منطقه بیرون زدگی این سری دگرگونی با لبه فشارش احتمالاً" در طی مدت زمانی طولانی تر پس از پیشروی دریا در سایر مناطق ، پهنه گرگان- رشت خارج از آب قرار داشته و تنها آثار رسوب گذاری پس از ژوراسیک بر روی آن به صورت محدود قابل تشخیص می باشد.

با توجه به اینکه شدت دگرگونی از شمال - شمال غربی به سمت جنوب - جنوب شرقی در سری دگرگونی گرگان کاهش می یابد ، نظر فوق بیشتر تایید شده و می توان آنرا شاهد دیگری بر این مدعا دانست.

البته نهایتاً" عملکرد فازهای آلبی قدیمی شامل کیمیرین و لارامید و فازهای آلبی جوان موجب افزایش شدت دگرشکلی و تکامل ساختاری منطقه مورد مطالعه به صورت امروزی گردیده است.

فصل پنجم

نمونه برداری و

آزمایشهای دستگاهی

۵-۱- مقدمه

همانطوریکه از عنوان طرح برمی آید هدف از این مطالعات پتانسیل یابی و پیشجویی مواد معدنی در شیستهای گرگان می باشد. در این راستا و با توجه به شرح خدمات قرارداد منعقد و با توجه به نظر کارفرمای محترم و مطالعات انجام شده، این مهندسان مشاور به برداشت تعداد ۴۹ نمونه اقدام نمود که از این تعداد ۶ نمونه جهت مطالعات پتروگرافی و بقیه نمونه ها به تعداد ۴۳ عدد برای مطالعات پتانسیل یابی عناصر فلزی در شیست ها در نظر گرفته شد.

در ادامه به تفصیل وضعیت و نتایج حاصل از نمونه های برداشت شده، آورده شده است و مدارک مربوط به نتایج آنالیزها در ضمیمه گزارش آمده است.

۵-۲- روش نمونه برداری و طراحی شبکه در شیستهای گرگان

در نمونه برداریهای معدنی هدف این است که با برداشت مقداری از ماده معدنی مورد نظر بتوان با حداقل خطای ممکن نمونه ای را تهیه نمود تا به عنوان نمونه نماینده از جامعه مورد بررسی باشد. برای برداشت نمونه ای که در حد قابل قبول نماینده باشد، باید یک حداقل وزن را برای آن تعیین کرد.

روشهای مختلفی برای تعیین وزن نمونه ارائه شده است و می توان از روابط بسیار ساده و کم هزینه تا روشهای دقیق و پرهزینه استفاده کرد. تمام این روشها در یک نقص مشترک هستند که به شکل نمونه برداری مربوط می شود و آن این است که قبل از طراحی نمونه برداری، باید از برخی مشخصات ذاتی واحد نمونه برداری مثل قطر فوقانی ذرات و وزن آنها، وزن مخصوص ذرات مختلف، درجه آزادی کانیها، میزان تغییر پذیری و پراش کمیت مورد نظر در واحد نمونه برداری اطلاعاتی در دست داشت.

بر این اساس با توجه به وزن مخصوص ، نحوه پراکندگی ، اندازه ذرات و درجه آزادی عناصر مورد نظر در پیجویی شیست های گرگان روش نمونه برداری بر اساس نمونه برداری کاملاً تصادفی با احتمال ثابت در نظر گرفته شد که به این منظور نمونه هایی به وزن ۲ تا ۳ کیلوگرم از زیر قسمت هوازده توسط روش نمونه برداری لب پری (Chip Sampling) برداشت گردید.

با توجه به مرفولوژی ، پوشش گیاهی ، مناطق قابل دسترسی ، گسترش و موقعیت منطقه مورد نظر ، سعی گردید محل نمونه ها بر روی نقشه توپوگرافی بر روی روندهای خطی از قبیل امتداد کتاکتهای دگرگونی ، گسلها ، رگه های احتمالی و لایه ها که تغییر پذیری کمتر است ، چگالی شبکه نمونه برداری کمتر و برعکس در امتداد عمود بر روندهای خطی با پراش بیشتر ، شبکه نمونه برداری با چگالی بیشتر طراحی گردد.

۵-۳- عملیات نمونه برداری

با توجه به آنچه گفته شد و بر اساس اصول نمونه برداری ، در طی چند مرحله پیمایشهایی صورت گرفت که ۴۷ عدد نمونه از شیست ها برداشت گردید. محل برداشت نمونه ها بر روی نقشه موقعیت نمونه ها به پیوست می باشد.

عملیات نمونه برداری در محدوده ای به وسعت ۸۰ کیلومتر مربع در حد فاصل شهرستان کردکوی (مرز شمالی) و روستای رادکان (مرز جنوبی) انجام گردیده است. با توجه به اینکه بخشی از منطقه که دامنه شمالی ارتفاعات منطقه و محدوده رخنمون شیستهای گرگان را تشکیل می دهد ، دارای پوشش جنگلی متراکم می باشد ، عملیات نمونه برداری در این بخش با معضلات متعددی همراه بوده و لذا امکان تعیین یک شبکه منظم و طرح جامعی جهت نمونه برداری امکان پذیر نبود. لذا در این بخش سعی

گردیده تا حتی المقدور فواصل نمونه برداریها و شرایط مطلوب جهت نمونه برداری (حصول اطمینان از برجای بودن توده و عدم هوازدگی نمونه و عدم اختلاط با گیاه خاک و یا اجزاء گیاهی) مطابق با استاندارد معمول، انتخاب و رعایت شود. البته در دامنه جنوبی این ارتفاعات به دلیل پوشش گیاهی کمتر امکان بررسی دقیق تر تا حدودی فراهم بوده است. شایان ذکر است که در این بخش به دلیل تشکیل زمین لغزه های گسترده در محدوده روستاهای کندآب تا شرق رادکان و پوشش شیست ها توسط آهکهای اینوسراموس دار کرتاسه بالائی و آهکهای لار، به طور کلی محدوده برونزد این سری دگرگونی محدود بود که خود مانع دیگری در راه نیل به شبکه نمونه برداری مطلوب می باشد.

با توجه به شرایط جغرافیائی و محدودیتهای یاد شده در مسیرهای (۱) کردکوی - درازنو، (۲) درازنو - رادکان و (۳) رادکان - جهان نما در بخشهایی که رخنمون مناسب وجود داشت، با حفظ فاصله لازم جهت نمونه برداری عملیات نمونه برداری انجام گرفته است.

۴-۵- آماده سازی نمونه های شیست

از تعداد ۴۷ نمونه برداشت شده در مرحله عملیات در مجموع ۲۵ نمونه جهت فرستادن به آزمایشگاه آماده شدند.

از آنجا که بخش کانه فلزات قیمتی احتمالی نظیر طلا در شیست ها دارای عیار پائینی می باشد و توزیع احتمالی ذرات در درون سنگها از نوع پواسون است، بهتر دیده شد جهت حذف اثرات نامطلوب جدایش و کاهش ناهمگنی توزیعی (Distribution Heterogenity) کل نمونه مورد نظر جهت خردایش آماده و پس از همگن

ساختن با روش چهارضلعی (Conning - quartering) در طی چند مرحله و برداشتن نمونه شاهد جهت آنالیز آزمایشگاه ارسال گردد. عمل خردایش به وسیله سنگ شکن فکی صورت گرفته است که حداکثر ابعاد ذرات آن پس از این مرحله تا زیر یک میلی متر خرد شده است و پس از آن توسط آسیای گلوله ای به روش خشک، نمونه ها آسیاب گشتند. آنالیز سرنندی نمونه های خرد شده در این مرحله نشان می دهد که ابعاد بیش از ۹۰ درصد نمونه زیر ۲ میلی متر می باشد.

۵-۵- نتایج حاصله از آنالیز نمونه ها

۵-۵-۱- مقدمه

جهت آنالیز نمونه های مورد نظر دو آزمایشگاه انتخاب گردیدند که تمام تجهیزات و روشهای آزمایشگاهی این دو آزمایشگاه توسط کارشناسان شرکت مهندسان مشاور معدنکاو مورد بررسی قرار گرفت.

آنالیز XRF توسط آزمایشگاه کرج شرکت آلومینیوم ایران و آزمایشهای جذب اتمی توسط شرکت پژوهشگران شیمی انجام پذیرفت.

۵-۵-۲- اصول طیف بینی پرتو ایکس

طیف بینی پرتو X همانند طیف بینی نوری بر پایه اندازه گیری نشر، جذب، پراکندگی، فلونورسانس و پراش تابش الکترومغناطیسی بنا شده است. چنین اندازه گیریهایی اطلاعات بسیار مفیدی در مورد ترکیب و ساختار ماده فراهم می آورند. پرتو X به صورت تابش الکترومغناطیسی با طول موج کوتاه که از کند شدن الکترونها پرتوهای پر انرژی و یا از انتقالهای الکترونی الکترونها موجود در اوربیتالهای داخلی

اتمها تولید می گردد، می باشد. گستره طول موجهای پرتو X از 10^{-5} \AA تا حدود 100 \AA است.

از جمله کاربردی ترین روشهای طیف بینی پرتو ایکس مربوط به فلونئورسانس پرتو X (XRF) و پراش پرتو X (XRD) می باشد. در زیر به اختصار اصول آن مورد بررسی قرار می گیرد.

الف - فلونئورسانس پرتو X

جذب پرتو X سبب تولید یونهای برانگیخته الکترونی می شود که خود توسط انتقالاتی که در آنها، الکترونهای موجود در سطوح انرژی بالاتر شرکت دارند، به حالتی پایه خود برمی گردند. بدین ترتیب، وقتی سرب تابش با طول موجهای کوتاهتر از 0.14 \AA را جذب می کند، یک یون برانگیخته با یک لایه K خالی تولید می شود، پس از مدتی کوتاه، یون از طریق یک سری انتقالات الکترونی که مشخصه آنها نشر تابش X (فلونئورسانس) با طول موجهای مشابه با تابش X است که از برانگیختگی توسط بمباران الکترونی حاصل می شود، به حالت پایه خود برمی گردد. برای برانگیختن فلونئورسانس توسط تابش از یک لوله پرتو X باید ولتاژ حاصل به اندازه کافی بالا باشد تا اینکه طول موج برش کوتاهتر از لبه جنوبی عنصری باشد که برانگیختن طیف آن مورد نظر است.

ب - پراش پرتو X

بر همکنش بین بردار الکتریکی تابش X- و الکترونهای ماده ای که تابش از آن عبور می کند، سبب پراکندگی تابش می شود. وقتی پرتوهای X توسط محیط منظم یک بلور پراکنده می گردند. بین تابشهای پراکنده تداخل انجام می شود (هم سازند و هم

تخریبی) زیرا فاصله های بین مراکز پراکندگی به بزرگی طول منبع تابش هستند نتیجه این عمل پراش است.

وقتی یک پراش پرتو -X با زاویه θ به سطح یک بلور برخورد می کند ، جزئی از آن توسط لایه اتمی واقع در سطح پراکنده می شود. جز پراکنده نشده اشعه به داخل دومین لایه از اتمهای نفوذ می کند که در اینجا نیز قسمتی از آن پراکنده می شود و بقیه به طرف لایه سوم عبور می کند. اثر کلی این پراکندگی از مراکز با فاصله معین بلور ، پراش اشعه است. شرایط پراش تابش - X عبارتند از :

۱- فاصله بین لایه های اتمها باید حدوداً برابر طول موج تابش باشد.

۲- مراکز پراکندگی باید از نظر فضایی به یک طبقه بسیار منظمی توزیع شده باشند.

۵-۳-۵- روشهای فلوئورسانس پرتو X (XRF)

معمولاً برانگیختن در این روشها توسط نوردهی نمونه مورد آزمایش با تابش پرتوهای - X یا یک منبع پرتوای انجام می پذیرد. تحت این شرایط ، عناصر موجود در نمونه با جذب اشعه اولیه ، برانگیخته شده و پرتوهای - X فلوئورسانس ویژه خود را منتشر می کنند. فلوئورسانس پرتو -X همانطور که قبلاً نیز گفته شد یکی از پرکاربردترین روشهای تجزیه ای برای شناسایی کیفی عناصر است. به علاوه ، این روش غالباً برای تجزیه های عنصری نیم کمی و کمی نیز به کار گرفته می شود. روشهای متفاوتی برای اندازه گیری این اشعه وجود دارد که برحسب انواع دستگاههای موجود به سه نوع اصلی پاشنده طول موج ، پاشنده انرژی و غیرپاشنده تقسیم می شوند.

دستگاههای پاشنده در دو نوع تک کانالی و چند کانالی می باشند که معمولاً "دستگاههای پاشنده چند کانالی بزرگ و گران قیمت می باشند و آشکارسازی و تعیین همزمان تا ۲۴ عنصر را ممکن می سازند. هم دستگاههای چند کانالی و هم دستگاههای تک کانالی چنان تجهیز شده اند که نمونه هایی به شکل فلزات ، پورجامدات فیلمهای تبخیر شده ، مایعات خالص یا محلولها را مورد استفاده قرار دهند.

دستگاههای پاشنده انرژی از سادگی و عدم حضور قسمتهای متحرک در اجزای سازنده تحریک و آشکارسازی طیف سنجی برخوردار است و به علاوه عدم حضور موازی سازها و پراشگر بلور و همچنین نزدیکی آشکارساز با نمونه ، سبب می شود تا از منابع ضعیفتر و بالطبع ارزاتر استفاده شود که خسارت تابشی کمتری به نمونه می زنند.

۵-۴-۵- روشهای پراش پرتو X (XRD)

پراش پرتو X- یک وسیله عملی و آسان برای شناسایی کیفی ترکیبات بلوری در اختیار قرار می دهد. اساس این کاربرد بر این حقیقت استوار است که الگوی پرتو X برای هر جسم بلوری منحصر به فرد است.

برای مطالعات XRD ، نمونه های بلوری به یک پودر ریز همگن آسیاب می شود. در نتیجه تعداد بیشماری از بلورهای کوچک در تمامی جهات فضایی قرار می گیرند و به این ترتیب می توان انتظار داشت که ذرات طوری قرار بگیرند که انعکاس از هر فاصله بین صفحه ای احتمالی برآورده شود.

روش کلاسیک برای ثبت الگوهای پراش پودر ، روش عکاسی است. شاید معمولترین دستگاه برای این منظور دوربین عکاسی پودری دبای - شرر (Debye - Scherrer) است که بر اساس فرمول Bragg ($n \lambda = 2d \sin \theta$) عمل می نماید

البته در بسیاری از آزمایشگاهها، از پراش نگارهای خودکار استفاده می شود. در اینجا نیز مانند دوربین عکاسی منبع یک لوله پرتو X با صافیهای مناسب است. به هر حال، در این وضع تک بلور روی نگهدارنده جای خود را به نمونه پودری می دهد.

شناسایی یک گونه از روی الگوی پراش آن بر اساس موقعیت خطوط و شدتهای نسبی آن صورت می گیرد. شدت خطوط به تعداد و نوع مراکز انعکاس اتمی که در هر سری از صفحات وجود دارند، بستگی دارد. در کل شناسایی بلورها یک امر تجربی است و به تجربه نفر بستگی دارد. به ویژه زمانی که نمونه حاوی دو یا چند ترکیب بلور می باشد.

۵-۵-۵- نتایج تجزیه XRF شیستهای گرگان

جهت آنالیز دستگاهی XRF مجموعاً "تعداد ۲۵ نمونه به آزمایشگاه ارسال گردید که از این تعداد ۲۱ نمونه فرستاده شده برای آنالیز در مجموع ۱۶ عنصر Si، Al، K، P، Mg، Na، Ca، Ti، Sr، Zn، Cu، Mn، Fe، Ni، As، S مورد شناسایی قرار گرفت که در جداول ۵-۱ الی ۵-۲۱ نتایج این آنالیزها به ازاء هر نمونه آورده شده و در مورد ۴ نمونه دیگر در مجموع ۳۴ عنصر شامل Rb، Zr، V، Ni، Pb، As، Nb، Cl، S، Nd، W، Th، U، Mo، Cu، Ba، Ga، La، Ce، Cr، Co، Zn، Y، Sr، Ti، Na، P، Mn، Mg، K، Ca، Fe، Al، Si مورد شناسایی قرار گرفته که در جدول ۵-۲۲ نتایج آنها آورده شده است.

جدول (۵-۱) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-1

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*		*	*									
Trace 0.005-0.5%								*		*						*
Detected < 50 ppm											*	*		*		

جدول (۵-۲) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-2

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*	*	*	*	*								
Trace 0.005-0.5%									*	*						
Detected < 50 ppm											*	*	*	*		

جدول (۵-۳) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-6

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*	*	*	*									
Trace 0.005-0.5%								*		*						*
Detected < 50 ppm														*		

جدول (۴-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-7

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*	*		*									
Trace 0.005-0.5%						*		*		*						
Detected < 50 ppm											*	*	*	*		

جدول (۵-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-9

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*	*	*	*	*								
Trace 0.005-0.5%									*	*						
Detected < 50 ppm											*	*	*	*		

جدول (۶-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-11

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%					*	*	*									
Trace 0.005-0.5%				*				*	*	*						*
Detected < 50 ppm											*	*	*	*		

جدول (۷-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-13

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%					*	*	*	*								
Trace 0.005-0.5%				*					*	*						
Detected < 50 ppm											*	*	*	*		

جدول (۸-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-14

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*			*									
Trace 0.005-0.5%						*		*		*						
Detected < 50 ppm											*	*		*	*	

جدول (۹-۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-15

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*	*	*	*	*								
Trace 0.005-0.5%									*	*						
Detected < 50 ppm											*	*				

جدول (۵-۱۰) - نتيجہ تجزيه كیفى نمونه شماره G-S-18

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%					*	*	*									
Trace 0.005-0.5%				*				*		*						*
Detected < 50 ppm											*	*	*	*		

جدول (۵-۱۱) - نتيجہ تجزيه كیفى نمونه شماره G-S-20

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*	*	*	*	*								
Trace 0.005-0.5%																
Detected < 50 ppm											*	*		*		

جدول (۵-۱۲) - نتيجہ تجزيه كیفى نمونه شماره G-S-21

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*		*	*	*								
Trace 0.005-0.5%					*					*						
Detected < 50 ppm											*	*	*			

جدول (۵-۱۳) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-23

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*			*									
Trace 0.005-0.5%					*	*		*		*						
Detected < 50 ppm											*	*		*		

جدول (۵-۱۴) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-24

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*	*		*									
Trace 0.005-0.5%						*		*		*						
Detected < 50 ppm											*	*		*		

جدول (۵-۱۵) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-28

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*			*									
Trace 0.005-0.5%					*	*		*		*						
Detected < 50 ppm											*	*		*		

جدول (۵-۱۶) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-29

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%						*	*									
Trace 0.005-0.5%				*	*			*		*						
Detected < 50 ppm												*	*	*		

جدول (۵-۱۷) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-30

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*	*													
Minor 0.5-5%				*			*									
Trace 0.005-0.5%						*		*		*						
Detected < 50 ppm											*	*		*		

جدول (۵-۱۸) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه شماره G-S-31

عناصر	Al	Si	Fe	K	Na	Ca	Mg	Ti	P	Sr	Zn	Cu	Ni	Mn	As	S
Major > 5%	*	*														
Minor 0.5-5%				*	*		*									
Trace 0.005-0.5%						*		*	*	*						
Detected < 50 ppm											*	*		*		

جدول (۵-۲۲) - نتیجه تجزیه کیفی نمونه های شماره DS-5, GS-51, GS-52, GS-53

شماره نمونه / عناصر	DS-5	GS-51	GS-52	GS-53
SiO ₂ (%)	46.60	51.68	45.28	52.35
Al ₂ O ₃ (%)	15.68	13.12	18.45	18.43
Fe ₂ O ₃ (%)	14.45	11.46	12.82	11.87
CaO (%)	9.59	8.71	8.80	3.81
K ₂ O (%)	1.90	0.66	2.35	2.85
MgO (%)	4.050	8.179	6.489	5.650
MnO (%)	0.245	0.122	0.256	0.140
P ₂ O ₅ (%)	0.572	0.139	0.164	0.109
Na ₂ O (%)	3.879	3.173	2.314	1.571
TiO ₂ (%)	1.265	1.214	1.103	1.078
Sr (ppm)	653	92	180	165
Y (ppm)	18	11	18	21
Zn (ppm)	106	78	104	108
CO (ppm)	16	34	31	30
Cr (ppm)	8	275	244	248
Ce (ppm)	191	9	3	51
La (ppm)	112	5	1	14
Ga (ppm)	18	15	22	27
Ba (ppm)	982	21	286	408
Cu (ppm)	6	424	48	53
Mo (ppm)	5	5	6	6
U (ppm)	2	1	1	4
Th (ppm)	10	2	4	13
W (ppm)	2	1	3	2
Nd (ppm)	61	7	32	24
S (ppm)	73	5	5	3
Cl (ppm)	36	6	1	1
Nb (ppm)	99	11	18	15
As (ppm)	2	20	39	10
Pb (ppm)	4	4	9	9
Ni (ppm)	9	98	120	178
V (ppm)	107	152	143	152
Zr (ppm)	319	87	134	108
Rb (ppm)	41	8	60	87

با توجه به جداول فوق ملاحظه می شود که سه عنصر Al ، Si ، Fe اگرچه عناصر اصلی در هر نمونه می باشند اما به دلیل عدم توجیه از نظر زمین شناسی اقتصادی فاقد ارزش مطالعاتی هستند.

عناصر فلزی ثبت اثر شده در نمونه ها نظیر Cu ، Ni ، Mn و Zn نیز به دلیل درصد پایین آنها که حدی کمتر از ۵۰ ppm دارند از نظر زمین شناسی اقتصادی توجیه پذیر نیستند و فاقد ارزش مطالعاتی می باشند. وجود Ti در اکثر نمونه ها با عیار حداکثر ۰/۵ درصد به عنوان عنصر فرعی نیز مورد توجه نمی باشد به دلیل اینکه این مقدار در حد زمینه Ti در این سنگها می باشد.

عناصر گروه قلیایی موجود در نمونه ها نظیر Na ، K و Ca به دلیل عدم کارایی فاقد ارزش مطالعاتی می باشند. تنها عنصر ثبت شده As در نمونه شماره G-S-14 به عنوان عنصر ردیاب طلا مورد اهمیت است و همینطور وجود عنصر S در نمونه های G-S-1 ، G-S-6 ، G-S-11 ، G-S-18 ، G-S-23 ، G-S-31 و عنصر Sr در حد Trace در اکثر نمونه های ارسالی بررسی دقیقتری از این عناصر را توجیه می کند. بر این اساس تعدادی از این نمونه ها جهت آنالیز جذب اتمی پیشنهاد گردید.

۵-۵-۶- آزمایش جذب اتمی (Atomic Absorbption)

با توجه به نتایج حاصله از آنالیزهای XRF در مجموع ۴ نمونه جهت آنالیز جذب اتمی عناصر Au ، As ، Sr و S از نمونه های شاهد تهیه شد و به آزمایشگاه ارسال گردید. جدول ۵-۲۲ نتیجه آنالیز نمونه های G-S-6 ، G-S-14 ، G-S-18 را نشان می دهد.

جدول (۵-۲۳) - نتیجه آنالیز جذب اتمی چهار نمونه

نمونه	G-S-6	G-S-11	G-S-14	G-S-18
Au (g/t)	n-d	n-d	n-d	n-d
As (g/t)	79	76	49	58
Sro	0.1	0.08	0.05	0.08
S%	0.02	0.02	0.01	0.01

جدول فوق مشخص می سازد که اکسید استرانسیوم و همچنین عنصر گوگرد دارای عیار پائینی می باشند و همچنین استرانسیوم موجود به صورت کانه های اقتصادی در منطقه مورد مطالعه موجود نمی باشد ، اما وجود آرسنیک با مقادیر بالا که می تواند مربوط به هاله های ژئوشیمیایی ثانویه ، در محیط باشد مورد توجه می باشد. از آنجائیکه عنصر طلا در حد حساسیت (Detection) آزمایشگاه پژوهشگران شیمی (50ppb) نیست و مقادیر اقتصادی طلا در حدود ۱ ppm می باشد. با این وضعیت اگرچه ممکن است حد بالای آرسنیک نشانه ای از وجود طلا باشد به خاطر کم بودن مقدار طلا می توان مطالعات ژئوشیمیایی دقیق تری در این منطقه به عمل آورد تا به مقادیری دقیق و صحیح از عنصر طلا برسیم.



۵-۵-۷- مطالعات پتروگرافی

از مجموع ۶ نمونه ایکه جهت مطالعات پتروگرافی از منطقه مورد مطالعه برداشت شده بود تعداد ۳ نمونه مطالعه شد که نتایج آن ذیلا" ارائه گردیده است.

- مقطع شماره G-S-12

کانیهای تشکیل دهنده این سنگ عبارتند از: پلاژیوکلازها، کلریت، اسفن، کلسیت و مقدار جزئی بیوتیت. در این نمونه که شامل پلاژیوکلازهای شکل دار تا نیمه شکل دار هستند که گاهی تا اندازه ای به کربنات و کلریت تبدیل شدگی نشان می دهند. کلریت فضای بین فلدسپاتها را پر کرده و قسمتی از آن نیز احتمالا" حاصل تبدیل کانیهای مافیک می باشد. اسفن به مقدار بسیار زیاد (۱۵ تا ۲۰ درصد) در سنگ موجود است و احتمالا" حاصل تبدیل کانیهای فلزی اولیه تیتانیوم دار بوده که اکنون یکی از اجزاء لوکوکسن است. کلسیت عمدتا" فضای حفره ها را پر کرده که این حفره ها عموما" در قسمت حاشیه توسط کلریت به همراه مقداری بیوتیت و در قسمت میانی توسط کلسیت اشغال شده اند.

بافت این سنگ اسپیلیتی و تا اندازه ای حفره ای است و نام سنگ اسپیلیت

می باشد. (عکس شماره ۵-۱)

- مقطع شماره G-S-27

این نمونه شدیداً دگرسان گردیده و در حقیقت آغاز دگرگونی است. تشکیل دهنده ها شامل ایدوت، کانیهای سیلیس، آکتینولیت، کلسیت، فلوگوپیت و کانیهای کدر و نیمه شفاف است. مقدار ایدوت در حد ۵۰ درصد، مقدار کلسیت در حد ۱۰ درصد، مقدار کانیهای کدر و نیمه شفاف در حد ۱۰ درصد، فلوگوپیت و آکتینولیت در

حد ۵ تا ۱۰ درصد و بقیه مربوط به کانیه‌های سیلیسی است .

بافت سنگ گرانولار بوده و سنگ آذرینی است که در حد اپیدوت می باشد.

(عکس شماره ۵-۲)

- مقطع شماره G-S-35

نمونه از دو بخش تشکیل شده است . بخش شیمیایی که غالب است و عمدتاً

شامل کلسیت ، دولومیت و احتمالاً آنکریت تشکیل شده است . بعضی قطعات کربناتی

درشت بلور و بعضی به صورت مجموعه های موزائیکی ریز بلور هستند که مورد اخیر

احتمالاً دولومیتی است . در بین تک بلورهای درشت و مجزا نیز آثار دولومیتی شدن

مشهود است . به علت اغشتگی به مواد آهن دار و یا بیتومینه سطح بخشی از کربناتها

دارای رنگهای قهوه ای و زرد می باشد . بخش دیگر که غیر کربناتی است متشکل از

کانیه‌های سیلیس و فلدسپاتها می باشد که سیلیس آن حداقل ۶۰ درصد است ، مقدار

کانیه‌های سیلیس (کوارتز و کالسدونی) در حد ۲۵ تا ۳۰ درصد و فلدسپاتها حداکثر ۱۰

درصد است . تشکیل دهنده قابل توجه دیگر قطعات کانیه‌های کدر است که در بعضی

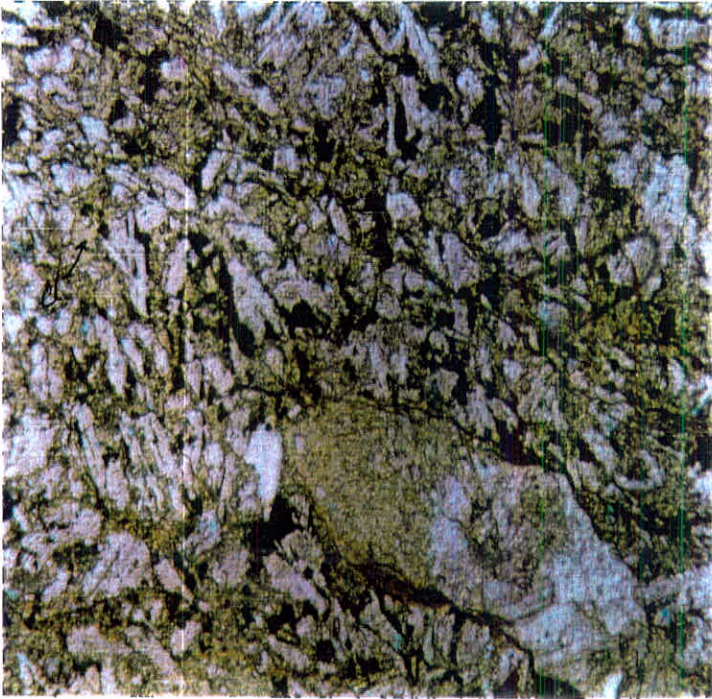
قسمتها اشکال گرهک مانند و گلوله ای مجتمع تشکیل داده اند .

در قطعات غیر کربناتی اذخالهای کربنات مشاهده نمی شود و ضمناً قطعات

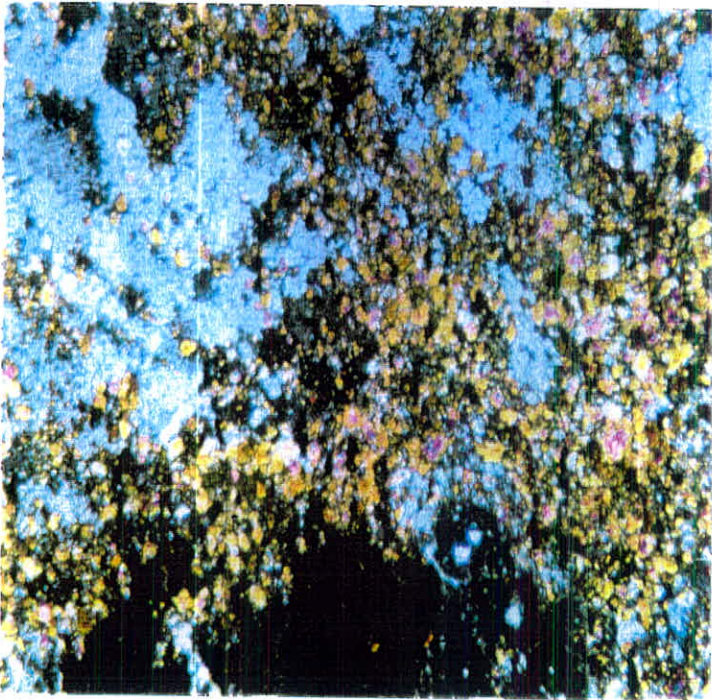
بیشتر زاویه دار می باشند که نشانه حمله کربناتها به مجموعه های غیر کربناتی است.

بافت سنگ کلاستیک و نام سنگ آهک دولومیتی سیلیسی شده است . (عکس

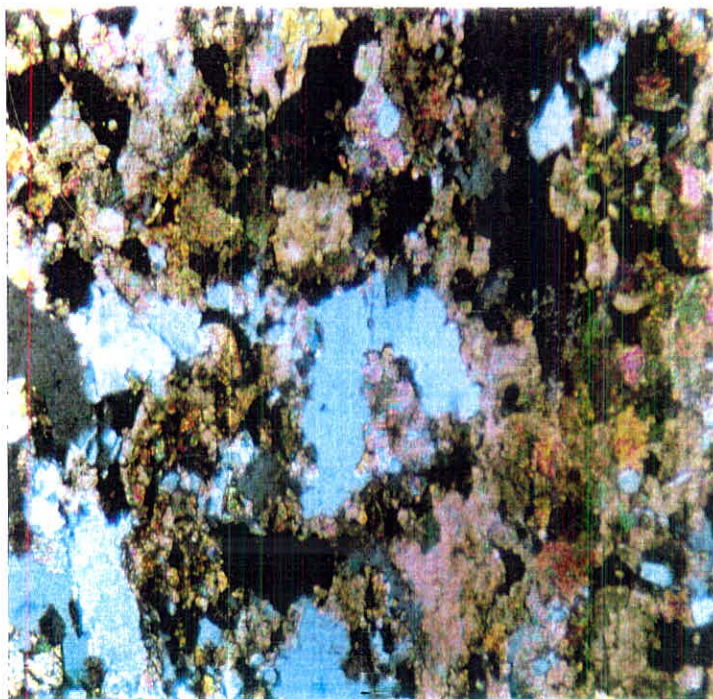
شماره ۵-۳)



عکس شماره (۵-۱)- مقطع میکروسکوپی نمونه G-S-12 - نور عادی



عکس شماره (۵-۲)- مقطع میکروسکوپی نمونه G-S-27 - نور پلاریزه



عکس شماره (۵-۳)- مقطع میکروسکوپی نمونه G-S-35 - نور پلاریزه

نتیجه گیری و پیشنهادات

در طی این مطالعات با عنوان پی جونی و پتانسیل یابی مواد معدنی در شیست های گرگان که با توجه خاص پی جونی طلا انجام گیرد محدوده مورد مطالعه ، ابتدا از دیدگاه زمین شناسی ، ساختاری و تکتونیک (مرفو - نئو تکتونیک) ، با توجه به مقیاس مطالعه (۱:۵۰۰۰۰) با دقت مطلوب مورد بررسی قرار گرفت . متعاقباً بر مبنای مطالعات اولیه پیمایش های لازم از طریق مسیرهای دسترسی موجود در حد فاصل کردکوی - سرکلاته - رادکان تا دره جهان نما به منظور نمونه برداری از رخنمونهای مناسب و برداشتهای زمین شناسی انجام گردید . در این راستا نهایتاً تعداد ۴۲ نمونه برداشت شد که از این تعداد نمونه ۲۱ مورد جهت آنالیز دستگاهی XRF ارسال گردید که بدینوسیله در این نمونه ها احتمال وجود و درصد ۱۶ عنصر مورد شناسائی قرار گرفت. به منظور حصول سیمای روشتری از لیتولوژی منطقه چند نمونه نیز برای تهیه تیغه های نازک و آنالیز دستگاهی XRD نیز ارسال گردید . لازم به ذکر است که در طی این مطالعات هر گونه احتمال وجود کانسارهای فلزی یا غیر فلزی بر مبنای خاستگاه زمین شناختی آنها در منطقه مورد بررسی قرار گرفته است ، که به عنوان نمونه می توان به پی جونی گرافیت ، تیتانیوم ، و خاکهای صنعتی اشاره نمود .

با توجه به نتایج مطالعات انجام شده زمین شناسان در سطح جهان بر روی شیستها از لحاظ پتانسیل معدنی آنها که با استفاده از شبکه جهانی اینترنت و مآخذ و منابع موجود در آرشیو مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی داخلی به دست آمده چنین بر می آید که در تمامی موارد ، شکل گیری کانسارهای فلزی به ویژه طلا در شیستها با نفوذ توده های آذرین درون شیستها و توسعه و نفوذ محلولهای هیدروترمال در شکستگیهای

حاصل از تکنونیزم گسترده ای که دگرگونی ناحیه ای و تشکیل شیستها و توده های نفوذی یاد شده را موجب گردیده ، همراه بوده است .

در این خصوص می توان به مطالعات گسترده ای که در محدوده کراتون داروار (Darwar Craton) در هندوستان و شیستهای اسکاتلند و ایالات متحده امریکا انجام گردیده اشاره نمود. بنابراین از آنجائیکه در محدوده مورد مطالعه هیچگونه توده نفوذی آشکاری وجود نداشت و سنگ اولیه سری دگرگونی گرگان نیز با توجه به نتایج آزمایشگاهی به دست آمده به عنوان خاستگاه طلا مطرح نمی باشد لذا در نهایت پیشنهاد می گردد که پی جونی های آتی در محدوده شیستهای گرگان عمدتاً" در مناطقی متمرکز گردد که توده های نفوذی بزرگ مقیاس تشکیل گردیده اند .

که در این خصوص می توان به توده های نفوذی نهارخوران ، توسکستان و

الستان اشاره نمود.

منابع و مأخذ

۱. آمارنامه استان مازندران، سازمان برنامه و بودجه استان مازندران، ۱۳۷۴
۲. آمارنامه کشاورزی منطقه گرگان و گنبد، سازمان کشاورزی گرگان و گنبد، ۱۳۷۴
۳. افشارحرب، عباس، زمین شناسی کپه داغ، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۳
۴. امینی، آرش، مطالعه برخاستگاه و مکانیزم رسوب زائی لسه‌ها در حوضه آبخیز قره تیکان، رساله کارشناسی ارشد زمین شناسی دانشگاه تهران، ۱۳۷۴
۵. اداره کل معادن و فلزات استان مازندران، گزارش بررسی مواد اولیه سیمان در
مراوه تپه، ۱۳۷۳
۶. اداره کل امور آب و فاضلاب منطقه گرگان و گنبد، منابع آب منطقه گرگان و گنبد، ۱۳۷۴
۷. خاکزاد، احمد، بررسی اجمالی زمین شناسی اقتصادی استان سمنان وزارت معادن
و فلزات، ۱۳۶۷
۸. ذبیحی، مسیح، گرگان نامه، انتشارات بابک، ۱۳۶۳
۹. شناسنامه‌های معدنی موجود در اداره کل معادن و فلزات استان مازندران
۱۰. صالحی راد، محمدرضا، زمین شناسی ناحیه گرگان (یک چهارم شمال باختری
چهارگوش گرگان)، ۱۳۵۸
۱۱. کریم پور، محمدحسن، کانیها و سنگها، صنعتی، انتشارات جاوید، ۱۳۶۸
۱۲. کوثری. س - شمیسا. م، مطالعه شناسایی تینانیم در ناحیه گرگان سازمان
زمین شناسی کشور، ۱۳۶۴
۱۳. قطبی، حسین - صادقی. خسرو، گزارش مقدماتی پیگردی املاح تبخیری در منطقه
شمال و شمال غرب ترکمن صحرا و آق قلا. سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۶۶

۱۴. شاه پسندزاده، مجید، تحلیل ساختاری و تفسیر محیط رسوبی مجموع سنگهای

دگرگونی گرگان و شیستهای گرگان رساله کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم،

۱۳۷۱

۱۵. مهندسین مشاور پادیر، گزارش زمین شناسی، معدنی پتانسیل تالک حاجی آباد

جنوب آزادشهر، اداره کل معادن و فلزات استان مازندران، ۱۳۷۳

۱۶. مهندسین مشاور پادیر، ویژگیهای معادن و پتانسیل های معدنی استان مازندران،

اداره کل معادن و فلزات استان مازندران، ۱۳۷۲

۱۷. مهندسین مشاور سازندایران، اکتشاف ذخایر بوکسیت و مواد آلوموسیلیکاته ناحیه

شیرین آباد- سیاهرودبار (جنوب علی آباد گرگان) سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۶۲

۱۸. مقصود لوراد، رضا، زمین شناسی گسترده آبریز گرگان، جهاد سازندگی منطقه گرگان،

۱۳۷۰

۱۹. مقصود لوراد، رضا، بررسی رسوب شناسی، محیط رسوبی هیدرودینامیک رودخانه

قره سو (شاخه گرگانرود) به منظور احداث سدهای حبیب ایشان وزرین گل، رساله

کارشناس ارشد زمین شناسی دانشگاه تربیت معلم، ۱۳۷۱.

References:

1. Berberian , M. (1983) : " The Southern Caspian : A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust.", GSI Rep. No. 52.
2. Berberian, M. & King, G.C.(1980) : " Towards Paleogeography and Tectonic Evolution of Iran." , GSI Rep. No. 52.
3. Eftekhar Nezhad, J. & Behrouzi, A. (1991): "Geodynamic Significance of Recent Discoveries of Ophiolites and Late Paleozoic Rock in NE Iran. (Including Kopet Dagh)" Abh. Geol. B.A. Wein. PP.89-100
4. Falcon, N.L. (1967) : "The Geology of Northeast Margin of Arabian Basement Shield." Adv. of Sci. V.24(119)
5. Stöcklin, J. (1974) : "Northern Iran : Alborz Mountain. Mesozoic - Cenozoic Orogenic Belt." Geo Soc. London Sp. Pub.4.