



دانشگاه سیام نور
پی

زمین شناسی اقتصادی

(رشته زمین شناسی)

دکتر علیرضا نجف زاده دکتر شهرام خلیلی مبرهن
مهندس جمشید احمدیان

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

سیزده
شانزده

پیشگفتار
راهنمای مطالعه

۱	فصل اول: اصول و مبانی زمین‌شناسی اقتصادی
۲	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ تاریخچه
۵	۳-۱ واژه‌ها و تعاریف
۱۴	۴-۱ طبقه‌بندی کانسارها
۱۷	۵-۱ اشکال مختلف ذخایر معدنی
۱۸	۱-۵-۱ توده‌های معدنی غیرهم‌شیب
۱۸	۱-۱-۵-۱ توده‌های معدنی با شکل منظم
۲۰	۲-۱-۵-۱ توده‌های معدنی با شکل نامنظم
۲۴	۲-۵-۱ توده‌های معدنی هم‌شیب
۲۴	۱-۲-۵-۱ سنگ میزبان رسوبی
۲۶	۲-۲-۵-۱ سنگ میزبان آذرین
۲۷	خودآزمایی ۱
۲۹	فصل دوم: انواع بافت و ساخت در کانسارها
۳۰	۱-۲ مقدمه
۳۰	۲-۲ بافت‌های اولیه
۳۰	۱-۲-۲ بافت‌های اولیه ته‌نشینی ماگمایی
۳۰	۲-۲-۲ بافت اولیه پرکننده فضای خالی
۳۷	۳-۲ بافت‌های ثانویه
۳۷	۱-۳-۲ بافت‌های ثانویه حاصل از جان‌شینی
۴۰	۲-۳-۲ بافت‌های ثانویه حاصل از سردشدن

۴۳	۲-۳-۳ بافت‌های ثانویه حاصل از دگرشکلی
۴۴	۲-۴ پاراژنز و توالی پاراژنری
۴۸	خودآزمایی ۲

۴۹	فصل سوم: نحوه تشکیل ذخایر معدنی
۵۰	۳-۱ مقدمه
۵۱	۳-۲ ویژگی سیالات کانه‌دار
۵۱	۳-۲-۱ سیالات ماگمایی
۵۳	۳-۲-۲ آب‌های جوی
۵۳	۳-۲-۳ آب‌های اقیانوسی
۵۴	۳-۲-۴ آب‌های فسیل
۵۵	۳-۲-۵ آب‌های دگرگونی
۵۵	۳-۳ عوامل مؤثر بر جریان سیالات در مقیاس پوسته زمین
۵۷	۳-۴ بررسی چگونگی مهاجرت سیالات کانه‌دار
۵۹	۳-۴-۱ نحوه مهاجرت ماگما
۶۰	۳-۴-۲ نحوه مهاجرت سیالات کانه‌دار در اعماق زیاد
۶۱	۳-۴-۳ نحوه مهاجرت سیالات کانه‌دار در مناطق کم‌عمق
۶۱	۳-۵ بررسی چگونگی تجمع و تشکیل ذخیره از سیال کانه‌دار
۶۲	۳-۵-۱ نحوه ته‌نشینی مواد در سیالات ماگمایی
۶۳	۳-۵-۲ نحوه ته‌نشینی مواد در سیالات کانه‌دار
۶۴	۳-۵-۳ نحوه ته‌نشینی مواد در محیط‌های رسوبی
۶۴	۳-۵-۴ کانی‌سازی زیستی یا بیومینرالیزاسیون
۶۵	خودآزمایی ۳

۶۷	فصل چهارم: دگرسانی سنگ دیواره
۶۸	۴-۱ مقدمه
۶۹	۴-۲ اهمیت و کاربرد مطالعات زون‌های دگرسانی
۷۱	۴-۳ نوع یا سبک دگرسانی
۷۲	۴-۴ تقسیم‌بندی انواع دگرسانی بر اساس منشأ سیالات
۷۲	۴-۴-۱ دگرسانی آرژلیک
۷۴	۴-۴-۲ دگرسانی فلیک یا سیرسیتی
۷۶	۴-۴-۳ دگرسانی پروپیلیتی
۷۷	۴-۴-۴ دگرسانی پتاسیک
۷۸	۴-۴-۵ دگرسانی کلریتی
۷۹	۴-۴-۶ دگرسانی نوع سیلیسی
۸۰	۴-۴-۷ دگرسانی آلونیتی
۸۰	۴-۴-۸ دگرسانی گرایزن
۸۱	۴-۴-۹ دگرسانی نوع آلیتی
۸۱	۴-۴-۱۰ دگرسانی دولومیتی
۸۱	۴-۴-۱۱ دگرسانی نوع لیستونیتی
۸۲	۴-۴-۱۲ دگرسانی فنیتی
۸۲	۴-۴-۱۳ دگرسانی ژئولیتی
۸۲	خودآزمایی ۴

۸۳	فصل پنجم: مطالعات حرارت سنجی، فشارسنجی و ایزوتوپ‌های پایدار در زمین‌شناسی
۸۴	۱-۵ مقدمه
۸۴	۲-۵ حرارت‌سنجی در زمین‌شناسی
۸۵	۱-۲-۵ سنتز کانی‌ها
۸۵	۲-۲-۵ تعیین نقطه ذوب
۸۵	۳-۲-۵ نقطه برگشت
۸۶	۴-۲-۵ تغییر در ویژگی‌های فیزیکی کانی‌ها
۸۶	۵-۲-۵ بافت‌ها و حالت‌های کانی‌ها
۸۷	۶-۲-۵ بافت‌های پرون‌رستی یا اکسلوشن
۸۷	۷-۲-۵ عناصر فرعی
۸۸	۸-۲-۵ میانبارهای سیال
۹۰	۱-۸-۲-۵ کاربرد میانبارهای سیال
۹۰	۲-۸-۲-۵ طبقه‌بندی میانبارهای سیال
۹۷	۳-۸-۲-۵ روش‌های مرسوم استفاده از میانبارهای سیال در مطالعات حرارت‌سنجی و ...
۱۰۰	۹-۲-۵ مطالعه ایزوتوپ‌های پایدار
۱۰۱	۱-۹-۲-۵ ایزوتوپ‌های اکسیژن و هیدروژن
۱۰۴	۲-۹-۲-۵ ایزوتوپ‌های گوگرد
۱۰۶	۳-۹-۲-۵ ایزوتوپ‌های کربن
۱۰۷	۴-۹-۲-۵ کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار
۱۰۸	۳-۵ فشارسنجی در زمین‌شناسی
۱۰۸	۱-۳-۵ محدوده پایداری مجموعه کانی‌های سیلیکاته
۱۰۸	۲-۳-۵ فشارسنج سربست
۱۰۹	۳-۳-۵ فشارسنج اسفالریت
۱۱۰	۴-۳-۵ استفاده از میانبارهای سیال در فشارسنجی
۱۱۱	خودآزمایی ۵

۱۱۳	فصل ششم: کانسارهای همراه با سنگ‌های بازی و فوق بازی
۱۱۴	۱-۶ مقدمه
۱۱۵	۲-۶ کانسارهای کروم
۱۱۶	۱-۲-۶ انواع کانسارهای کرومیت بر اساس شکل ماده معدنی
۱۱۶	۱-۱-۲-۶ ذخایر چین‌سان یا نوع لایه‌ای
۱۲۱	۲-۱-۲-۶ ذخایر کرومیت انبانی‌شکل یا ذخایر نوع آلپی
۱۲۲	۳-۱-۲-۶ مشخصات کانسارهای کرومیت نوع آلپی
۱۲۳	۴-۱-۲-۶ افیولیت و انواع آن
۱۲۶	۲-۲-۶ مقایسه ویژگی‌های ذخایر لایه‌ای کرومیت با ذخایر انبانی شکل کرومیت
۱۲۹	۳-۲-۶ سایر کانسارهای موجود در افیولیت‌ها
۱۳۰	۳-۶ کانسارهای عناصر گروه پلاتین
۱۳۱	۱-۳-۶ کانسارهای اولیه (ماگمایی)
۱۳۲	۴-۶ کانسارهای نیکل ماگمایی
۱۳۳	۱-۴-۶ ویژگی‌های مشترک کانسارهای سولفیدی نیکل

۱۳۳	۶-۴-۲ کانسار نیکل - مس سادبوری
۱۳۷	۶-۴-۳ کانسارهای نیکل مرتبط با ولکانیسم پرکامبرین (به طور عمده آرکئن)
۱۳۷	۶-۴-۱-۳ کانسارهای نیکل کوماته‌ایتی
۱۳۹	۶-۴-۲-۳ کانسارهای نیکل همراه با توده‌های نفوذی مرتبط با ولکانیسم توله‌ایتی
۱۴۰	۶-۴-۴ کانسارهای سولفیدی نیکل - مس در بازالت‌های سیلانی کافت‌های درون قاره‌ای
۱۴۰	۶-۵ کانسارهای تیتان
۱۴۱	۶-۵-۱ ذخایر ماگمایی تیتان
۱۴۵	۶-۶ کانسارهای الماس
۱۴۵	۶-۶-۱ انواع ذخایر معدنی الماس
۱۴۶	۶-۶-۱-۱ ذخایر موجود در کیمبرلیت‌ها
۱۴۹	۶-۶-۱-۲ ذخایر موجود در لامپروئیت‌ها
۱۵۰	خودآزمایی ۶

۱۵۱	فصل هفتم: کانسارهای همراه با کربناتیت‌ها و سنگ‌های آلکالن
۱۵۲	۷-۱ مقدمه
۱۵۵	۷-۲ رده‌بندی کربناتیت‌ها
۱۵۶	۷-۲-۱ رده‌بندی کربناتیت‌ها بر اساس کانی‌شناسی
۱۵۶	۷-۲-۲ رده‌بندی کربناتیت‌ها بر اساس مواد معدنی همراه
۱۵۹	۷-۳ ذخایر معدنی موجود در سنگ‌های آذرین آلکالن
۱۶۱	خودآزمایی ۷

۱۶۳	فصل هشتم: کانسارهای همراه با سنگ‌های گرانیتوئیدی
۱۶۴	۸-۱ مقدمه
۱۶۷	۸-۲ کانسارهای تیپ پورفیری
۱۶۹	۸-۲-۱ کانسارهای مس پورفیری
۱۷۰	۸-۲-۱-۱ ذخیره و عیار کانسارهای مس پورفیری
۱۷۰	۸-۲-۱-۲ توزیع زمانی و مکانی کانسارهای مس پورفیری
۱۷۳	۸-۲-۱-۳ خصوصیات ویژه کانسارهای مس پورفیری
۱۷۴	۸-۲-۱-۴ پتروگرافی سنگ میزبان در کانسارهای مس پورفیری
۱۷۶	۸-۲-۱-۵ برش‌های موجود در کانسارهای مس پورفیری
۱۷۷	۸-۲-۱-۶ کانه‌زایی و دگرسانی در کانسارهای مس پورفیری
۱۷۸	۸-۲-۱-۷ دگرسانی گرمابی هیپوژن در کانسارهای مس پورفیری
۱۸۲	۸-۲-۱-۸ کانه‌زایی هیپوژن در کانسارهای مس پورفیری
۱۸۳	۸-۲-۱-۹ رده‌بندی انواع کانسارهای مس پورفیری
۱۸۵	۸-۲-۱-۱۰ نحوه تشکیل ذخایر مس پورفیری
۱۸۷	۸-۲-۱-۱۱ منشأ گوگرد و فلزات در کانسارهای مس پورفیری
۱۸۷	۸-۲-۱-۱۲ نحوه تشکیل انواع دگرسانی در کانسارهای مس پورفیری
۱۸۸	۸-۲-۱-۱۳ غنی‌سازی ثانویه یا برونزاد (سوپرژن) در کانسارهای مس پورفیری
۱۹۳	۸-۲-۱-۱۴ کانسار مس و مولیبدن پورفیری سرچشمه
۱۹۵	۸-۲-۲ کانسارهای مولیبدن پورفیری
۱۹۵	۸-۲-۲-۱ توزیع و گسترش جغرافیایی کانسارهای مولیبدن پورفیری
۱۹۶	۸-۲-۲-۲ توده‌های نفوذی میزبان و نوع ذخایر مولیبدن پورفیری

۱۹۹	۳-۲-۲-۸ کانسار کلیماکس
۲۰۰	۴-۲-۲-۸ منشأ ماگماها، سیالات و عناصر تشکیل دهنده کانسارهای مولیبدن پورفیری
۲۰۱	۳-۲-۸ کانسارهای قلع پورفیری
۲۰۲	۴-۲-۸ مقایسه کانسارهای قلع و مس پورفیری
۲۰۳	۵-۲-۸ ذخایر تنگستن پورفیری
۲۰۳	۶-۲-۸ مدل‌های تشکیل ذخایر مس-مولیبدن و تنگستن پورفیری
۲۰۴	۳-۸ کانسارهای پگماتیتی
۲۰۶	۱-۳-۸ طبقه‌بندی پگماتیت‌ها
۲۰۶	۱-۱-۳-۸ طبقه‌بندی پگماتیت‌ها بر اساس ترکیب کانی‌شناسی و منشأ
۲۰۹	۲-۱-۳-۸ طبقه‌بندی پگماتیت‌ها بر اساس عمق
۲۱۰	۲-۳-۸ اهمیت اقتصادی پگماتیت‌ها
۲۱۱	خودآزمایی ۸

۲۱۳	فصل نهم: کانسارهای مرتبط با فعالیت آتشفشان‌ها
۲۱۴	۱-۹ مقدمه
۲۱۵	۲-۹ کانسارهای مرتبط با فعالیت آتشفشان‌های واقع در خشکی‌ها
۲۱۵	۱-۲-۹ کانسارهای گرمایی تیپ اپی‌ترمال
۲۱۶	۱-۱-۲-۹ ویژگی‌های کانسارهای اپی‌ترمال
۲۱۸	۲-۱-۲-۹ منشأ تشکیل کانسارهای اپی‌ترمال
۲۱۹	۳-۱-۲-۹ مکانیسم انتقال و ته‌نشینی طلا در کانسارهای اپی‌ترمال
۲۲۲	۴-۱-۲-۹ مثال‌هایی از کانسارهای اپی‌ترمال
۲۲۸	۲-۲-۹ کانسارهای آتشفشانی آهن یا کانسارهای تیپ کایرونا
۲۳۱	۳-۹ کانسارهای مرتبط با فعالیت آتشفشان‌های زیردریایی
۲۳۲	۱-۳-۹ کانسارهای سولفید توده‌ای هم‌جوار (همراه با سنگ‌های آتشفشانی)
۲۳۳	۱-۱-۳-۹ خصوصیات کانسارهای VMS
۲۳۴	۲-۱-۳-۹ مقایسه کانسارهای سولفید توده‌ای (VMS) با دودخان‌های سیاه کنونی
۲۳۷	۳-۱-۳-۹ رده‌بندی انواع کانسارهای سولفید توده‌ای هم‌جوار تیپ VMS
۲۴۶	۲-۳-۹ کانسارهای اکسید و سولفید غیر هم‌جوار
۲۴۶	۱-۲-۳-۹ سازند آهن نواری (BIF)
۲۵۷	۲-۲-۳-۹ کانسار مونتاپسا (Pb-Zn-Ag-Cu)
۲۵۸	۴-۹ کانسارهای غیرهمزاد حاصل از تحرک مجدد مواد معدنی (با ارتباط آذرین نامعلوم)
۲۵۸	۱-۴-۹ کانسارهای سرب و روی تیپ دره می‌سی‌سی‌پی
۲۶۱	۱-۱-۴-۹ مشخصات کانسارهای سرب و روی تیپ دره می‌سی‌سی‌پی
۲۶۲	۲-۱-۴-۹ گسترش ذخایر MVT
۲۶۲	۳-۱-۴-۹ مدل تشکیل ذخایر MVT
۲۶۳	۴-۱-۴-۹ منشأ گوگرد و سرب در کانسارهای MVT
۲۶۴	۲-۴-۹ کانسارهای اورانیم
۲۶۴	۱-۲-۴-۹ ژئوشیمی اورانیم
۲۶۵	۲-۲-۴-۹ کانسارهای اورانیم با سنگ میزبان ماسه‌سنگی
۲۶۹	۳-۲-۴-۹ کانسار اورانیم تیپ آتاباسکا یا دگرشیبی
۲۷۲	خودآزمایی ۹

۲۷۳	فصل دهم: کانسارهای رسوبی
۲۷۴	۱-۱۰ مقدمه
۲۷۵	۲-۱۰ کانسارهای رسوبی شیمیایی
۲۷۵	۱-۲-۱۰ کانسارهای رسوبی فلزات پایه
۲۷۶	۱-۲-۱۰-۱ فلزات پایه - کمر بند مس زامبیا
۲۷۹	۲-۲-۱۰-۲ کانسار کوپرشیفور
۲۷۹	۳-۱-۲-۱۰ مدل ژنتیکی، منشأ فلزات و گوگرد و محیط تکنیکی ذخایر SSC
۲۸۰	۲-۲-۱۰ کانسارهای آهن رسوبی
۲۸۱	۱-۲-۲-۱۰ کانسارهای آهن الیتی
۲۸۲	۲-۲-۲-۱۰ کانسارهای آهن مردابی و نهشته‌های چشمه‌ای
۲۸۳	۳-۲-۲-۱۰ کانسارهای آهن کربناتی
۲۸۳	۳-۲-۱۰ کانسارهای منگنز رسوبی
۲۸۶	۱-۳-۲-۱۰ کانسار منگنز رسوبی نیکوپول
۲۸۷	۲-۳-۲-۱۰ کانسارهای منگنز رسوبی با منشأ دورگه یا گره‌های منگنز
۲۹۱	۴-۲-۱۰ کانسارهای تبخیری
۲۹۲	۱-۴-۲-۱۰ کانسارهای تبخیری دریایی
۲۹۳	۲-۴-۲-۱۰ کانسارهای تبخیری دریاچه‌ای
۲۹۳	۳-۴-۲-۱۰ کانسارهای پتاس کویر مرکزی ایران
۲۹۵	۳-۱۰ کانسارهای رسوبی زیست‌شیمیایی
۲۹۵	۱-۳-۱۰ کانسارهای فسفات
۲۹۶	۱-۳-۱۰-۱ انواع ذخایر فسفات
۲۹۷	۲-۳-۱۰-۲ مکانیسم انتقال و ته‌نشینی فسفات
۲۹۸	۳-۳-۱۰-۱ مدل تشکیل فسفات
۳۰۰	۴-۱۰ کانسارهای حاصل از هوازدگی
۳۰۱	۱-۴-۱۰ عوامل مؤثر در هوازدگی
۳۰۱	۲-۴-۱۰ کانسارهای بازماندی
۳۰۳	۱-۲-۴-۱۰ لاتریت‌های آهن و نیکل
۳۰۵	۲-۲-۴-۱۰ کانسارهای بازماندی منگنز
۳۰۵	۳-۲-۴-۱۰ کانسارهای کائولن
۳۰۶	۴-۲-۴-۱۰ کانسارهای بوکسیت
۳۰۸	۳-۴-۱۰ کانسارهای تراوشی
۳۱۰	۴-۴-۱۰ کانسارهای پلاسور
۳۱۱	۱-۴-۴-۱۰ پلاسورهای آبرفتی
۳۱۴	۲-۴-۴-۱۰ پلاسورهای بومی یا بازماندی
۳۱۴	۳-۴-۴-۱۰ پلاسورهای ساحلی
۳۱۵	۴-۴-۴-۱۰ پلاسورهای دامنه‌ای (دلوویال)
۳۱۵	۵-۴-۴-۱۰ پلاسورهای یخچالی
۳۱۶	۵-۱۰ کانسارهای حاصل از غنی‌شدگی سولفیدی برون‌زاد یا سوپرژن
۳۱۶	خودآزمایی ۱۰
۳۱۷	فصل یازدهم: کانسارهای دگرگونی
۳۱۸	۱-۱۱ مقدمه

۳۱۹	۲-۱۱ کانسارهای حاصل از دگرگونی مجاورتی (اسکارنها)
۳۲۰	۱-۲-۱۱ تقسیم‌بندی اسکارنها
۳۲۱	۲-۲-۱۱ ارتباط بین انواع ذخایر اسکارن با توده‌های نفوذی همراه آنها
۳۲۲	۳-۲-۱۱ مدل تشکیل کانسارهای اسکارن
۳۲۵	۴-۲-۱۱ گسترش مکانی و زمانی کانسارهای اسکارن
۳۲۵	۵-۲-۱۱ اندازه و عیار کانسارهای اسکارن
۳۲۷	۶-۲-۱۱ تقسیم‌بندی کانسارهای اسکارن
۳۲۷	۱-۶-۲-۱۱ کانسارهای اسکارن تنگستن
۳۳۰	۲-۶-۲-۱۱ کانسارهای اسکارن آهن
۳۳۱	۳-۶-۲-۱۱ کانسارهای اسکارن مس
۳۳۲	۴-۶-۲-۱۱ کانسارهای اسکارن سرب-روی
۳۳۲	۵-۶-۲-۱۱ کانسارهای اسکارن قلع
۳۳۳	۶-۶-۲-۱۱ اسکارن‌های مولیبدن
۳۳۳	۷-۶-۲-۱۱ اسکارن‌های طلا
۳۳۵	۳-۱۱ کانسارهای حاصل از دگرگونی ناحیه‌ای
۳۳۶	۱-۳-۱۱ کانسار اورانیم روسینگ
۳۳۷	۲-۳-۱۱ کانسارهای آزبستی
۳۳۸	۳-۳-۱۱ گرافیت
۳۴۰	۴-۳-۱۱ تالک، سنگ صابون و پیروفیلیت
۳۴۱	۵-۳-۱۱ گروه سیلیمانیت (آندالوزیت، سیلیمانیت، کیانیت)
۳۴۲	۶-۳-۱۱ گروه گارنت
۳۴۲	خودآزمایی ۱۱

۳۴۳	فصل دوازدهم: ارتباط کانسارسازی با تکتونیک صفحه‌ای و ...
۳۴۴	۱-۱۲ مقدمه
۳۴۷	۲-۱۲ حوضه‌های داخلی، کافت‌های داخل قاره‌ای و اولاکوژنها
۳۴۹	۱-۲-۱۲ حوضه‌های داخل قاره‌ای (حوضه‌های داخل کراتونی)
۳۵۰	۲-۲-۱۲ گنبدها، ریف‌ها و اولاکوژنها
۳۵۴	۳-۱۲ حوضه‌های اقیانوسی و رشته‌کوه‌های میان‌اقیانوسی
۳۵۷	۴-۱۲ حاشیه‌های غیرفعال قاره‌ای
۳۵۷	۵-۱۲ کانسارهای مرتبط با مناطق فروانش
۳۶۱	۶-۱۲ کانسارهای مرتبط با گسل‌های امتدادلغز
۳۶۲	۷-۱۲ کانسارهای مرتبط با مناطق برخورد
۳۶۳	۸-۱۲ کانه‌زایی در دوران‌های مختلف زمین‌شناسی
۳۶۴	۱-۸-۱۲ آرکئن
۳۶۶	۲-۸-۱۲ اوایل تا اواسط پروتروزوئیک
۳۶۸	۳-۸-۱۲ اواسط تا اواخر پروتروزوئیک
۳۶۹	۴-۸-۱۲ فانروزوئیک
۳۷۰	خودآزمایی ۱۲

۳۷۳	فصل سیزدهم: کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی
۳۷۴	۱-۱۳ مقدمه

۳۷۴	۲-۱۳ کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی با خاستگاه رسوبی
۳۷۴	۱-۲-۱۳ شن و ماسه
۳۷۵	۲-۲-۱۳ ماسه‌سنگ
۳۷۵	۳-۲-۱۳ کانی‌های رسی
۳۷۶	۱-۳-۲-۱۳ کائولن
۳۷۶	۲-۳-۲-۱۳ رس توپی یا بال‌کلی
۳۷۷	۳-۳-۲-۱۳ رس آتش‌خوار یا خاک نسوز
۳۷۷	۴-۳-۲-۱۳ رس‌های اسمکتیتی (مونت موریلونیت)
۳۷۸	۴-۲-۱۳ سنگ آهک و دولومیت
۳۷۸	۵-۲-۱۳ سنگ فسفات
۳۷۹	۶-۲-۱۳ ژئپس
۳۸۰	۷-۲-۱۳ سنگ نمک
۳۸۰	۸-۲-۱۳ دیاتومیت
۳۸۱	۹-۲-۱۳ کانی‌های پتاس
۳۸۱	۱۰-۲-۱۳ بوراکس و بورات‌ها
۳۸۲	۱۱-۲-۱۳ گوگرد
۳۸۳	۳-۱۳ کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی با خاستگاه آذرین
۳۸۴	۱-۳-۱۳ سنگ‌های صنعتی
۳۸۴	۱-۱-۳-۱۳ سنگ‌های ساختمانی
۳۸۵	۲-۱-۳-۱۳ پومیس و پومیسیت
۳۸۵	۳-۱-۳-۱۳ پرلیت
۳۸۶	۴-۱-۳-۱۳ نفلین‌سینیت
۳۸۷	۲-۳-۱۳ کانی‌های صنعتی
۳۸۷	۱-۲-۳-۱۳ فلدسپات
۳۸۹	۲-۲-۳-۱۳ کوارتز
۳۹۰	۳-۲-۳-۱۳ میکاها
۳۹۱	۴-۲-۳-۱۳ آلونیت
۳۹۲	۵-۲-۳-۱۳ زیرکن
۳۹۲	۶-۲-۳-۱۳ کانی‌های دیرگداز
۳۹۳	۴-۱۳ کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی با خاستگاه دگرگونی و دگرسانی
۳۹۳	۱-۴-۱۳ آزیست‌ها
۳۹۴	۲-۴-۱۳ گرافیت
۳۹۵	۳-۴-۱۳ تالک، سنگ صابون و پیروفیلیت
۳۹۶	۴-۴-۱۳ گروه سیلیمانیت
۳۹۶	۵-۴-۱۳ گارنت‌ها
۳۹۷	۶-۴-۱۳ ولاستونیت
۳۹۷	۷-۴-۱۳ سنگ‌های دگرگونی صنعتی
۳۹۷	۱-۷-۴-۱۳ مرمر
۳۹۷	۲-۷-۴-۱۳ کوارتزیت
۳۹۸	۳-۷-۴-۱۳ اسلیت
۳۹۸	خودآزمایی ۱۳

پیشگفتار

درس زمین‌شناسی اقتصادی به ارزش چهار واحد، یکی از دروس تخصصی دوره کارشناسی زمین‌شناسی محض و کاربردی است. این علم، مباحث گوناگونی از موضوعات زمین‌شناسی شامل کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی، ژئوشیمی، زمین‌شناسی ساختاری و ساختمانی را در بر گرفته و از این رو لازم است که دانشجویان محترم قبل از مطالعه کتاب، مباحث مذکور را مرور نمایند.

در تألیف کتاب حاضر سعی گردیده است تا از آخرین منابع و اطلاعات موجود استفاده گردد. این کتاب در ۱۳ فصل به شرح زیر تدوین گردیده و به دانشجویان عزیز توصیه می‌شود که به‌منظور بهره‌برداری بیشتر، هدف‌های کلی و رفتاری را قبل از مطالعه هر فصل مد نظر قرار دهند.

در فصل اول ضمن تعریف علم زمین‌شناسی اقتصادی به تشریح اصول و مبانی این علم و ذکر تاریخچه‌ای از آن در ایران و جهان پرداخته شده است و در ادامه سعی گردیده تا با ذکر واژه‌ها و تعاریف کاربردی، زمینه لازم برای مطالعه سایر فصول فراهم گردد. همچنین مباحث مربوط به طبقه‌بندی کانسارها و اشکال مختلف ذخایر معدنی نیز از جمله مطالب مهم این فصل می‌باشند.

از آن جایی که بافت‌های اولیه و ثانویه و نیز پاراژنز و تعیین توالی پاراژنری نقش مهمی را در تعیین مراحل تشکیل کانسارها ایفاء می‌نمایند، لذا در فصل دوم، مفاهیم مذکور مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل سوم ضمن ارائه خصوصیات کلی سیالات کانه‌دار، نحوه عملکرد سیالات کانه‌دار در نحوه مهاجرت، تجمع و تشکیل کانسارها مورد بررسی قرار گرفته است.

از آن جایی که فرایند دگرسانی در اغلب کانسارها حضور داشته و نقش مهمی را در تشکیل ذخیره و همچنین عیار و تناژ آن و نیز در اکتشاف آن‌ها ایفاء می‌کند، فصل چهارم کتاب به‌طور کامل به مبحث دگرسانی سنگ دیواره اختصاص یافته است. در مباحث مربوط به منشأ کانسارها، تعیین درجه حرارت و عمق تشکیل کانسار و نیز منشأ فلزات و سیالات دخیل در تشکیل کانسارها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در فصل پنجم مطالعات حرارت‌سنجی، فشارسنجی و ایزوتوپ‌های پایدار به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصول ششم، هفتم و هشتم به تشریح کانسارهای همراه با انواع سنگ‌های آذرین نظیر سنگ‌های بازی و فوق بازی (کانسارهای کروم، عناصر گروه پلاتین، نیکل، تیتان و الماس)، کربناتیت‌ها (کانسارهای عناصر نادر خاکی و نیوبیم)، سنگ‌های آلکالن (کانسارهای عناصر نادر خاکی، نیوبیم، اورانیم و آلومینیم) و سنگ‌های گرانیتوئیدی (کانسارهای مس، مولیبدن، قلع و تنگستن پورفیری، پگماتیت‌ها) پرداخته شده است.

فعالیت‌های آتشفشانی همواره با تشکیل بسیاری از انواع کانسارها ارتباط نزدیکی دارند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کانسارهای آهن، نقره، سرب، مس و روی اشاره نمود. کانسارهای مرتبط با فعالیت‌های آتشفشانی در فصل نهم مورد بررسی قرار می‌گیرند. به علاوه، دسته‌ای از کانسارها منشأ احتمالاً آذرین داشته اما بنا به دلایلی تعیین ارتباط آن‌ها با سنگ‌های آذرین، پیچیده می‌باشد نیز در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

کانسارهای با منشأ رسوبی (نظیر کانسارهای رسوبی شیمیایی، کانسارهای فلزات پایه، آهن، منگنز و فسفات رسوبی، کانسارهای تبخیری و کانسارهای پلاسما) در فصل دهم و کانسارهایی که فرایندهای دگرگونی در تشکیل آن‌ها نقش بسزایی دارند (نظیر کانسارهای اسکارن تنگستن، آهن، مس، سرب، روی و طلا) در فصل یازدهم عنوان شده‌اند.

فصول دوازدهم و سیزدهم نیز به ترتیب به بیان ارتباط کانسارسازی با تکتونیک

صفحه‌ای و آشنایی با انواع کانی‌ها و سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی اختصاص یافته‌اند.

در اینجا لازم می‌دانیم از ویراستاران محترم آقایان دکتر بهزاد حاج‌علیلو و دکتر علیرضا مظلومی بجستانی برای راهنمایی‌های ارزنده‌شان تشکر نماییم. همچنین از سرکار خانم مهندس هما بهنام برای حروفچینی، نمونه‌خوانی و صفحه‌آرایی مناسب کتاب و نیز سایر عزیزانی که ما را در تهیه این اثر یاری نموده‌اند کمال تشکر و سپاس خود را ابراز می‌نماییم.

هرچند که تمام سعی و تلاش ما بر آن بوده است که کتاب حاضر، عاری از هرگونه اشتباه و کاستی باشد، اما از خوانندگان فهیم و نکته‌سنج درخواست می‌شود تا با یادآوری خطاهای موجود، ما را در ارائه اثری بهتر در چاپ‌های بعدی کتاب یاری نمایند.

علیرضا نجف‌زاده و شهرام خلیلی‌مهرن

اعضاء هیأت علمی دانشگاه پیام نور کرمان

جمشید احمدیان، عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور اصفهان

هدف کلی کتاب

اهدافی که از مطالعه این کتاب برای دانشجویان محترم و سایر استفاده‌کنندگان در نظر گرفته شده است عبارت‌اند از:

۱. آشنایی کلی با علم زمین‌شناسی اقتصادی، اصول طبقه‌بندی و نحوه تشکیل کانسارها
۲. آشنایی با انواع کانسارهای آذرین، رسوبی و دگرگونی و درک چگونگی منشأ آنها
۳. آشنایی با معیارهای پی‌جویی و اکتشاف انواع کانسارها
۴. درک ارتباط بین نحوه تشکیل انواع کانسارها و تکتونیک صفحه‌ای
۵. آشنایی با روش‌های مورد استفاده جهت تعیین ژنز کانسارها
۶. آشنایی با کاربرد پاره‌ای از مواد معدنی

فصل اول

اصول و مبانی زمین‌شناسی اقتصادی

هدف کلی

هدف کلی این فصل، آشنایی با تعاریف مختلف و تاریخچه علم زمین‌شناسی اقتصادی و نیز آشنایی با اساس رده‌بندی‌های مختلف کانسارها است.

هدف‌های رفتاری

- انتظار می‌رود با مطالعه دقیق این فصل بتوانید:
۱. تعاریف مختلف علم زمین‌شناسی اقتصادی را شرح دهید.
 ۲. خلاصه‌ای از تاریخچه این علم را توضیح دهید.
 ۳. واژه‌ها و تعاریف اساسی این علم را بدانید.
 ۴. مهم‌ترین انواع رده‌بندی کانسارها و مبنای این رده‌بندی‌ها را تشریح نمایید.
 ۵. اشکال مختلف ذخایر معدنی و شرایط تشکیل آن‌ها را بیان نمایید.

مفاهیم تازه

کانه	کانه هیپوژن یا درونزاد	کانه سوپرژن یا برونزاد
باطله یا گانگ	کانسار	کانسار فلزی
کانی‌های صنعتی	کانی‌های اقتصادی	کان سنگ یا سنگ معدن
معدن	معدن‌کاری	ماگمای کان‌سنگی
کانه‌آرایی	ذخائر همزاد	ذخائر غیرهمزاد

لیگاند	کانسار لایه‌ای شکل یا چینه‌سان
کانسار چینه‌کران	توده معدنی
عیار	عیار حد
ذخایر معدنی	ذخایر قطعی
ذخیره ممکن	ذخیره مشهود
منابع معدنی	ذخیره تخت یا مانتو
کانسارهای افشان	کان‌سنگ‌های پیرومتازوماتیک
دودکش یا پایپ	کانی‌سازی رگچه‌ای سه‌بعدی (استوک‌ورک)

۱-۱ مقدمه

تا کنون تعاریف متعددی در خصوص زمین‌شناسی اقتصادی در کتب و مراجع مختلف ارائه شده است که از این بین، تعاریف ذیل از جامعیت بیشتری برخوردارند:

الف) زمین‌شناسی اقتصادی عبارت است از مطالعه و بررسی مواد و بخش‌هایی از زمین، نظیر فلزات، کانی‌های غیرفلزی، سوخت‌ها و آب که می‌تواند از نظر سوددهی برای انسان مفید باشد.

ب) زمین‌شناسی اقتصادی عبارت است از کاربرد علم زمین‌شناسی در شناخت و اکتشاف مواد معدنی.

ج) زمین‌شناسی اقتصادی شاخه‌ای از دانش زمین‌شناسی است که در آن از منشأ، نحوه تشکیل، پراکندگی و اکتشاف آن دسته از مواد معدنی که برای انسان مفید بوده و دارای ارزش اقتصادی می‌باشند، صحبت به میان می‌آورد.

با توجه به تعاریف فوق، درمی‌یابیم که اهمیت نقش علم زمین‌شناسی اقتصادی در زندگی روزمره کنونی بشر غیرقابل انکار بوده و با توجه به افزایش روزافزون جمعیت، میزان مصرف مواد معدنی هم پیوسته افزایش می‌یابد و در سه دهه اخیر، این افزایش، پیشرفت چشم‌گیری داشته است. زمین‌شناسی اقتصادی علمی است که شالوده اکتشاف مواد معدنی را تشکیل داده و لذا نقش مهمی در تأمین مواد اولیه معدنی برای انسان، ایفا می‌کند.

۱-۲ تاریخچه

بشر از دیرباز فلزات مختلفی را جهت ساخت وسایل مورد نیاز خود به کار می‌برده است. به‌طور مثال در عصر برنز^۱، انسان کشف نمود که چگونه با ترکیب فلزات گوناگون، مبادرت به تولید آلیاژ نماید و از آن زمان، شروع به اکتشاف و استخراج فلزات نمود. البته از آن جایی که هیچ گونه اطلاعی از نحوه تشکیل فلزات مورد نظر (نظیر مس، قلع، سرب، نقره و ...) نداشت، معمولاً اکتشاف فلزات فوق، کاملاً اتفاقی و یا در اثر جستجوهای فراوان صورت می‌گرفت.

در تمدن‌های ابتدایی یونان و مصر، فرضیه‌هایی در خصوص تشکیل فلزات ارائه گردید که اکثراً مبتنی بر افسانه بود. معتبرترین این فرضیه‌ها در آن دوره، اعتقاد به تأثیر نیروهای فرازمینی در تشکیل فلزات مختلف داشت (نظر ابن‌سینا در کتاب شفا تا حدودی مؤید نظریه فرازمینی است). این فرضیه تا آنجا قوت گرفت که در آن زمان معمولاً برای کشف فلزات، در صدد کمک‌گرفتن از ارواح بر می‌آمدند.

اولین فرضیه مبتنی بر تفکر علمی در خصوص نحوه تشکیل فلزات توسط آگریکولا^۲ و در قرن شانزدهم میلادی ارائه گردید. وی دو اصل زیر را در مورد نحوه تشکیل کانسارها مطرح نمود:

الف) رگه‌های موجود در سنگ‌های در بر گیرنده، جوان‌تر از آن سنگ‌ها هستند.
ب) در اثر ته‌نشینی محلول‌هایی که از داخل شکستگی‌ها عبور می‌کنند، کانسارها به‌وجود می‌آیند.

پس از آن نیکولاس استنو^۳ چنین عنوان نمود که رگه‌ها می‌توانند در اثر جامدشدن گازهایی که از داخل شکستگی‌ها به طرف بالا حرکت می‌کنند نیز به‌وجود آیند. در بین سال‌های ۱۷۷۳-۱۷۷۰ میلادی، شخصی به نام دلیوس^۴ نظریه ارتباط مستقیم بین دگرسانی کانه‌ها و اتمسفر را ارائه نمود. همچنین در سال ۱۷۹۹ میلادی، شارپتیه^۵ اطلاعات مفیدی را در مورد نحوه تشکیل کانسارها ارائه نمود و از جمله خصوصیات مهم نوشته‌های وی این بود که اطلاعات ارائه‌شده توسط او بر اساس مشاهدات مستقیم در معادن سرب و روی ارائه گردیده بود. وی معتقد بود که رگه‌های معدنی موجود در کانسارها،

1. Bronz age
2. Agricola
3. Nicolas Steno
4. Delius
5. Charpentier

حاصل واکنش بین سنگ در بر گیرنده و آبی است که از سنگ دیواره عبور کرده است. تا قبل از انقلاب صنعتی، تنها ده فلز شناخته شده و مورد استفاده بشر قرار می‌گرفته است. این فلزات شامل مس، سرب، آهن، قلع، طلا، نقره، جیوه، آنتیموان، روی و آرسنیک بوده که از معادن اندکی با تنوع زمین‌شناختی محدود استخراج می‌شده‌اند (لازنیکا^۱، ۲۰۱۰). در طی سال‌های پایانی قرن ۱۸ میلادی، دو دانشمند به نام‌های جیمز هاتن^۲ و ورنر^۳ با دو عقیده کاملاً متناقض، کلیه تفکرهای زمین‌شناسی را تحت نفوذ افکار خود قرار دادند. هاتن اعتقاد داشت که تمامی کانه‌ها از ماگما تشکیل شده‌اند (اعتقاد پلوتونیست‌ها) و ورنر اعتقاد داشت که کانه‌ها، حاصل فرایندهای رسوبی‌اند (اعتقاد نپتونیست‌ها). بنابراین در آن زمان، فقط کافی بود که شخصی پلوتونیست باشد یا نپتونیست و در نتیجه، نحوه تشکیل یک کانه با دو نظریه کاملاً متفاوت و متناقض ارائه می‌گردید و گاه توضیحات مربوط به نحوه تشکیل یک کانه آن چنان پیچیده می‌شد که هیچ یک از گروه‌های فکری فوق، قادر به ارائه فرضیه‌ای مناسب درباره نحوه تشکیل کانه نبوده‌اند.

در اواسط قرن نوزدهم میلادی، دانشمندی فرانسوی به نام بيمونت^۴ چند نظریه در مورد تشکیل کانسارها ارائه نمود که برخی از آن‌ها تا کنون معتبر است. به عنوان مثال، وی نحوه تأثیر محلول‌های گرمایی را در تشکیل کانسارها به خوبی توضیح داده و دلایل مستدلی نیز در این خصوص ارائه نموده است. در اوایل قرن بیستم میلادی، پن رز^۵ انجمن زمین‌شناسان اقتصادی را با هدف مطالعه و بحث درباره مسائل جاری زمین‌شناسی اقتصادی در دنیا تأسیس کرد و در یکی از گردهمایی‌های سالیانه همین انجمن، لیندگرن^۶ موفق به ارائه تقسیم‌بندی قابل قبولی در مورد کانسارها، با توجه به شرایط تشکیل آن‌ها گردید. تقسیم‌بندی کانسارها از دیدگاه اسمیرنوف^۷ نیز یکی دیگر از تقسیم‌بندی‌های قابل قبول در مورد کانسارها است که در قرن حاضر ارائه شده است. در ادامه این فصل، نحوه طبقه‌بندی کانسارها و انواع رایج آن به بحث گذاشته خواهد شد.

1. Laznika
2. James Hutton
3. Werner
4. Beamont
5. pen rose
6. Lindgren
7. Smirnov

۳-۱ واژه‌ها و تعاریف

قبل از ورود به مباحث اصلی زمین‌شناسی اقتصادی لازم است بعضی از واژه‌ها و تعاریفی که کاربرد زیادی در متون مذکور دارند، به‌طور اجمال معرفی و توضیحات مختصری در خصوص آن‌ها ارائه گردد. لازم به ذکر است که بعضی از این واژه‌ها تعاریف متعددی داشته و در این مبحث، تنها به یک مورد از آن‌ها اشاره می‌شود.

کانه^۱: به کانی اطلاق می‌شود که می‌توان از آن یک فلز مفید را استخراج نمود.

کانه درونزاد یا اولیه یا هیپوژن^۲: کانه‌های درونزاد، در نتیجه مراحل اولیه فلززایی و توسط محلول‌های بالارو به‌وجود می‌آیند.

کانه برونزاد یا ثانویه یا سوپرژن^۳: کانه‌های برونزاد، از محصولات دگرسانی و هوازدگی کانه‌های اولیه بوده و توسط محلول‌های پایین‌رو تشکیل می‌شوند. در جدول ۱-۱ فهرست معمول‌ترین کانه‌ها، اعم از اولیه و سوپرژن آورده شده است.

باطله یا گانگ^۴: باطله‌ها عموماً کانی‌های غیرفلزی یا فلزی هستند که نمی‌توان ماده با ارزشی از آن‌ها استخراج کرد و به همراه کانه‌ها در کانسارها یافت می‌شوند. از جمله باطله‌ها می‌توان به کوارتز، پیریت، کلسیت و دولومیت اشاره نمود. ترکیب باطله‌ها متغیر بوده و ممکن است در یک معدن به دلیل درصد پایین، باطله و در یک معدن، با تمرکز بالا، ماده معدنی به حساب آیند. در جدول ۱-۲ فهرست مهم‌ترین باطله‌ها (اولیه و برونزاد) درج شده است.

کان‌سنگ یا سنگ معدن^۵: به مجموع کانه‌ها و باطله‌هایی اطلاق می‌شود که از آن‌ها یک یا چند فلز ارزشمند استحصال می‌شود. معمولاً نام فلز مورد استحصال به همراه نام کان‌سنگ آورده می‌شود. به‌عنوان مثال کان‌سنگ آهن می‌تواند شامل کانه‌های مگنتیت و هماتیت به‌عنوان ماده با ارزش و کانی‌های کلسیت و باریت به‌عنوان گانگ یا باطله باشد. کانه‌ها به چند زیرگروه شامل فلزی، غیرفلزی، انرژی و آب تقسیم می‌گردند (گیلبرت پارک، ۱۹۹۷).

1. Ore mineral
2. Hypogene
3. Supergene
4. Gangue
5. Ore

جدول ۱-۱ فهرست معمول‌ترین کانه‌ها (اولیه و سوپرژن) (جنسن و بیتمن، ۱۹۸۱).

فلز	کانه	ترکیب	درصد فلز	اولیه	سوپرژن
Gold	Native gold	Au	۱۰۰	×	×
	Calaverite	AuTe ₂	۳۹	×	
	Sylvanite	(Au.Ag)Te ₂	–	×	
Silver	Native silver	Ag	۱۰۰	×	×
	Argentite	Ag ₂ S	۸۷	×	×
	Cerargyrite	AgCl	۷۵		×
Iron	Magnetite	FeO.Fe ₂ O ₃	۷۲	×	
	Hematite	Fe ₂ O ₃	۷۰	×	×
	Limonite	Fe ₂ O ₃ .H ₂ O	۶۰		×
	Siderite	FeCO ₃	۴۸	×	×
Copper	Native Copper	Cu	۱۰۰	×	×
	Bornite	Cu ₅ FeS ₄	۶۳	×	×
	Brochantite	CuSO ₄ .3Cu(OH) ₂	۶۲		×
	Chacocite	Cu ₂ S	۸۰	×	×
	Chalcopyrite	CuFeS ₂	۳۴	×	×
	Covellite	CuS	۶۶	×	×
	Cuprite	Cu ₂ O	۸۹		×
	Digenite	Cu ₉ S ₅	۷۸	×	×
	Enargite	3Cu ₂ S.As ₂ S ₃	۴۸	×	
	Malachite	CuCO ₃ .Cu(OH) ₂	۵۷		×
	Azurite	2CuCO ₃ .Cu(OH) ₂	۵۵		×
	Chrysocolla	CuSiO ₃ .2H ₂ O	۳۶		×
Lead	Galena	PbS	۸۶	×	
	Cerussite	PbCO ₃	۷۷		×
	Anglesite	PbSO ₄	۶۸		×
Zinc	Sphalerite	ZnS	۶۷	×	
	Smithsonite	ZnCO ₃	۵۲		×
	Hemimorphite	H ₂ ZnSiO ₅	۵۴		×
Tin	Zincite	ZnO	۸۰	×	
	Cassiterite	SnO ₂	۷۸	×	؟
	Stannite	Cu ₂ S.FeS.SnS ₂	۲۷	×	؟
Nickel	Pentlandite	(Fe.Ni)S	۲۲	×	
	Garnierite	H ₂ (Ni.Mg)SiO ₃ .H ₂ O	–		×
Chromium	Chromite	FeO.Cr ₂ O ₃	۶۸	×	
Manganese	Pyrolusite	MnO ₂	۶۳	×	×
	Psilomelane	Mn ₂ O ₃ .xH ₂ O	۴۵	×	×
	Braunite	3Mn ₂ O ₃ .MnSiO ₃	۶۹	؟	×
	Manganite	Mn ₂ O ₃ .H ₂ O	۶۲		×
Aluminum	Bauxite	Al ₂ O ₃ .2H ₂ O	۳۹		×
Antimony	Stibnite	Sb ₂ S ₃	۷۱	×	
Bismuth	Bismuthinite	Bi ₂ S ₃	۸۱	×	×
Cobalt	Smaltite	CoAs ₂	۲۸	×	
	Cobaltite	CoAsS	۳۵	×	
Mercury	Cinnabar	HgS	۸۶	×	
Molybdenum	Molybdenite	MoS ₂	۶۰	×	
	Wulfenite	PbMoO ₄	۳۹		×
Tungsten	Wolframite	(Fe.Mn)WO ₄	۷۶	×	
	Huebnerite	MnWO ₄	۷۶	×	
	Scheelite	CaWO ₄	۸۰	×	
Uranium	Uraninite & Pitchblende	Combined UO ₂ and UO ₃	۵۰–۸۵	×	
	Coffinite	USiO ₄	۷۵	×	×
	Carnotite	K ₂ O.2U ₂ O ₃ .V ₂ O ₅ .nH ₂ O	60U ₃ O ₈		×