جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی به روش‌های بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی

ضابطه شماره ۷۸۰

سازمان برنامه و بودجه کشور

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

وزارت صنعت، معدن و تجارت

معاونت امور معادن و صنایع معدنی

دفتر نظارت امور معدنی

http://minecriteria.mimt.gov.ir

۱۳۹۸

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره:	۹۸/۴۸۵۵۵۵
	تاریخ:	۱۳۹۸/۰۹/۰۲

موضوع: دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی به روش‌های بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی

در چارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، نظام فنی و اجرایی یکپارچه و ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، به پیوست ضابطه شماره ۷۸۰ امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران؛ با عنوان « **دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی به روش‌های بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی** » از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود. رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۹/۰۱/۰۱ الزامی است.

ضوابط و معیارها در حدود مشخص شده در این ضابطه، با توجه به شرایط خاص کار مورد نظر تعیین و مبنای عمل می‌باشد. در مورد پروژه‌هایی که از محل سرمایه‌گذاری بخش غیر دولتی تامین اعتبار می‌شوند، لازم است حدود انتخابی معیارهای یادشده در مرحله ارجاع کار تعیین و به تایید سرمایه‌پذیر برسد.

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

محمد باقر نوبخت

ش ش: ۳۶۴۲۳۰۷

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه ی مهندسی کشور عرضه نموده است .با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران.

Email:nezamfanni@mporg.ir web: nezamfanni.ir

باسمه تعالی

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ه، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این امور براساس نظام فنی اجرایی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران، تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرح‌های توسعه‌ای کشور را به عهده دارد.

هوموس خاک‌های جنگلی از نظر برخی عناصر فرعی، غنی است و گیاهانی که بر روی این هوموس رشد کرده‌اند باید غنی از این عناصر باشند. بر این اساس اکتشافات بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی یکی از روش‌های مناسب در اکتشاف مواد معدنی در مناطق دارای پوشش گیاهی است. در صورتی که از تجزیه شیمیایی کل گیاه یا اندام خاص در اکتشافات استفاده شود. این روش به نام اکتشافات بیوژئوشیمیایی شناخته می‌شود. مشاهده مستقیم گیاهان برای پی‌جویی ذخایر پنهان را اکتشاف ژئوبوتانی می‌نامند. روش بیوژئوشیمی بر اساس تجزیه شیمیایی گیاه و روش ژئوبوتانی بر اساس مشاهده مستقیم تغییرات مورفولوژی گیاه و پراکندگی گونه‌های گیاهی است، بنابراین روش ژئوبوتانی این مزیت را دارد که نتایج بررسی فورا در دسترس‌اند و نیاز به نمونه‌برداری، آماده‌سازی و تجزیه ندارند.

ضابطه حاضر با عنوان **"دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی به روش‌های بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی"** در قالب برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن تهیه شده است.

با همه تلاش‌های انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که امید است، کاربرد عملی و در سطح وسیع این ضابطه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم آورد.

حمیدرضا عدل
معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی
پاییز ۱۳۹۸

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل «دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی به روش‌های بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی»

[نشریه شماره ۷۸۰]

مجری طرح

جعفر سرقینی	معاون امور معادن و صنایع معدنی- وزارت صنعت، معدن و تجارت

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

فرزانه آقارمضانعلی	کارشناس ارشد مهندسی صنایع- سازمان برنامه و بودجه کشور
عباسعلی ایروانی	کارشناس ارشد مدیریت کارآفرینی (کسب و کار) - وزارت صنعت، معدن و تجارت
بهروز برنا	کارشناس مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
محمد پریزادی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان برنامه و بودجه کشور
عبدالعلی حقیقی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
جعفر سرقینی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
علیرضا غیاثوند	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
هرمز ناصرنیا	کارشناس ارشد مهندسی معدن

اعضای کارگروه اکتشاف به ترتیب حروف الفبا

علی اصغرزاده	کارشناس ارشد مهندسی معدن– سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران
بهروز برنا	کارشناس مهندسی معدن– شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران
بهزاد مهرابی	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی– دانشگاه خوارزمی
عبدالمجید یعقوب‌پور	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی– دانشگاه خوارزمی
علی اصغرزاده	کارشناس ارشد مهندسی معدن– سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

مهدی ایران‌نژاد	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهرام رضایی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
علیرضا غیاثوند	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهزاد مهرابی	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی- دانشگاه خوارزمی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی و اجرایی
مهدیه اسکندری	کارشناس گروه ضوابط و معیارهای معاونت امور معادن و صنایع معدنی

پیش‌نویس این گزارش توسط آقای **دکتر مسعود علیپور اصل** تهیه شده و پس از بررسی و تایید توسط کارگروه اکتشاف، به تصویب شورای عالی برنامه رسیده است.

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول- کلیات	**۱**
۱-۱- آشنایی	۳
۱-۲- تعاریف و مفاهیم	۴
فصل دوم- روش اکتشاف ژئوبوتانی	**۹**
۲-۱- آشنایی	۱۱
۲-۲- جوامع گیاهی معرف	۱۳
۲-۳- گونه‌های گیاهی معرف	۱۴
۲-۴- تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و جهشی در گیاهان	۱۶
۲-۵- کاربرد روش ژئوبوتانی	۱۷
۲-۶- دستورالعمل انجام اکتشافات به روش ژئوبوتانی	۱۹
فصل سوم- روش اکتشاف بیوژئوشیمیایی	**۲۳**
۳-۱- آشنایی	۲۵
۳-۲- جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌های پایه	۲۶
۳-۳- طراحی و روش نمونه‌برداری	۲۷
۳-۳-۱- چگالی نمونه‌برداری	۲۷
۳-۳-۲- انتخاب نمونه‌ها	۲۷
۳-۳-۳- نمونه‌برداری	۲۸
۳-۳-۴- آماده‌سازی نمونه	۲۹
۳-۴- بسته‌بندی نمونه‌ها	۳۰
۳-۵- کنترل دقت نتایج تجزیه شیمیایی	۳۰
۳-۶- روش تجزیه	۳۱
۳-۷- پردازش و تفسیر داده‌ها	۳۲
۳-۸- نقشه‌های آنومالی بیوژئوشیمیایی	۳۲
۳-۹- ارزیابی نقشه‌های آنومالی بیوژئوشیمی	۳۳
۳-۱۰- کنترل آنومالی‌ها	۳۳
۳-۱۱- محتوای گزارش اکتشاف بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی	۳۵
۳-۱۱-۱- چکیده	۳۵
۳-۱۱-۲- فهرست مطالب	۳۵
۳-۱۱-۳- فهرست جدول‌ها و شکل‌ها	۳۵
۳-۱۱-۴- فصل اول: کلیات	۳۵
۳-۱۱-۵- فصل دوم: دستورالعمل انجام روش ژئوبوتانی	۳۵
۳-۱۱-۶- فصل سوم: دستورالعمل انجام اکتشافات بیوژئوشیمیایی	۳۶
۳-۱۱-۷- فصل چهارم: کنترل آنومالی‌های ژئوشیمیایی	۳۶
۳-۱۱-۸- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها	۳۶

omoorepeyman.ir

۳-۱۱-۹- فهرست منابع ۳۷
۳-۱۱-۱۰- پیوست‌ها ۳۷
۳-۱۲- چک‌لیست مراحل ۳۷

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- آشنایی

از آنجایی که برخی گیاهان، فلزات و سایر مواد معدنی و غیرآلی را در اندام‌هایشان تمرکز می‌دهند، به عنوان ابزاری سودمند در اکتشافات بیوژئوشیمیایی منابع معدنی به کار می‌روند. بررسی گیاهان و هاله‌های گیاهی می‌تواند برای اکتشاف ذخایر معدنی پنهان به ویژه در مناطق پوشیده از گیاه و یا رسوبات ضخیم که دیگر روش‌های اکتشافی ژئوشیمی کاربرد ندارند، سودمند باشد. به عنوان مثال در مناطقی که سنگ بستر آن با رسوبات نسبتا ضخیمی پوشیده شده باشد، از روش اکتشافات ژئوشیمیایی خاک یا رسوبات آبراهه‌ای نمی‌توان استفاده کرد. در چنین حالتی ریشه گیاهان به ویژه اگر عمیق باشند و به سنگ بستر برسند، می‌توانند نشانه‌هایی از وجود سنگ بستر را آشکار سازند. به طور کلی روش اکتشافات بیوژئوشیمیایی مزایا و معایبی به شرح زیر دارد.

الف- مزیت‌های کاربرد اکتشافات بیوژئوشیمیایی

- هزینه انجام این روش نسبت به دیگر روش‌های ژئوشیمیایی بسیار پایین است.
- برای اکتشاف کانی‌سازی پنهان در زیر رسوبات ضخیم سودمند است.
- گیاهان معرف (روش ژئوبوتانی) به عنوان نشانه کانی‌سازی عمیق بدون انجام تجزیه شیمیایی به کار می‌روند.

ب- معایب کاربرد روش اکتشافات بیوژئوشیمیایی

- مهارت‌های فردی در استفاده از این روش بسیار مهم است.
- به علت مقاومت‌های زیستی گیاهان ممکن است استفاده از این روش در مواقعی موفقیت‌آمیز و در مواقعی دیگر ناکارآمد باشد.
- این روش عموما فصلی است و در همه فصول کاربرد آن ممکن نیست.
- این روش تنها در مناطقی کاربرد دارد که دارای پوشش گیاهی‌اند.
- تفسیر داده‌های حاصل از چنین بررسی‌هایی مشکل است.
- نیاز به کمک یک فرد گیاه‌شناس باتجربه در تیم اکتشافی است.
- سن گیاه، رشد در دامنه رو به آفتاب و پشت به آفتاب و سایر عوامل اقلیمی و محیطی باعث تفاوت در نتایج یک منطقه می‌شود.
- تجزیه بخشی از گیاه یا کل گیاه در نتیجه تاثیرگذار است.
- گیاهان مورد استفاده در این روش ارزش منطقه‌ای دارند و به صورت عام قابل استفاده در همه اقلیم‌ها نیستند.

کاربرد گیاهان برای اکتشافات ژئوشیمیایی نیازمند دانستن اطلاعات اساسی در مورد ژئوبوتانی، بیوژئوشیمی، بیوشیمی، ژئوشیمی، شیمی عمومی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و جغرافیای زیستی است. به همین دلیل اکتشافات بیوژئوشیمیایی مبتنی بر بررسی گیاهان را به دو بخش اساسی بیوژئوشیمی (تجزیه اندام‌های گیاهی) و ژئوبوتانی (مطالعه مستقیم مورفولوژی گیاهان) تقسیم می‌کنند. این روش به عنوان یک روش کمکی است و معمولا به تنهایی در اکتشافات مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، بنابراین استفاده از آن باید به صورت ترکیبی با سایر روش‌ها باشد.

omoorepeyman.ir

۱-۲- تعاریف و مفاهیم

مقدار زمینه: فراوانی عادی یک عنصر یا عناصر را در یک ناحیه و یا محدوده مشخص که غلظت آن به صورت آنومالی نیست، مقدار زمینه آن عنصر گویند.

عناصر متحرک: عناصر متحرک مورد نیاز گیاه (مانند نیترات و پتاسیم) آن دسته از عناصری‌اند که ممکن است در یک گیاه به اندام‌های دیگر نقل مکان کنند. در گیاهان همیشه سبز، عناصر متحرک ممکن است تا پایان فصل رشد در گیاه تمرکز یابند.

عناصر غیرمتحرک: آن دسته از عناصری که در بافت‌های گیاهی ثابت باقی می‌مانند (مانند کلسیم) و در درون اندام‌های گیاهی جابه‌جا نمی‌شوند تا اینکه گیاه پیر شود و سپس از بین برود.

انتقال عناصر از خاک به گیاه: اساس مطالعات بیوژئوشیمیایی بر مبنای جذب عنصر و یا عناصر موجود در رطوبت خاک به وسیله گیاه است. عناصر موجود در رطوبت خاک و یا آب‌های زیرزمینی با توجه به در دسترس بودن و تحرک آن، از طریق ریشه گیاه جذب گیاه می‌شود. جذب یک عنصر در گیاه تابع نوع گیاه، ماهیت عنصر جذب شده، عمق نفوذ ریشه گیاه، تمرکز عنصر در خاک، تحرک عنصر، اسیدیته خاک و نظایر آن است.

میکوریزها: میکوریزها، قارچ‌های همزیست با ریشه گیاهان‌اند که ارتباط متقابل و سودمندی با ریشه‌های گیاهان دارند. ریشه‌های گیاه مواد ترشح شده خود را به قارچ منتقل و قارچ در انتقال مواد غذایی و آب به ریشه گیاه کمک می‌کند.

ایالات بیوژئوشیمیایی: منطقه و یا ناحیه‌ای که با فراوانی غیرعادی یک یا چند عنصر شیمیایی همراه با واکنش‌های بیولوژیکی معینی مشخص می‌شود.

ژئوبوتانی: یکی از روش‌های اکتشافات ژئوشیمیایی که اساس آن مطالعات مستقیم بصری گیاهان و بررسی تغییرات در مورفولوژی و رنگ گیاهان در اثر وجود مواد معدنی در محل رشد آن‌ها است.

بیوژئوشیمی: یکی از روش‌های اکتشافات ژئوشیمیایی است که اساس آن روابط ذاتی و طبیعی متقابل بین بیوسفر و محیط اطراف آن (هیدروسفر، آتمسفر و سطح لیتوسفر) است. تمرکز عناصر موجود در گیاه بستگی به نوع بافت، سن و شرایط رشد گیاه دارد. در این روش کل و یا بخش مشخصی از اندام گیاه پس از نمونه‌برداری و آماده‌سازی به روش‌های متداول تجزیه شیمیایی می‌شود و عناصر انباشته شده بیش از حد طبیعی به عنوان نشانه اکتشافی در منطقه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

جوامع گیاهی معرف: جوامع معرف و یا مجموعه‌ای از گونه‌های گیاهی معرف که از طریق آن‌ها ممکن است بتوان ویژگی‌های نواحی کانی‌سازی را مشخص کرد. وجود این گیاهان الزاما تعیین‌کننده محل کانی‌سازی نیست.

گونه‌های گیاهی معرف: این اصطلاح به گیاهان معرف نوع خاصی از کانی‌سازی، اطلاق می‌شود. گیاهان معرف نسبت به جوامع گیاهی معرف، این امتیاز را دارند که قدرت آن‌ها در تعیین دقیق محل و موقعیت کانی‌سازی بیشتر است. جوامع و گونه‌های گیاهی معرف در روش ژئوبوتانی به کار می‌روند.

omoorepeyman.ir

تمرکز گروهی و انتخابی گیاهی: تمرکز گروهی و انتخابی گیاهی در روش اکتشافات بیوژئوشیمیایی به کار می‌رود. در تمرکز گروهی، گیاهانی که در یک ناحیه معین رشد می‌کنند و دارای مقادیر آنومال برخی عناصر شیمیایی خاص مرتبط با غلظت بالای این عناصر در خاک و سنگ بستر محل رشد گیاهان‌اند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. تمرکز انتخابی و انباشتگی عناصر شیمیایی در گونه‌های گیاهی خاصی رخ می‌دهد.

نقشه‌های بیوژئوشیمیایی: نقشه‌های هم‌نظیر[1] که به صورت ترکیبی با نقشه‌های مربوط به پوشش‌های گیاهی تهیه می‌شوند، تا این روابط را به صورت مناسب‌تری نمایش دهند. این روابط بر اساس شناخت مواد موجود در کانی‌های موجود در خاک و نیازهای تغذیه‌ای گیاهان و مقاومت آن‌ها در برابر این عناصر بنا شده است. روابط حاکم بین گیاه و خاک ساده نیست و عمدتا با میزان تمرکز کانی‌ها و سن بافت گیاهی به صورت خطی تغییر نمی‌کند و تا حد زیادی به قابلیت نگهداری آب به وسیله خاک، pH و میزان تبخیر آب بستگی دارد.

ضریب جذب بیولوژیک: توانایی گیاه در جذب عناصر شیمیایی از محیط رشد، به وسیله نسبت غلظت عنصر در گیاه به غلظت عنصر در خاک ارزیابی شده و به نام‌های مختلفی همچون ضریب جذب بیولوژیک یا اندیس انباشت حیاتی یا فاکتورهای انتقالی نامیده می‌شود.

ضریب جذب بیولوژیک از رابطه ۱-۱ محاسبه می‌شود.

$$BAC = Cp/Cs \qquad (۱-۱)$$

که در آن:

Cp مقدار عنصر در خاکستر گیاه

Cs مقدار همان عنصر در خاک

مقادیر ضریب جذب بیولوژیک را به پنج گروه تقسیم می‌کنند (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱- تقسیم‌بندی گیاهان بر اساس ضریب جذب بیولوژیک

توصیف جذب	ضریب جذب
شدید	۱۰-۱۰۰
قوی	۱-۱۰
متوسط	۰/۱-۱
ضعیف	۰/۰۱-۰/۱
خیلی ضعیف	۰/۰۰۱-۰/۰۱

در ارتباط بین مقدار عنصر در خاک و مقدار عنصر در گیاه، سه حالت مختلف رخ می‌دهد. نخستین حالت زمانی است که با افزایش مقدار عنصر در خاک، مقدار جذب به وسیله گیاه نیز افزایش می‌یابد (شکل ۱-۱، منحنی الف). در این حالت ممکن است گیاه در قسمتی یا تمام طول محدوده کمبود عنصر را نشان دهد. در حالت دوم (شکل ۱-۱، منحنی

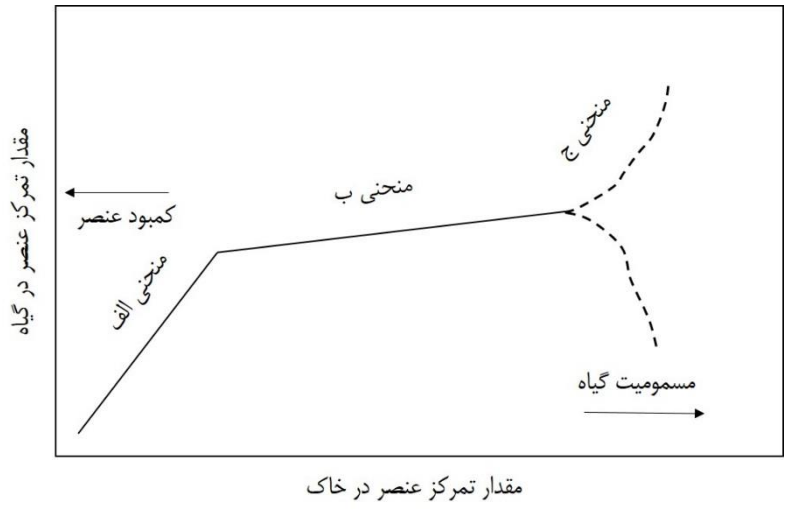
1- Synoptic mapping

omoorepeyman.ir

ب) رابطه تقریبا خطی بین تمرکز عنصر در خاک و گیاه که در ارتباط با افزایش مقدار عنصر در خاک است و می‌تواند به عنوان نشانگر مورد استفاده قرار گیرد. این حالت، اساس کاربرد روش بیوژئوشیمی است. حالت سوم زمانی رخ می‌دهد که با افزایش مقدار عنصر در خاک، مسموم شدن گیاه رخ دهد و منجر به تغییراتی در رشد، مورفولوژی و رنگ در گیاه شود (شکل ۱-۱، منحنی ج) که اساس مطالعات ژئوبوتانی است. بخش بالارو منحنی ج معرف گیاهان بیش‌انباشتگر[1] و بخش پایین‌رو، مربوط به از بین رفتن گیاه در اثر مسمومیت با عناصر فلزی است. این ضریب جذب بیولوژیک برای هر نوع گیاه و عنصر و همچنین در شرایط محیطی متفاوت است و مبنای مطالعات بیوژئوشیمیایی بر اساس گیاهان معرف و بیش‌انباشتگر است که در ادامه توضیح داده شده است.

گیاهان معرف[2]: گیاهانی که در محدوده وسیعی از غلظت‌های فلزی محلول دارای ضریب جذب بیولوژیک نسبتا ثابتی‌اند. در این گروه، غلظت عنصر در گیاه رابطه‌ای تقریبا خطی با فلز قابل حل در محلول خاک دارد. گیاهانی که به طور طبیعی در مناطق فلزدار وجود ندارند، وقتی در حضور عناصر غیرضروری رشد می‌کنند، معمولا به عنوان گیاه معرف شناخته می‌شوند.

گیاهان بیش‌انباشتگر: گیاهانی که غلظت‌های بسیار بالای فلزات را در بخش‌های هوایی خود تحمل می‌کنند و یا دارای مکانیزم جذب فعال حتی برای فلزات غیرضروری‌اند. برخی گونه‌های گیاهی تنها برای پر کردن سوراخ‌های اکولوژیکی منتج از آلودگی‌های فلزی رشد می‌کنند. این گونه‌ها در مناطقی که ترکیب شیمیایی خاک تا حدودی یکسان است، می‌توانند به عنوان ردیاب‌های ژئوبوتانیکی در اکتشاف کانسار مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۱-۱- رابطه عمومی بین تمرکز یک عنصر در خاک و تمرکز آن عنصر در گیاه و تاثیر آن

1- Hyper accumulator
1- Indicator plant

omoorepeyman.ir

گیاهان اجتناب‌گر[۱]: گیاهانی که دارای ضریب جذب بیولوژیک خیلی کمی برای عناصر غیرضروری مانند کادمیم، نیکل و آرسنیک‌اند. اغلب گیاهان به طور طبیعی در خاک‌های فلزدار مانع ورود عناصر به گیاه می‌شوند که به آن مکانیزم سدی گفته می‌شود.

۱- Excluder plant

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۲

روش اکتشاف ژئوبوتانی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- آشنایی

زندگی گیاهان در ارتباط با ویژگی‌های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی است که گیاه در آن رشد می‌کند. به عنوان مثال، گیاهان مناطق گرم و مرطوب و حاصل‌خیز، رشد بیشتری نسبت به محیط‌های خشن با حاصل‌خیزی کمتر دارند. ژئوبوتانی علمی در ارتباط با توزیع عناصر در محیط زمین‌شناسی رشد گیاهان است، بنابراین مبنای روش اکتشاف ژئوبوتانی، تغییرات مورفولوژیکی قابل مشاهده در اندام گیاهی، بررسی پوشش گیاهی و تعیین پراکندگی آن‌ها در یک منطقه بر اساس توزیع عناصر است. با توجه به اینکه تقریبا ۶۵ درصد سطح خشکی‌های جهان از گیاهان پوشیده شده است، بنابراین احتمال دارد ذخایر معدنی پنهانی در زیر این پوشش گیاهی وجود داشته باشد که روش‌های ژئوبوتانی و بیوژئوشیمی در اکتشاف آن‌ها سودمند است. در روش ژئوبوتانی روابط میان گیاهان و زمین‌شناسی زیرسطحی تا حد نفوذ ریشه مورد بررسی قرار می‌گیرد. این بررسی‌ها شامل موارد زیر است:

- شناسایی جوامع و گونه‌های گیاهی موجود در منطقه اکتشافی یا بود و نبود گونه‌های خاص از گیاهان که معرف غلظت بالایی از عنصر خاصی در همان منطقه باشد. این عنصر ممکن است خود عنصر هدف و یا یک عنصر ردیاب برای کانی‌سازی‌ها باشد.

- تشخیص تغییر رنگ‌های غیرعادی و شکل‌های غیرمتعارف در گیاهان که ممکن است ناشی از وجود فلزات با غلظت غیرعادی در اطراف کانی‌سازی باشد.

- مناطق باتلاقی، مردابی و با پوشش گیاهی و جنگلی که امکان نمونه‌برداری سنگ، رسوب آبراهه‌ای و خاک در آن ممکن نیست، مناسب برای انجام اکتشافات ژئوبوتانی‌اند.

قبل از انجام بررسی‌های ژئوبوتانی در یک منطقه، سه عامل زیر که اجتماعات گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند، مطالعه می‌شوند:

- آب و هوا: هر جامعه گیاهی در شرایط آب و هوایی خاص رشد می‌کند.

- نوع خاک: نوع خاک، تراکم و فراوانی جمعیت‌های گیاهی را تعیین می‌کند. قابلیت نگهداری آب به وسیله خاک و همچنین میزان شوری آب نیز نقش مهمی در میزان رشد گیاه دارد.

- ژئومورفولوژی: توپوگرافی (شیب و ارتفاع)، مورفولوژی (سطح فرسایشی) و جنس واحدهای زمین‌شناسی از مشخصات مهم ژئومورفولوژی است که نوع خاک و در نتیجه پراکندگی گیاهان را در یک منطقه کنترل می‌کند.

در اکتشافات ژئوبوتانی شناخت موارد زیر اهمیت دارد:

- طبیعت و توزیع جوامع گیاهی
- طبیعت و توزیع گونه‌های گیاهی معرف
- ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاهان (مانند رنگ، رشد و تغییر شکل)
- تغییر بارز یک یا بیشتر موارد بالا که به روش‌های سنجش از راه دور قابل تشخیص باشد.

omoorepeyman.ir

- کاربرد موارد فوق در تفسیر داده‌های حاصل از مشاهدات ژئوبوتانی با تکیه بر دانش گیاه‌شناسی، اکولوژی، زمین‌شناسی، فیزیولوژی گیاهی و بیوشیمی

ژئوبوتانی یک روش شناسایی اولیه مناطق کانی‌سازی است. در این روش به تغییرات خاص در برخی جوامع گیاهی توجه می‌شود که به نوعی از عناصر تمایل خاصی نشان می‌دهند. این نوع گیاهان را گیاه معرف یا شاخص می‌نامند. برخی از گیاهان شاخص جهانی[۱]اند و برخی فقط شاخص محلی[۲] محسوب می‌شوند. در این گیاهان تغییرات مورفولوژیکی غیرعادی، مانند غول‌آسایی، تغییرات در ترتیب گل دادن و تغییر در شکل رشد گیاه دیده می‌شود. از این ویژگی‌ها برای اکتشاف کانسارها استفاده می‌شود.

برای مثال گونه‌های ویولا کالامیناریا[۳] (نوعی بنفشه) و تلاسپی کالامیناریا[۴] به عنوان گیاه معرف جهانی برای عنصر روی و گونه‌هایی از جنس آستراگالوس[۵] (گون)، ستن‌لیا[۶] و گزیلوریزا[۷] به عنوان گیاه معرف جهانی سلنیم به کار می‌روند. گیاهان معرف محلی در مناطقی رشد می‌کنند که نسبت به عناصر کمیاب معینی غنی باشند. در نتیجه، این معرف‌ها فقط در شرایط معینی معرف مناطق کانی‌سازی شده در زیر خاک یا آبرفت‌اند. از گیاهانی که معرف محلی کانی‌سازی مس‌اند می‌توان خانواده‌های کاری‌فیلاسه[۸] (میخک)، لابیاته[۹] (نعناع) و بریوفیتا[۱۰] را نام برد.

ویژگی‌های ژئوبوتانی که با افزایش مقدار عناصر کمیاب معینی در خاک در ارتباط‌اند و به عنوان شاخص‌های اکتشافات ژئوبوتانی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

- تغییر شکل غیرعادی بعضی از اندام‌ها
- تغییر رنگ غیرعادی گل‌ها و برگ‌ها
- ویژگی بلوغ گیاه
- تراکم و یا فراوانی ساقه‌ها و شاخه‌ها
- ویژگی برگ‌ها

فهرست ماهیت تغییراتی که در ارتباط با افزایش مقدار عناصر کمیاب خاک در گیاهان است، در جدول ۲-۱ ارایه شده است.

1- Universal indicator
2- Local indicator
3- Viola calaminaria
4- Thlaspi calaminaria
5- Astraglaus
6- Stanleya
7- Xylorrhiza
8- Caryphyllacea
9- Labiatae
10- Bryophitea

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱- تغییرات در گیاهان با افزایش مقدار بعضی از عناصر در خاک

عنصر	ویژگی تغییرات
Al	ریشه گیاه کوتاه و ضخیم، برگ‌ها سوخته، رگه‌رگه یا موجی می‌شود.
B	حاشیه برگ‌های قدیمی می‌سوزد، فاصله بین بندها و گره‌های گیاه کوتاه می‌شود.
Be	باعث تغییر شکل جوانه‌های کاج‌های جوان می‌شود.
Co	موجب پیدایش لکه‌های سفید روی برگ گیاه می‌شود.
Cr	موجب پیدایش برگ‌های زرد با رگه‌های سبز می‌شود.
Cu	لکه‌هایی روی برگ‌های پایین‌تر ساقه شکل می‌گیرد و ساقه‌های جوان ارغوانی یا زرشکی رنگ می‌شوند. باعث کاهش رشد ریشه‌ها می‌شود.
F	موجب زردشدگی زودرس و ریزش برگ می‌شود.
Fe	باعث تغییر ضخامت غیرعادی ریشه گیاه می‌شود. در آلگ‌ها[1] تقسیم سلولی مختل و موجب پیدایش سلول‌های بزرگ می‌شود.
Mn	برگ‌ها رنگی، ساقه‌ها قرمز رنگ، حاشیه برگ‌ها سوخته و یا گاهی فاسد می‌شود.
Mo	باعث رشد ناقص و توسعه رنگ‌های زرد و نارنجی می‌شود.
Mg	رنگ قرمز روی ساقه‌های جوان و برگ‌ها ظاهر و حاشیه برگ‌ها خشک و لوله‌ای می‌شود.
Nb	باعث بروز لکه‌های سفید رنگ روی برگ‌های بعضی از انواع گیاهان می‌شود.
Ni	موجب پیدایش لکه‌های سفید روی برگ گیاه می‌شود.
Pb	باعث بروز اشکال غیرعادی در برگ‌ها، کاهش تعداد شاخه‌ها و پیدایش اشکال کوتاه‌قد می‌شود.
Zn	باعث رنگینی برگ‌ها، خشک شدن نوک برگ‌ها و پیدایش اشکال کوتاه‌قد می‌شود.
Hydrocarbon	موجب تغییر شکل همراه با رشد غیرعادی (غول‌آسا شدن گیاه) و گل دادن تکراری غیرعادی در گیاه می‌شود.
U Th Ra	باعث تغییر غیرعادی کروموزوم در هسته و تشکیل میوه‌هایی با اشکال غیرعادی می‌شود. در غلظت‌های کم، سبب تسریع رشد گیاهان شده و در غلظت‌های بالا موجب پیدایش تغییر شکل‌هایی در جوانه‌ها و کوتاه‌قدی غیرعادی می‌شود.

۲-۲- جوامع گیاهی معرف

جوامع گیاهی معرف و یا مجموعه‌ای از گونه‌های گیاهی معرف، الزاما تعیین‌کننده محل کانی‌سازی نیستند، ولی از طریق آن‌ها ممکن است بتوان ویژگی‌های نواحی کانی‌سازی را مشخص کرد. برای مثال می‌توان از مجموعه گونه‌های گیاهی معرفی که روی سنگ‌های سرپانتینی رشد می‌کنند، برای تعیین محل و موقعیت نهشته‌های کرومیت استفاده کرد. مطالعات ژئوبوتانی در نواحی سرپانتینی نشان داده است که واحدهای سنگی با ترکیب شیمیایی غیرعادی موجب تغییر مشخصات گونه‌های گیاهی مختلف می‌شود. از نواحی که سنگ‌های سرپانتینی رخنمون دارند موارد زیر مشاهده می‌شود:

- فقدان پوشش گیاهی و یا حاصل‌خیز نبودن منطقه از نظر رویش گیاه

1- Algae

omoorepeyman.ir

- وجود گونه‌های غیرعادی و نامعمول که به طور محدود در آن منطقه رشد می‌کنند.
- پیدایش جوامع گیاهی خاص که به خوبی قابل تشخیص است.

نواحی سرپانتینی (به دلیل غنی بودن از Mg, Ni, Cr, Fe و فقیر بودن از Ca) غالبا به وسیله گونه‌های کوتاه‌قد کاج، بوته‌ها، خزه‌ها، سرخس‌ها، گل‌سنگ‌ها و جنس‌های معینی از درخت غار و خانواده‌های گاو زبان مشخص می‌شوند.

۲-۳- گونه‌های گیاهی معرف

این اصطلاح به گیاهان معرف نوع خاصی از کانی‌سازی گفته می‌شود. گیاهان معرف نسبت به توده‌ها و جوامع گیاهی معرف در تعیین محل و موقعیت کانی‌سازی کارآیی بیشتری دارند. گیاهان معرف نهشته‌های کانساری به سه گروه زیر طبقه‌بندی می‌شود:

- گونه‌هایی که منحصرا بر روی سنگ‌ها و یا خاک‌هایی که مقادیر زیادی از یک عنصر خاص را دارند، رشد می‌کنند.
- گونه‌هایی که در مقابل مقادیر زیادی از یک فلز خاص (در اثر توانایی دفع آن فلز و نبود جذب در ریشه) مصونیت پیدا کرده‌اند.
- گونه‌هایی با گسترش فراوان که تحت شرایط خاص محلی (مانند اسیدی بودن خاک، شرایط آب، یا در دسترس بودن مغذی‌های اصلی) در محدوده‌های کانی‌سازی شده، رشد می‌کنند. گیاهان معرف از طریق بعضی فرآیندهای انتخاب طبیعی با محیط تطبیق پیدا می‌کنند.

گیاهان معرف شناسایی ذخایر معدنی متعدداند (تا ۱۲۰ گونه گیاهی) که برخی از مهمترین آن‌ها در جدول ۲-۲ ارایه شده است.

تاکنون گیاهان معرف زیادی برای عنصر مس شناخته شده است که موفق‌ترین کاربرد متعلق به گونه بسیوم هومبولی[1] (یکی از اعضای خانواده نعناع) و اسیموم هومبولی[2] است که در زامبیا یافت شده است. این گیاه به خاکی با بیش از ppm ۱۰۰ مس نیاز دارد و تا ppm ۵۰۰۰ مس را در خاک تحمل می‌کند. کشف آنومالی‌های مهم متعددی به روش ژئوبوتانی و با استفاده از این معیار شناسایی شده است. گیاهان معرف در ویژگی‌های معینی مشترک‌اند. بیشتر آن‌ها علفی‌اند (فاقد ساقه چوبی) تا چوبی (به صورت درخت) و مقدار بعضی از عناصر در خاکستر آن‌ها بالا است. گونه گیاهی ویولا کالامیناریا (نوعی بنفشه) به عنوان گیاه معرف عنصر روی شناخته شده است.

از گونه‌های گیاهی جنس آستراگالوس (گون) که معرف عنصر سلنیم‌اند در کشف نهشته‌های اورانیم به دلیل همراهی سلنیم با اورانیم در نهشته‌های کارنوتیت رسوبی استفاده می‌شود. همچنین گیاهانی مانند میخک، نعناع، برئوفیتا و گیاه

1- Becium homblei de wild
2- Ocimum homblei

omoorepeyman.ir

گل مس از تیره گیاهان هامانیاستروم کاتانجنس[1] تمایل ویژه‌ای نسبت به جذب عنصر مس نشان می‌دهند که در اکتشاف مس از آن‌ها استفاده می‌شود.

جدول ۲-۲- برخی از مهم‌ترین گیاهان معرف در اکتشافات ژئوبوتانی

	نام علمی	نام معمولی	عنصر	ناحیه به کار رفته
(U)	Gypsophila patrini	Karum, Kachim	Cu	U. S.S.R.
(U)	Acrocephalus roberti	-	Cu	Katanga
(U)	Ocimum homblei	Basil	Cu	Rhodesia
(U)	Merceya latifolia	Copper moss	Cu	Sweden, Montana
(U)	Viscaria alpina	German catchfly	Cu	Norway
(L)	Polycarpea spirostylus	Pink	Cu	Australia
(L)	Elsholtzia haichowensis	Elsholtzia	Cu	China
(L)	Elchscholtzia maritima	California poppy	Cu	Arizona
(L)	Armeria maritima	Thrift	Cu	Scotland
(ND)	Drypton sp.	-	Cu	-
(ND)	Gymnocolea acutiloba	-	Cu	-
(ND)	Miclichoferia	-	Cu	-
(U)	Viola calamineria	Zinc viogat	Zn	Belgium, Germany
(U)	Silene cobalticola	Catchfly	Co	Katanga
(U)	Crotalarina cobalticola	Rattlebox	Co	Katanga
(U)	Astragalus racemosus	Poison vetch	Se	Western USA
(U)	Astragalus bisulcatus	Poison vetch, milk vetch	Se	Western USA
(U)	Astragalus pattersoni	Poison vetch, milk vetch	Se	Western USA
(U)	Astragalus pectinatus	Poison vetch	Se	Western USA
(U)	Astragalus convertiflorus	Blue poison vetch	Se	Western USA
(U)	Oanopsis spp	Goldenweed	Se	Western USA
(U)	Aster venustus	Woody aster	Se	Western USA
(U)	Stanleya spp	Princeplume	Se	Western USA
(U)	Xylorrhiza	-	Se	Western USA
(U)	Townsendia incana	-	Se	Western USA
(U)	Astragalus preussi	Preuss poisen vetch	Se, U	Western USA
(L)	Astragalus sp.	Garbancillo	Se, U	The Andes
(ND)	Astragalus thompsonae	milk vetch	Se, U	Western USA
(L)	Salsola spp	Saltwort	Bitumen	Caspian sea
(L)	Anabasis salsa	-	Bitumen	Caspian sea
(L)	Ahium sp	Onion	Bitumen	California
(L)	Eurotia ceratoides	Winterfat	B	U.S.S.R.
(L)	Limonium suffruticosum	Statice	B	U.S.S.R.
(L)	Erigonum inflatum	Desert trumpet	Gypsum	Western USA
(L)	Mintzelia spp.	Blazing star	Gypsum	Western USA
(L)	Betula sp.	Birch	Fe	Germany
(L)	Clusia rosea	Copey clusia	Fe	Venezuela
(L)	Erianthus giganteus	Beardgrass	Pb	Tennessee
(L)	Convolvulus althaeoides	Bindweed	P	Spain

1- Haumaniastrum catanjens

omoorepeyman.ir

دامه جدول ۲-۲- برخی از مهم‌ترین گیاهان معرف در اکتشافات ژئوبوتانی

	نام علمی	نام معمولی	عنصر	ناحیه به کار رفته
(L)	Astagalus declinatus	Milk vetch	Mo, Cu	Kadzharan, Armenia
(L)	Erigonum ovalifolium	Erigonum	Ag	Montana
(L)	Philadelphus sp	Mock orange	Zn	Washington
(ND)	Ruta gaveolens	-	Zn	U.S.A
(ND)	Alyssum bertolonii	-	Ni	Italy
(ND)	Alyssum murale	-	Ni	Georgia
(ND)	Asplenum adulterium	-	Ni	Norway
(ND)	Amorpha canescens	False indigo	Pb	U.S.A
(ND)	Equisetum arvense	Horsetail	Au	Czechoslovakia
(ND)	Lonicera confusa	Honeysuckle	Ag, Au	Australia
(ND)	Arenaria setacea	-	Hg	-
(ND)	Thalictrum sp	-	Li	-
(ND)	Cirsium sp	-	Li	-
(ND)	Sempervivum soboliferum	-	Sn	-
(ND)	Pluchea quitoc	-	Sn	-

(L) معرف محلی، (U) معرف جهانی و (ND) مشخص نشده

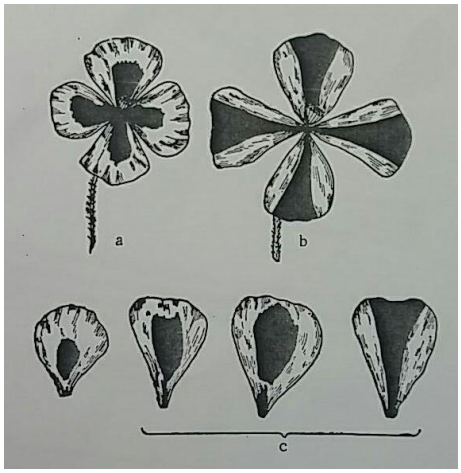
۲-۴- تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و جهشی در گیاهان

بیشبود و کمبود عناصر کمیاب در خاک‌هایی که روی آن‌ها گیاهان رشد می‌کنند، ممکن است سبب تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی (کاهش و یا افزایش رشد) و جهشی شود. تغییرات مورفولوژیکی در ارتباط با کانی‌سازی شامل رنگی شدن غیرعادی برگ‌ها، کوتاهی و بلندی غیرعادی، میوه‌هایی با شکل غیرعادی و تغییرات غیرعادی در رنگ گل‌ها و نظایر آن است. رنگی شدن غیرعادی برگ‌ها و یا گل‌ها نتیجه افزایش غلظت فلزاتی مانند Zn، Cu، Ni، Cr و Mn در محیط است که با متابولیسم آهن گیاه تداخل و تولید رنگ در برگ می‌کند. رنگی شدن، یکی از عادی‌ترین انواع معرف‌های ژئوبوتانی در کانی‌سازی است. تغییر رنگ برگ‌ها و گل‌ها به عنوان معرف در اکتشاف مواد آلی غنی از روی، دولومیت‌های روی‌دار، نهشته‌های مس- مولیبدنیم، سنگ‌های غنی از عناصر Ni، Co، B و Mn به کار رفته است. منگنز، نیکل و کبالت باعث کمرنگ شدن و بور باعث تیره‌تر و پررنگ‌تر شدن برگ درختان می‌شود. کوتاهی و کاهش رشد، یک معرف نسبتا معمول برای کانی‌سازی یا سنگ‌های سرپانتینیتی است. کوتاه‌قدی و بلندی غیرعادی گیاهان معمولا به دلیل زیاد بودن بور و مواد رادیواکتیو است. در مناطقی که مقدار عناصر Mo و Cu زیاد است، تغییراتی در گلبرگ‌های گیاهی مانند پاپاور کاموتاتوم[1] دیده می‌شود که در آن لکه‌های سیاه از مرکز گل رشد می‌کند و به حاشیه گلبرگ می‌رسد و به شکل صلیب تبدیل می‌شود (شکل ۲-۱). غول‌آسایی می‌تواند در ارتباط با وجود قیرهای طبیعی و بیتومین باشد.

1- Papaver commutatum

omoorepeyman.ir

خاک‌های حاوی توریم و رادیم باعث تغییر شکل و عدم یکنواختی در برگ‌های گونه گیاهی به نام میکونیا تیازانس[1] می‌شود (شکل ۲-۲). همچنین وجود بور بالا در خاک باعث می‌شود که اکثر گیاهان تغییر شکل دهند و بیمار شوند به طوری که پیچش ریشه، تغییرات در ابعاد ساقه، بی‌رنگی، وجود زخم بر روی پوست ایجاد می‌شود. مقدار بور بالا در گیاهی به نام سالیکورنیا هرباسیا[2] موجب ضخیم‌تر شدن ساقه و شاخه‌های درختان و کوتاه‌قد شدن آن شده است (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۱- تغییر در رنگ گلبرگ گیاه پاپاور کاموتاتوم تحت تاثیر کانسار مس- مولیبدنیم در ارمنستان. در قسمت (a) گیاه سالم و در قسمت (b) تغییر شکل گل رخ داده است. قسمت (c) درجه تغییر شکل را در گلبرگ نشان می‌دهد.

شکل ۲-۲- غیریکنواختی در برگ‌های گیاه گونه میکونیا تیازانس در اثر وجود مواد رادیواکتیو توریم در خاک. سوراخ‌های موجود در برگ در اثر حشرات ایجاد شده و در ارتباط با توریم نیست.

۲-۵- کاربرد روش ژئوبوتانی

از کاربردهای مهم ژئوبوتانی اکتشاف کانسارهای پنهان، تشخیص سفره‌های آب زیرزمینی، شناسایی کانسارهای در ارتباط با شورابه‌ها، شناسایی واحدهای سنگی و شناسایی ذخایر هیدروکربنی است. کاربردهای دیگر ژئوبوتانی شامل

1- Miconia theaezans
2- Salicornea herbacea

omoorepeyman.ir

برطرف ساختن آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از انباشت غیرطبیعی عناصر در خاک برای اصلاح خاک‌ها، تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی با استفاده از سنجش از دور و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای، پیش‌بینی زمان فوران آتشفشان‌ها و همچنین در مورد مدیریت گیاهی به ویژه در مراتع است.

بررسی هاله‌های ژئوبوتانی به دلیل گسترش نقش روش‌های زمین‌شناسی هوابردی[1] و دورسنجی پتانسیل زیادی در اکتشاف نهشته‌های کانساری دارد. توانایی تهیه عکس‌های رنگی از گیاهان، امکان ثبت تغییرات بسیار جزیی رنگ گیاهان را فراهم می‌سازد و از این طریق آنومالی‌های رنگی ژئوبوتانی به انضمام آن‌هایی که مربوط به افزایش غلظت عناصر کانساری‌اند، کشف می‌شوند. تجربیاتی در مورد مقایسه طیف انعکاسی بعضی از گونه‌های درختی مانند آبیس‌بالسامیا[2] و پیسه‌آروبنز[3]در منطقه‌ای با مقدار زمینه[4] شیمیایی و منطقه‌ای که آنومالی‌های ژئوشیمیایی نسبتا قوی از مس و مولیبدنیم وجود دارد، انجام شده است. نتیجه این مطالعات نشان می‌دهد که پیسه‌آروبنز در بین طیف‌های انعکاسی در ناحیه مادون قرمز آنومالی دارد، در حالی که مطالعه طیف‌های انعکاسی برای آبیس‌بالسامیا نشان داده است که اساسا طیف‌های مربوط به آن در تمام طول موج‌ها، با طیف مربوط به ناحیه مقدار زمینه متفاوت است.

در اکتشافات به روش ژئوبوتانی، معیارهای زیر در نظر گرفته می‌شود:

- تغییر در جوامع گیاهی و ترکیب شیمیایی گونه‌های شاخص را نمی‌توان از طریق تغییرات محیطی توضیح داد.
- پیدایش گیاهان معرف خاص در منطقه که در جاهای مشابه وجود نداشته باشد.
- تغییر در شکل خارجی گیاهان که شامل تغییر شکل برگ‌ها، گل‌ها، رنگ‌آمیزی غیرعادی و توسعه غیرعادی آن‌ها است.
- انحراف از روند و پراکندگی طبیعی گیاهان مانند بلوغ زودرس، دیر گل دادن و تاخیر در ریزش برگ‌ها
- شاخص‌هایی که در ارتباط با کمبود یا نبود گیاهی است.

در سال‌های اخیر از گیاهان مقاوم در برابر فلزات برای مطالعات اکتشافی استفاده می‌شود. معمولا این گیاهان در یک محدوده کانی‌سازی تمرکز می‌یابند، اگر چه بعدها به هنگام معدنکاری از بین برده می‌شوند. این گیاهان برای مطالعات ژئوبوتانی و بیوژئوشیمی بسیار مناسب‌اند. برخی از آن‌ها قدرت جذب زیادی از عناصری مانند Ni، Cd و Zn را دارند که غلظت عناصر در آن‌ها گاهی به ۰٫۱ درصد نیز می‌رسد. حتی خاکستر این گیاهان می‌تواند به عنوان یک منبع کانساری زیستی به کار رود. همچنین از این گیاهان برای پالایش آلودگی‌های زیست‌محیطی استفاده می‌شود.

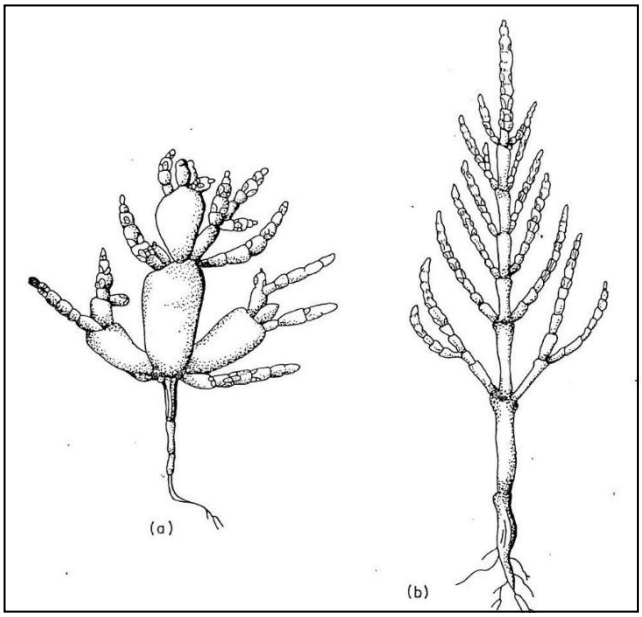
گیاهانی که دارای ریشه عمیق‌اند (فریاتوفیت‌ها[5])، آب را از منطقه اشباعی تهیه می‌کنند که خود نشان از وجود سطح آب زیرزمینی و سفره‌های آب زیرزمینی است. برخلاف آن، گزروفیت‌ها[6] در مناطقی که سطح آب زیرزمینی پایین است، رشد می‌کنند.

1- Airborne geological methods
2- Abies balsamea
3- Picea rubens
4- Background value
5- Phreatophytes
6- Xerophytes

omoorepeyman.ir

گیاهانی مانند آلفافا[1]، مسکوایت[2] و پالووردە[3] در آمریکا از نوع فریاتوفیت‌هااند و برای شناسایی سفره‌های آب زیرزمینی کاربرد دارند.

از گیاهان هالوفیت[4] (گیاه آب شور) برای کانسارهایی که در ارتباط با شورابه‌اند، استفاده می‌شود. به عنوان مثال کانسار بور شورابه‌ای باعث می‌شود که گیاهان هالوفیت (مانند سالیکورنیا هرباسیا) تغییر شکل دهند (شکل ۲-۳). در مناطقی با خاک حاوی بیتومین و مواد هیدرکربنی، رشد غیرعادی و شکل عجیب گیاهان و همچنین تکرار غیرعادی گل دادن و غول‌آسایی گیاهان گزارش شده است.



شکل ۲-۳- تغییرات مورفولوژیکی در گونه گیاهی سالیکورنیا هرباسیا در اثر افزایش محتوی بور در گیاه. (a) گیاه در خاکی با محتوی بالای بور و (b) رشد همان گیاه در خاکی بدون بور

۲-۶- دستورالعمل انجام اکتشافات به روش ژئوبوتانی

در مناطقی که قبلا گونه‌های شاخص مشخص شده‌اند، می‌توان از آن‌ها برای بررسی‌های اکتشافی استفاده کرد. در مناطقی که کار اکتشافی قبلا انجام نشده، باید ابتدا مطالعات توجیهی به شرح زیر انجام گیرد:

- بررسی عوامل اکولوژیکی و اقلیمی تاثیرگذار بر پوشش گیاهی
- ارایه دلایل تخصصی یا فنی انتخاب روش ژئوبوتانی
- فراهم کردن تیم اکتشاف ژئوبوتانی متشکل از گیاه‌شناس، زمین‌شناس، اکولوژیست و فیزیولوژیست گیاهی
- بررسی مقدماتی گونه‌های گیاهی و تعیین محدوده مناسب برای انجام اکتشافات به روش ژئوبوتانی

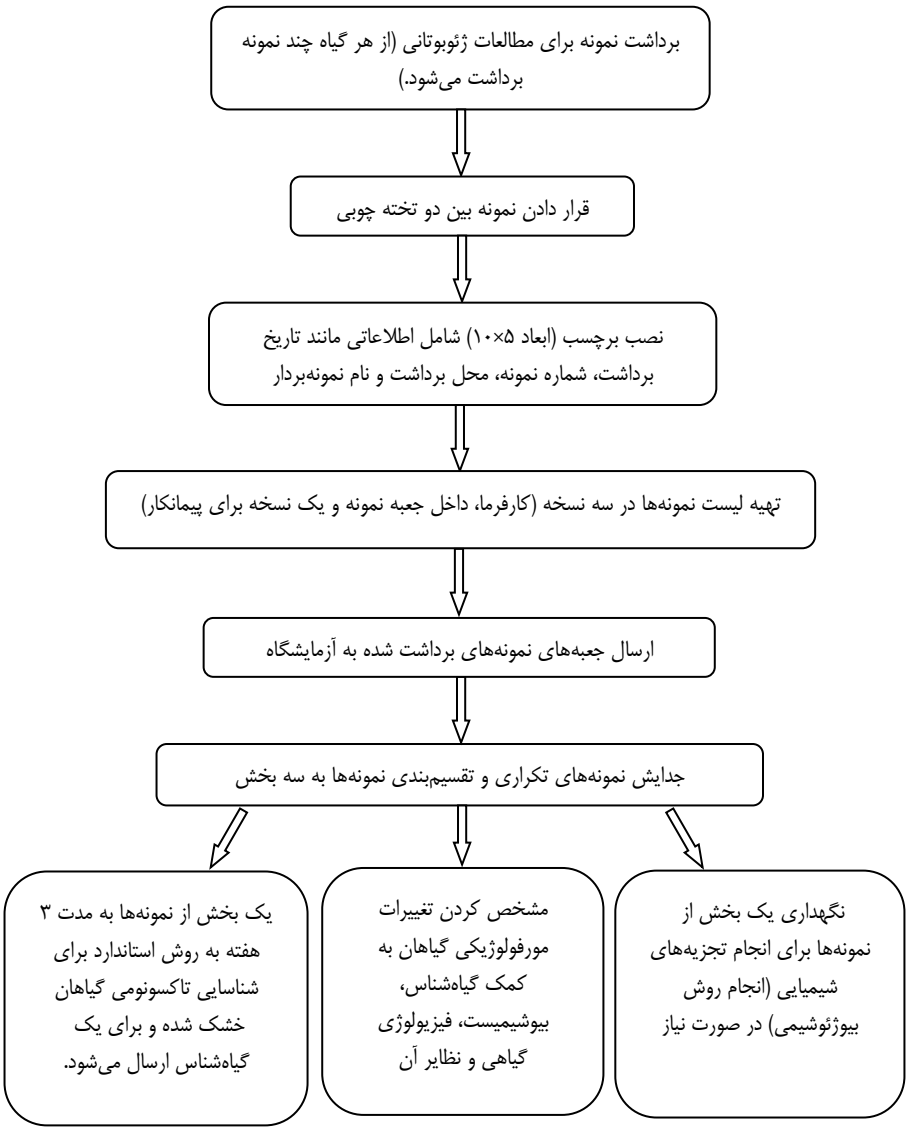
1- Alfafa
2- Mesquite
3- Paloverde
4- Halophytes

omoorepeyman.ir

- تهیه نقشه‌های اولیه جمعیتی انواع گونه‌های گیاهی رشدیافته هم در اطراف مناطق کانی‌سازی شده و هم مناطق عقیم دیگر با ویژگی‌های شبیه به هم
- شناسایی گونه‌های معرف و مقایسه آن‌ها با نمونه شاهد
- انجام مطالعات ژئوبوتانی در فصل‌های شکوفه و گل دادن گیاهان (کاهش خطا نسبت به فصول دیگر)
- تعیین فراوانی و پراکندگی گونه و جمعیت گیاهی معرف نقشه‌برداری شده در امتداد مسیرهای پیمایش (بلوک‌های مستطیلی شکل با طول یک متر تا چند متر) با شمارش و مقایسه آن‌ها در هر یک از بلوک‌های شمارش شده
- ثبت فراوانی هر یک از گونه‌های گیاهی در هر یک از بلوک‌ها در امتداد مسیر پیمایش (در کل منطقه مورد مطالعه)
- بررسی تغییرات مورفولوژیکی و سایر شاخص‌های بصری مانند غیرعادی بودن رنگ، اندازه، شکل و نظایر آن
- تعیین عناصر موثر در بروز تغییرات مورفولوژیکی و شاخص‌های بصری
- مطالعه دقیق‌تر روی منطقه با مشاهده یک گونه خاص (گونه گیاهی معرف ژئوبوتانی و یا گیاهانی که قابلیت تحمل بالایی دارند.)
- نمونه‌برداری مناسب برای مطالعات بیوژئوشیمیایی در صورت لزوم
- تعیین پراکنش گونه معرف و ارتباط آن با کانی‌سازی
- مقایسه گونه‌های معرف شناخته شده در منطقه مورد مطالعه با گونه‌های گیاهی معرف جهانی و محلی
- بررسی تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور (شناسایی تغییرات در پراکندگی گونه‌ها، اندازه و فاصله گونه‌ها از یکدیگر) و مقایسه نتایج با مطالعات بصری منطقه
- ارایه گزارش

روند مطالعات به روش ژئوبوتانی در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۴- روندنمای کلی مطالعات روش اکتشافی ژئوبوتانی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۳

روش اکتشاف بیوژئوشیمیایی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- آشنایی

از روش بیوژئوشیمیایی برای پی‌جویی و اکتشافات دقیق‌تر نسبت به روش ژئوبوتانی استفاده می‌شود. روش بیوژئوشیمیایی شامل جمع‌آوری گیاهان و تجزیه شیمیایی کل گیاه و یا بخش‌های انتخاب شده‌ای از اندام گیاه و هوموس خاک است. عوامل مورد توجه در روش بیوژئوشیمیایی شامل مقدار زمینه، نوع گیاه، بخش انتخاب شده‌ای از گیاه، سن گیاه (معمولا از گیاهان دو ساله به بالا نمونه‌برداری می‌کنند.)، عمق ریشه گیاه، سلامت گیاه، شرایط زهکشی و فیزیکو- شیمیایی خاک است.

در برخی گیاهان تمرکز غیرعادی بعضی عناصر گزارش شده که با غلظت عناصر موجود در خاکی که گیاه در آن رشد کرده، ارتباط دارد. نسبت جذب عناصر به وسیله گیاهان به مقدار کانی‌های رسی، مقدار و ترکیب مواد آلی، pH و Eh خاک و مقدار مواد محلول در آب بستگی دارد. غلظت بعضی از عناصر در خاکستر برخی از گیاهان معرف در جدول ۳-۱ ارایه شده است.

جدول ۳-۱- غلظت بعضی از عناصر در خاکستر بعضی از گیاهان معرف (گرم در تن)

عنصر	گونه	مقدار عادی	مقدار بیشینه	محل
مس	Crotalaria cobalticola	۹	۱۸۰۰۰	کنگو
مس	Becium homblei	۱۸۳	۲۵۰۰	زامبیا
مس	Gypsophila patrini	۱۸۳	۵۰۰	روسیه
منگنز	Fucus vesiculosus	۴۸۱۵	۹۰۰۰۰	روسیه
نیکل	Alyssum bertolonii	۶۵	۱۰۰۰۰۰	ایتالیا
روی	Thlaspi calaminare	۱۴۰۰	۱۰۰۰۰	آلمان

در اکتشافات بیوژئوشیمیایی رابطه بین تمرکز عناصر و اندامی از گیاه که در آن تمرکز انجام می‌گیرد اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا بخش‌های مختلف گیاهان، مقادیر متفاوتی از عناصر فلزی را در خود متمرکز می‌کنند. عواملی مانند عمق نفوذ ریشه، سن گیاه و فصل رشد و تاثیر نور خورشید در تمرکز عناصر در گیاهان موثراند. مطالعات نشان داده است که معمولا ساقه‌ها و اندام‌های یک ساله و دو ساله گیاهان آنومالی‌های شدیدتری نسبت به سایر بخش‌ها مانند اندام‌های چوبی و پوستی نشان می‌دهند (جدول ۳-۲ و ۳-۳).

جدول ۳-۲- تغییرات آرسنیک در خاکستر اندام‌های مختلف درخت داگلاس فیر در دو محل جداگانه در کانادا

محل	اندام	غلظت آرسنیک (ppm)
معدن اچ. بی.	شاخه یک ساله	۷۸۰
	تیغ یک ساله	۴۵۰
	شاخه دو ساله	۲۸۰
	تیغ دو ساله	۶۰
معدن برالورن	شاخه یک ساله	۲۱۱۰
	تیغ یک ساله	۱۰۶۰
	شاخه دو ساله	۱۳۹۰
	تیغ دو ساله	۱۸۰

مقدار جذب عناصر شیمیایی در بخش‌های مختلف اندام گیاهی متفاوت است که به ترتیب اهمیت شامل ریشه، تنه، شاخه، پوست، میوه، بوته، برگ، جوانه و دانه است. برای شناسایی عنصر اورانیم تجزیه شیمیایی شاخه‌های مرده بیشتر از شاخه‌های زنده گیاه، آنومالی نشان می‌دهند. در بررسی‌های بیوژئوشیمیایی حداقل ۲۰ متغیر باید مورد بررسی قرار گیرد. بعضی از متغیرها با نوع (از طریق متابولیسم)، سن، اندام خاص و سلامتی گیاه در ارتباطاند. بعضی دیگر با ویژگی‌های خاکی که روی آن گیاه رشد می‌کند،

omoorepeyman.ir

ارتباط دارند (مانند یون‌های قابل تبادل در خاک و قابلیت نفوذ). نمونه‌برداری در این روش باید با احتیاط کامل انجام گیرد و تا حد ممکن سعی شود تا نمونه‌ها شرایط اولیه یکسانی داشته باشند. در مواردی وجود عناصر در تجزیه شیمیایی اندام‌های گیاهی آنومالی‌هایی از فلزات نشان می‌دهد که ارتباطی با کانی‌سازی ندارد و باید سعی شود نمونه‌ها شرایط اولیه یکسانی داشته باشند.

جدول ۳-۳- میانگین غلظت بعضی از عناصر معرف در خاکستر گونه‌های چوبی با سن‌های مختلف واقع در نهشته‌های عناصر کمیاب در منطقه جلگه‌ای- جنگلی سیبری (ppm)

گونه گیاهی	سن (سال)	Be	Li	Zr
بیرچ معمولی (برگ‌ها)	۴-۵	۱۲	۴۰	۱۰
	۴۰-۵۰	۶	۷۰	۴۰
آسپن (برگ‌ها)	۴-۵	۸	۲۰۰	۷۰
	۴۰-۵۰	۶	۱۲	۱۰

عمق بررسی‌ها به عمق نفوذ ریشه گیاه در خاک بستگی دارد که با سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی نیز مرتبط است. بر این اساس گیاهان به ۳ گروه فریاتوفیت (ریشه عمیق)، گزروفیت (ریشه کم‌عمق) و مزوفیت (ریشه عمق متوسط) تقسیم می‌شوند. یکی از مناطق مناسب برای اکتشافات بیوژئوشیمیایی مناطق نیمه‌کویری دارای پوشش گیاهی است. برخی از گیاهانی که در نواحی بسیار خشک رشد می‌کنند، ریشه عمیق دارند که گاه به اعماق بیش از ۲۵ متر نفوذ می‌کند. همچنین گیاهان فریاتوفیت برای شناسایی آنومالی‌های هیدرومورفیک[1] (وابسته به آب‌های زیرزمینی) که از محل کانسار جابه‌جا شده‌اند نیز مفیدند. مهم‌ترین امتیاز روش بیوژئوشیمیایی در اکتشاف کانسارهای پنهان افزایش شناخت عمقی تا حد عمق نفوذ ریشه گیاه در منطقه است.

در زمان‌های متفاوت، میزان جذب عناصر نیز در گیاهان فرق می‌کند. معمولا جذب عناصر در طول دوره رشد گیاهان بیشتر از زمان‌های دیگر است. در بهار و تابستان که دوره رشد گیاه است، مقدار جذب حداکثر است. در سال‌های اول و دوم گیاهان سرعت رشد بیشتری دارند و بیشترین جذب نیز در همین دوره سنی گیاه انجام می‌گیرد.

یکی دیگر از مواردی که در اکتشافات بیوژئوشیمیایی اهمیت دارد، تباین (کنتراست) آنومالی با مقدار زمینه عنصر در خاک است، بنابراین توصیه می‌شود همراه با نمونه‌برداری بیوژئوشیمیایی تعدادی نمونه خاک برای شناخت مقدار زمینه عناصر برداشت شود. بر اساس مطالعات انجام شده کنتراست آنومالی برای عنصر مولیبدنیم بیشترین مقدار بوده است و در مرحله بعد عناصر کبالت، سرب، آهن و اورانیم قرار دارند. عناصر مس، روی و نقره دارای کمترین مقدار کنتراست آنومالی‌اند.

۳-۲- جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌های پایه

نقشه‌های پایه برای طراحی شامل نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ یا ۱:۵۰,۰۰۰ (جدول ۳-۴)، نقشه‌های ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰، نقشه‌های ژئوفیزیکی، اطلاعات ماهواره‌ای، کلیه اطلاعات زمین‌شناسی، معدنی، اکتشافی و نقشه‌های خاک‌شناسی و وضعیت مراتع گیاهی موجود است.

1- Hydromorphic

omoorepeyman.ir

جدول ۳-٤- نقشه‌های پایه و گزارشات مورد نیاز اکتشافات بیوژئوشیمیایی

ردیف	نقشه پایه	مقیاس			
		۱:۲۵۰,۰۰۰	۱:۱۰۰,۰۰۰	۱:۵۰,۰۰۰	۱:۲۵,۰۰۰
۱	نقشه توپوگرافی	–	–	*	*
۲	عکس‌های هوایی	–	–	*	*
۳	تصاویر ماهواره‌ای	–	*	*	*
۴	نقشه زمین‌شناسی	–	*	*	*
۵	نقشه ژئوشیمیایی	*	*	*	*
۶	نقشه‌های مراتع و گیاهی	*	*	*	*

* نقشه‌های الزامی که در صورت نبود باید قبل از تهیه نقشه‌های بیوژئوشیمیایی تهیه شوند.

۳-۳- طراحی و روش نمونه‌برداری

۳-۳-۱- چگالی نمونه‌برداری

نمونه‌برداری در روش اکتشافات بیوژئوشیمیایی به صورت شبکه‌ای یا نیمرخی انجام می‌گیرد. در این صورت می‌توان نتایج مشاهده شده را با ویژگی‌های زمین‌شناختی و کانی‌شناختی محل تطبیق داد. چگالی نمونه‌برداری از گیاهان در مقیاس ۱:۵۰۰۰ و بزرگتر تابع تراکم گیاهان و شبکه نمونه‌برداری است که به اهداف، نوع کانی‌سازی احتمالی، وجود آلودگی محیطی و نظایر آن بستگی دارد. الگوی شبکه نمونه‌برداری چهارگوش به دلیل آسانی در اولین مرحله اجرا پیشنهاد می‌شود. در این روش بهتر است خط پیمایش عمود بر امتداد کانی‌سازی یا روندهای شناخته شده منطقه باشد.

نمونه‌برداری‌های بیوژئوشیمیایی باید در امتداد نیمرخ‌ها، مسیرهای پیمایش (حتی‌الامکان به طور عمود بر امتداد ساختارهای کنترل‌کننده کانی‌سازی رسم می‌شود.) انجام گیرد. مکان نمونه‌برداری باید طوری انتخاب شود که برای هر نمونه در مناطق جنگلی ۲۵ مترمربع و در مناطق جلگه‌ای، نیمه‌کویری و کویری ۵ مترمربع در نظر گرفته شود. این مساحت‌ها برای آشکار ساختن ویژگی‌های پوشش گیاهی در ناحیه مورد مطالعه کافی است.

۳-۳-۲- انتخاب نمونه‌ها

روش نمونه‌برداری از یک گیاه خاص و یا اندام آن، از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر و از یک بررسی به بررسی دیگر تغییر می‌کند، بنابراین برای طراحی نمونه‌برداری بیوژئوشیمیایی باید ابتدا یک مطالعه مقدماتی شامل موارد زیر انجام گیرد:

- بررسی ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه
- انتخاب گیاهان معرف
- انتخاب الگوی شبکه نمونه‌برداری
- روش نمونه‌برداری
- نگهداری نمونه برداشت شده
- آماده‌سازی نمونه برای تجزیه شیمیایی
- ارزیابی بررسی‌های بیوژئوشیمیایی

omoorepeyman.ir

نمونه‌برداری هنگامی موفق است که میانگین غلظت عنصر یا عناصر را در گیاه به صورت واقعی نشان دهد، بنابراین در نمونه‌برداری نمی‌توان همیشه از یک بخش خاص گیاه و یا کل گیاه نمونه‌برداری کرد، زیرا پیشاپیش معلوم نیست که نمونه‌برداری از چه بخشی از گیاه نتایج بهتری دارد، بنابراین در ابتدا به صورت آزمایشی، کل و بخش‌هایی از گیاه تجزیه شیمیایی شده و در صورت مثبت بودن جواب، نحوه نمونه‌برداری مناسب انتخاب می‌شود. با توجه به اینکه گیاهان نوع فریاتوفیت ریشه عمیق دارند، نمونه‌برداری از این گیاهان نسبت به انواع گزروفیت‌ها ارجحیت دارد. در انتخاب نمونه‌ها باید عوامل زیر مد نظر قرار گیرد:

– گیاه انتخاب شده، باید توزیع نسبتا یکنواختی در منطقه مورد مطالعه داشته باشد.

– عمق نفوذ ریشه مشخص باشد.

برای به دست آوردن نتایج مناسب از بررسی‌های بیوژئوشیمیایی، لازم است اطلاعات پایه در مورد سنگ بستر، پوشش سطحی، نوع خاک و پوشش گیاهی موجود در ناحیه، جمع‌آوری و مورد مطالعه قرار گیرد. در مناطقی که پوشش گیاهی ساده و یکنواخت است، تفسیر داده‌های بیوژئوشیمیایی ساده‌تر است، در صورتی که در مناطق با پوشش گیاهی متنوع تفسیر داده‌ها کمی مشکل‌تر است. نمونه‌برداری نظام‌مندی باید در یک شبکه منظم انجام شود و در مرحله مقدماتی تا حد امکان از کلیه گیاهان موجود نمونه‌برداری به عمل آید. در نمونه‌برداری از مناطق ناشناخته، استفاده از گیاهان دارای ریشه عمیق مناسب‌تر است. در مواردی که بررسی مقدماتی در منطقه انجام نشده باشد، نمونه‌برداری از گیاه و بخش‌های مختلف آن، خاک، مواد آلی و سنگ بستر توصیه می‌شود. با مقایسه داده‌های حاصل از تجزیه شیمیایی سنگ بستر یا خاک و گیاه می‌توان میزان قابلیت جذب و تمرکز فلزات را تعیین کرد.

شبکه نمونه‌برداری در حد امکان باید یکنواخت باشد ولی در مواردی به دلیل محدودیت رشد گیاه مورد نظر در مکان‌های خاص مانند کنار نهرها، رعایت الگوی تعیین شده امکان‌پذیر نیست. شبکه نمونه‌برداری بیوژئوشیمیایی به هدف اکتشافی و مقیاس مطالعات بستگی دارد. در بررسی‌های بیوژئوشیمیایی، در نواحی که قبلا بررسی‌های ناحیه‌ای با مقیاس کوچک در آنجا انجام گرفته است، اطلاعات پایه در مورد رابطه گیاهان و نوع نهشته‌های کانساری وجود دارد. اگر این اطلاعات وجود نداشته باشد، باید حداقل اطلاعاتی در مورد امکان وجود کانسارها در ناحیه مورد مطالعه در دسترس باشد تا بدین وسیله ابعاد هاله‌های بیوژئوشیمی تا حدودی ارزیابی شود.

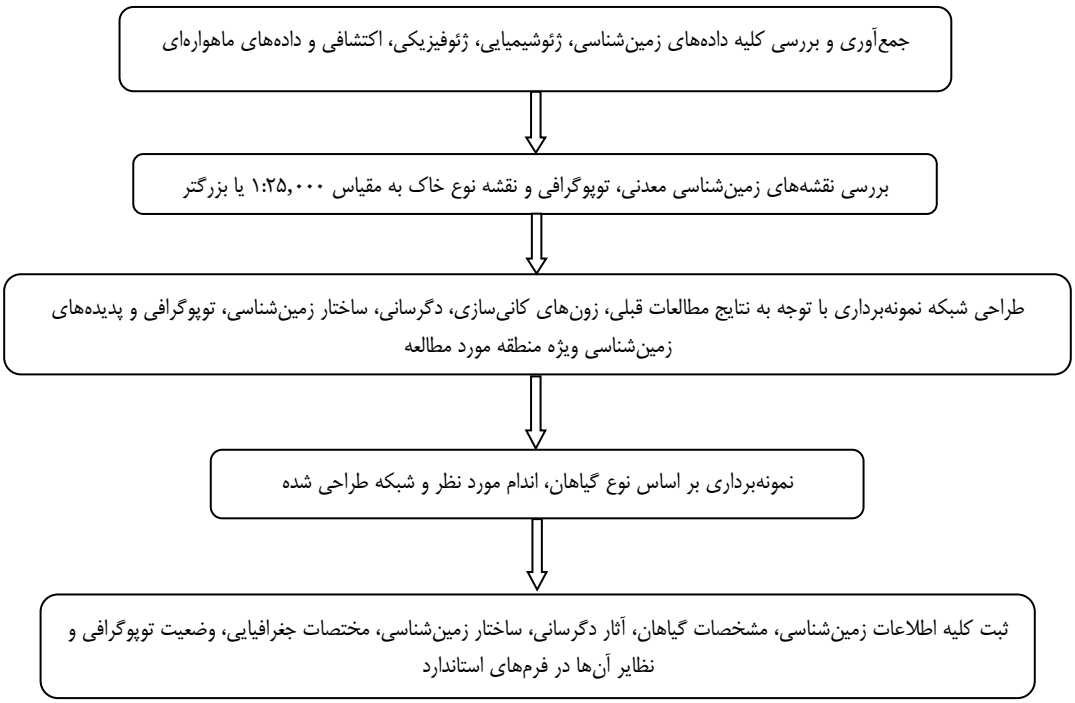
۳-۳-۳- نمونه‌برداری

در نمونه‌برداری از گیاهان باید آنقدر از حجم گیاه نمونه برداشت شود که حاصل نهایی پس از خشک کردن حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ گرم نمونه خشک داشته باشد که بتوان یک گرم نمونه خاکستر از آن تولید کرد. در این صورت باید حداقل نیم تا یک کیلوگرم نمونه برداشت کرد تا در نهایت مقدار نمونه خشک به دست آمده و خاکستر شده در حد تجزیه ژئوشیمیایی به روش‌های متداول باشد. در نمونه‌برداری از کل گیاه، گیاه به صورت کامل از خاک خارج شده و پس از زدودن خاک باید در بین کاغذ مناسب قرار داده شود و هر ۱۰ نمونه در بین دو عدد فیبر قرار گیرد و بسته‌بندی شود. در نمونه‌برداری جزیی باید نمونه‌ها از اندام‌های مشخص گیاه جمع‌آوری شوند.

در مورد گیاهان فصلی، شاخ، برگ، ریشه و کل گیاه و در مورد درختچه‌ها و بوته‌های دایمی از شاخ و برگ گیاه نمونه‌برداری می‌شود. در نمونه‌برداری از بوته‌ها و درختان با توجه به نوع دسترسی از ریشه، پوست و یا برگ نمونه‌برداری می‌شود. برای برداشت نمونه از قیچی‌های باغبانی یا چاقو و برای برداشت هوموس زیر درختان از بیلچه استفاده می‌شود. از آنجایی که مقدار ماده مغذی بین برگ‌های رو به آفتاب و برگ‌های رو به سایه متفاوت است، برای کاهش ناهمگنی باید در تمامی جهت‌های گیاه نمونه‌برداری کرد.

omoorepeyman.ir

برای جلوگیری از کپک زدن، کلیه نمونه‌ها باید در پاکت‌های کاغذی ویژه قرار گیرند. به طور کلی اگر یک نقشه پوشش گیاهی از منطقه اکتشافی موجود باشد به نحوه نمونه‌برداری مناسب کمک می‌کند و گاهی این دو کار همزمان انجام می‌گیرد. گاهی در صورت وجود رخنمون از سنگ‌های بستر و خاک‌های منطقه، از آن‌ها نیز نمونه‌برداری می‌شود. این نوع نمونه‌برداری کمک می‌کند تا نتایج مشاهده شده را بتوان با ویژگی‌های زمین‌شناختی محل تطبیق داد و ترکیب ژئوشیمیایی محل رشد گیاه را نیز شناسایی کرد. روندنمای نمونه‌برداری در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱- روندنمای کلی مراحل نمونه‌برداری در اکتشاف بیوژئوشیمی

کارشناس نمونه‌بردار، باید علاوه بر برداشت نمونه، کارت نمونه‌برداری را برای هر نمونه تکمیل و آن را کدگذاری کند. اطلاعات مورد نیاز برای تکمیل این کارت عبارتند از:

- اطلاعات کلی شامل شماره نمونه، نام پروژه، نام محل، مختصات جغرافیایی محل نمونه‌برداری، مشخصات نمونه و نام نمونه‌بردار
- ویژگی‌های محیط نمونه‌برداری شامل رطوبت نسبی، دما، رو به آفتاب یا پشت به آفتاب بودن و سن گیاه
- وضعیت مورفولوژی و شیب منطقه
- اطلاعات مربوط به وجود کانی‌سازی و دگرسانی
- سنگ‌شناسی محدوده به صورت برجا و نابرجا

۳-۳-٤- آماده‌سازی نمونه

قبل از آماده‌سازی نمونه، کلیه گیاهان برداشت شده باید بر اساس تاکسونومی به صورت نظام‌مند نامگذاری شوند. نمونه‌ها بعد از برداشت باید خشک و پودر شوند. همچنین از همگن بودن پودر نمونه قبل از تجزیه شیمیایی باید اطمینان حاصل کرد. مدت زمان

omoorepeyman.ir

بین نمونه‌برداری و تجزیه شیمیایی نباید بیشتر از دو هفته باشد و از آلوده شدن نمونه بعد از نمونه‌برداری باید جلوگیری کرد. در مناطق خشک، بعد از نمونه‌برداری گیاه را در جعبه‌های کاغذی نگهداری می‌کنند و در شرایط دیگر آب و هوایی باید بعد از نمونه‌برداری، گیاه را برای جلوگیری از ایجاد انواع قارچ‌ها خشک کرد. نمونه‌ها باید در دمای محیط و یا در خشک‌کن با دمای حداکثر ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شوند. خشک شدن باید در شرایطی انجام شود که از فعالیت متابولیکی و رشد کپک‌ها جلوگیری شود.

در مواردی که اکتشافات بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی هم‌زمان انجام می‌گیرد از هر محل دو نمونه مجزا از هر گونه گیاه برداشت می‌شود. نمونه ژئوبوتانی به مدت ۳ هفته در ورقه‌های تخته‌ای تحت فشار قرار می‌گیرد تا ضمن خشک شدن، شکل و حالت اولیه خود را حفظ کند. پس از مراحل خشک شدن، کار دسته‌بندی و جداسازی انجام می‌شود، سپس نمونه‌های غیرتکراری برای مطالعات تاکسونومیک و نامگذاری نظام‌مند به آزمایشگاه گیاه‌شناسی ارسال می‌شوند. بر اساس نقشه توزیع خاک و نقشه‌های دگرسانی توصیه می‌شود تعدادی نمونه خاک نیز برداشت شود و مورد تجزیه شیمیایی قرار گیرد.

برای برطرف کردن آلودگی‌های احتمالی، گیاه قبل از خشک شدن باید به وسیله آب مقطر شسته شده و پس از خشک شدن، نمونه‌ها با آسیای مناسب پودر شود، سپس نمونه‌ها در ظرف دردار در کوره با حرارت غیرمستقیم (بدون شعله) و در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر شود. خاکستر به دست آمده به روش انحلال در اسید (تک‌اسید یا چنداسید) تخریب و مورد تجزیه قرار می‌گیرد. در حالت ایده‌ال، خاکستر، رنگ خاکستری تا خاکستری سفید پیدا می‌کند. اگر خاکستر رنگ سیاه داشته باشد نشان‌دهنده آن است که هنوز کربن در خاکستر وجود دارد و عمل سوختن به خوبی انجام نشده است. وجود کربن نیز به عنوان عنصر مزاحم باعث خطای اندازه‌گیری در دستگاه تجزیه شیمیایی می‌شود، بنابراین باید توجه شود که عمل خاکستر شدن گیاهان به صورت کامل انجام گیرد. در صورت نیاز به نمونه برای آرشیو، میزان نمونه اولیه برداشت شده باید افزایش یابد زیرا برای تجزیه هر نمونه حدود ۱ گرم خاکستر نیاز است. با توجه به نیاز به نمونه تکراری و آرشیو نمونه برای مطالعات بعدی میزان برداشت نمونه اولیه تعیین می‌شود. توصیه می‌شود در صورت امکان از محدوده خارج از مناطق اکتشافی تعدادی نمونه شاهد برداشت و همراه نمونه‌ها تجزیه شود تا میزان زمینه عناصر در گیاهان را بتوان به نحو مناسبتری تخمین زد.

نمونه‌های برداشت شده از خاک پس از خشک کردن، الک کردن و بسته‌بندی برای تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه ارسال می‌شود (شکل ۳-۲).

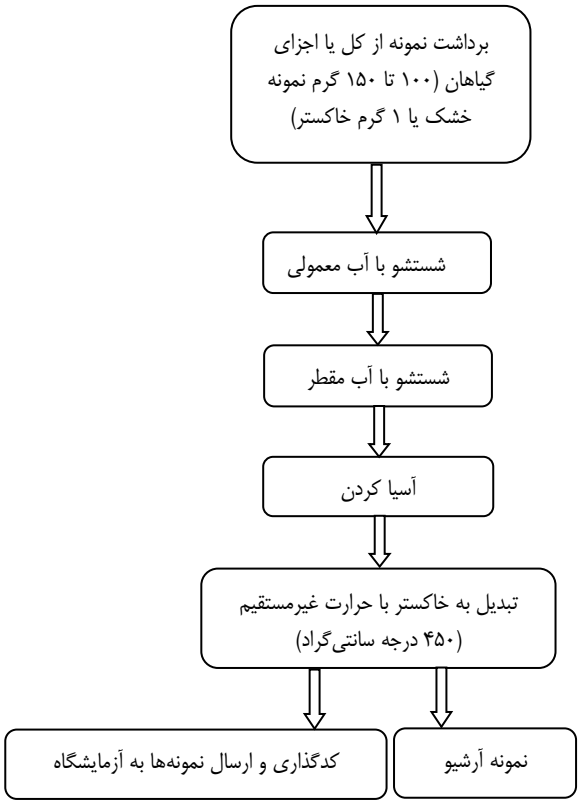
۳-٤- بسته‌بندی نمونه‌ها

با توجه به اهمیت نوع بسته‌بندی نمونه‌های گیاهی برای جلوگیری از بروز آلودگی‌های احتمالی استفاده از مراحل ارایه شده در شکل ۳-۳ پیشنهاد می‌شود.

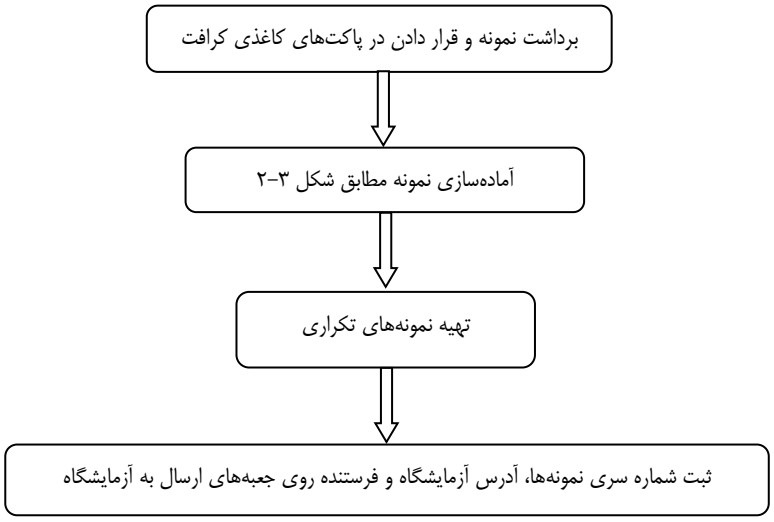
۳-۵- کنترل دقت نتایج تجزیه شیمیایی

برای کنترل کیفیت داده‌های تجزیه شیمیایی، ارسال نمونه‌های تکراری به آزمایشگاه به صورت تصادفی حداقل به تعداد ۵ درصد کل نمونه‌ها مشروط به اینکه تعداد آن از ده نمونه کمتر نباشد ضروری است. روش‌های کنترل کیفیت با استفاده از نمودارهایی مانند دقت تامپسون و هوارث انجام می‌گیرد.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۲- روندنمای کلی برداشت نمونه‌ها در اکتشاف بیوژئوشیمیایی



شکل ۳-۳- روندنمای کلی آماده‌سازی نمونه‌ها برای ارسال به آزمایشگاه

۳-۶- روش تجزیه

مشکل اساسی در تجزیه نمونه‌های گیاهی، از دست دادن عناصر فرار گیاه در طی تبدیل به خاکستر شدن است. به همین دلیل معمولا گیاه را با اکسیژن کم در حدی که نمونه شعله‌ور نشود، حرارت می‌دهند. اگر طی خاکستر کردن گیاه اطمینان وجود نداشته باشد که عناصر فرعی آن از بین می‌روند، می‌توان از روش تجزیه گیاه خشک شده بدون خاکسترسازی استفاده کرد. به همین منظور

omoorepeyman.ir

از ترکیب پرکلریک و اسید نیتریک و یا اسید سولفوریک و اسید نیتریک استفاده می‌کنند. از مناسب‌ترین روش‌های تجزیه نمونه‌های گیاهی روش طیف‌سنجی جرمی- پلاسمای جفت شده القایی[1] (ICP-MS) است، زیرا امکان تجزیه تا حد PPb را دارد. روش تخریب به کمک اسید (دو، سه و یا چهار اسید) باید توسط ژئوشیمیست تعیین و به آزمایشگاه اعلام شود. همراه با نمونه‌های مجهول، نمونه‌های تکراری و نمونه‌های مرجع برای کنترل کیفیت به آزمایشگاه ارسال شوند. انتخاب روش تجزیه شیمیایی بستگی به هزینه اقتصادی، صحت و دقت روش دارد. معمولا گیاهان را برای آزمایشگاه‌های مرکزی که بیشترین تجهیزات برای پودر کردن، خاکستر کردن و تجزیه را دارند، ارسال می‌کنند.

۳-۷- پردازش و تفسیر داده‌ها

تفسیر و تعبیر داده‌های بیوژئوشیمیایی مهم‌ترین و مشکل‌ترین بخش مطالعات اکتشافی محسوب می‌شود. تشخیص آنومالی‌هایی که در ارتباط با کانه‌زایی سنگ بستر و آنومالی‌های مشابه که با فاکتورهای مصنوعی ایجاد می‌شوند، بسیار مهم است. تفسیرهای آماری داده‌ها در اکتشافات بیوژئوشیمی اهمیت ویژه‌ای دارد. به ویژه در جایی که تباین (کنتراست) بین نمونه‌های با مقادیر کم (آنومالی ضعیف) در گیاه نزدیک به حد زمینه باشد. بهترین روش پردازش داده‌ها و تفسیر آن بستگی به تعداد داده‌های سنسورد و بزرگی مجموعه داده‌ها[2] دارد. در صورتی که درصد مقادیر کمتر از حد سنجش[3] بیش از ۳۰ درصد کل نمونه‌ها باشد، نتایج غیرقابل استفاده است و باید در صورت نیاز به روش مناسب‌تری تجزیه شود. پردازش داده‌ها شامل چند بخش است که فایل‌بندی داده‌های خام در محیط صفحه گسترده مانند Excel و حذف داده‌های سنسورد و ناقص اولین گام است و سپس منحنی توزیع فراوانی هر عنصر تعیین شده و در صورت نرمال یا لاگ‌نرمال بودن از روابط هر یک به صورت جداگانه برای تعیین آنومالی‌ها استفاده می‌شود.

جایگزینی داده‌های سنسورد با استفاده از روش‌های جایگزینی ساده و آماری انجام می‌گیرد. پردازش‌های آماری به صورت تک‌متغیره، دومتغیره و چندمتغیره (تحلیل خوشه‌ای و آنالیز فاکتوری) انجام می‌گیرد. مراحل مختلف تک‌متغیره شامل جدایش مقادیر خارج از ردیف (با استفاده از روش تجربی، باکس پلات، روش محاسباتی و نظایر آن) است و در نهایت با استفاده از مقادیر میانگین و انحراف معیار متغیرها نسبت به جدایش داده‌های آنومالی اقدام می‌شود (شکل ۳-۴).

مدل‌های چندمتغیره امکان شناخت ماهیت تغییرات چند ویژگی را به طور همزمان می‌دهد. شناخت ارتباط و بستگی‌های ژنتیکی متقابل موجود بین عناصر گوناگون ممکن است در شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی به کار رود. تجمع ژنتیکی بعضی از عناصر ممکن است به عنوان راهنمای اکتشافی مستقیمی در تفسیر نوع نهشته‌های احتمالی در ناحیه به کار رود و برعکس، تجمع بعضی از عناصر نیز ممکن است دلالت بر وجود آنومالی‌های بی‌اهمیت باشد که گمراه کننده‌اند.

۳-۸- نقشه‌های آنومالی بیوژئوشیمیایی

روش رسم نقشه‌ها در اکتشافات بیوژئوشیمی اهمیت زیادی دارد. توزیع فضایی مقادیر غلظت عناصر به صورت نقشه ارایه می‌شود که مقیاس آن به هدف و مقیاس عملیات اکتشافی بستگی دارد (شکل ۳-۵). از داده‌های به دست آمده برای ترسیم نقشه‌های

1- Inductively coupled plasma-mass spectrometry
2- Data set
3- Detection limit

omoorepeyman.ir

بیوژئوشیمیایی، شناسایی آنومالی‌ها و تهیه گزارش استفاده می‌شود. نقشه‌های کنتوری و طیفی برای نشان دادن آنومالی‌ها در این روش اکتشافی بهتر است و برای تهیه این گونه نقشه‌ها باید حالت‌های گوناگون تخمین را مورد بررسی قرار داد و از میان آن‌ها بهترین انتخاب را که بیشترین تطابق را با مشاهدات صحرایی داشته باشد، انجام داد. در گزارش باید به عواملی چون آب و هوای منطقه، پوشش گیاهی و خاک منطقه، روش نمونه‌برداری، آماده‌سازی و مراحل خشک کردن و خاکستر کردن نمونه اشاره شود. به عنوان مثال نوع آب و هوا در میزان جذب عناصر به وسیله گیاه تاثیر دارد. ترسیم نقشه‌های بیوژئوشیمیایی، مانند روش اکتشافات ژئوشیمیایی در سنگ یا خاک است، چون نمونه‌برداری از گیاهان معمولا به صورت شبکه‌ای انجام می‌شود اما اگر از بخش‌های متفاوت گیاه نمونه‌برداری شود، در آن صورت برای هر بخش نقشه جداگانه‌ای تهیه می‌شود. به عنوان مثال اگر از پوست و مخروط کاج نمونه‌برداری شده باشد، با توجه به نوع نمونه، دو نقشه جداگانه تهیه می‌شود. در پردازش، ارایه و تفسیر نهایی داده‌ها، نتایج مطالعات روش اکتشاف بیوژئوشیمیایی هنگامی می‌تواند واقعی باشد که بر مبنای اطلاعات زمین‌شناختی سنگ بستر، خاک‌های سطحی و پوشش گیاهی کل منطقه استوار باشد. اگر انواع سنگ بستر، خاک‌ها و پوشش گیاهی منطقه، یکنواخت باشد، پردازش، ارایه و تفسیر داده‌ها نیز راحت خواهد بود. در صورت تنوع پارامترهایی مانند پوشش گیاهی، تعبیر و تحلیل داده‌ها نیز مشکل است، زیرا توانایی انواع گیاهان در نشان دادن آنومالی‌ها متفاوت است.

<table>
<tr><td colspan="8">داده‌های خام دارای دقت و صحت مناسب</td></tr>
<tr><td colspan="8">جایگزینی داده‌های سنسورد و اضافه کردن مختصات جغرافیایی</td></tr>
<tr><td colspan="8">پردازش آماری</td></tr>
<tr><td colspan="4">پردازش‌های تک‌متغیره</td><td colspan="2">پردازش‌های دومتغیره</td><td colspan="2">پردازش چندمتغیره</td></tr>
<tr><td>جدول پارامترهای آماری</td><td>هیستوگرام</td><td>باکس پلات</td><td>شناخت داده‌های خارج از ردیف</td><td>همبستگی</td><td>رگرسیون</td><td>آنالیز فاکتوری</td><td>آنالیز خوشه‌ای</td></tr>
<tr><td colspan="8">تعیین حد زمینه و آنومالی</td></tr>
<tr><td colspan="8">تحلیل، ترسیم نقشه‌ها و شرح آن‌ها</td></tr>
</table>

شکل ۳-٤- روندنمای کلی مراحل مختلف پردازش داده‌ها و تعیین مناطق دارای آنومالی

۳-۹- ارزیابی نقشه‌های آنومالی بیوژئوشیمی

تغییرات مقدار هر عنصر در گیاهان مختلف و تشریح آن‌ها بر اساس نوع کانی‌سازی و توجه به عناصر همراه و پاراژنز ممکن است، متغیر باشد. میزان جذب بیولوژیکی، یکی از پارامترهای موثر در تفسیر آنومالی‌ها است که باید به آن توجه کرد.

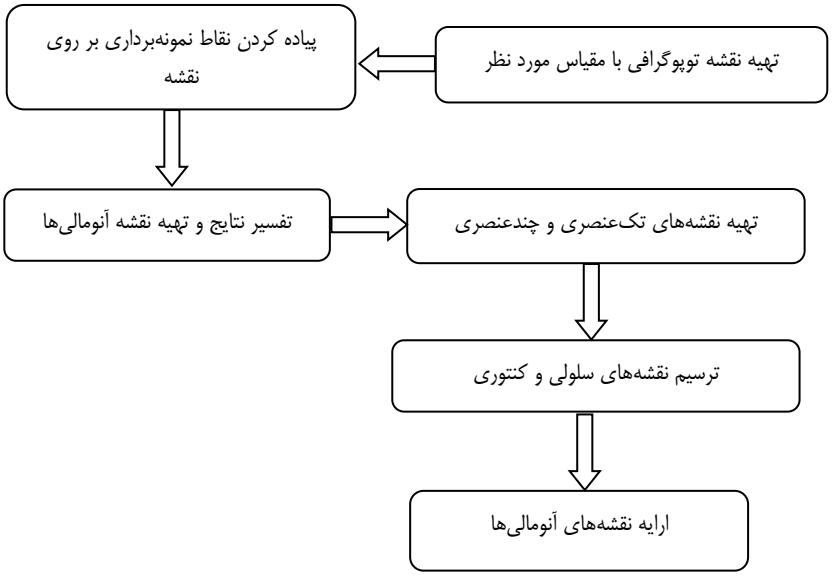
۳-۱۰- کنترل آنومالی‌ها

پس از کنترل، مناطق دارای آنومالی (شکل ۳-۶) در صورت وجود کانی‌زایی به صورت چکشی باید از سنگ و لیتولوژی محدوده نمونه‌برداری کرد. نمونه‌های برداشت شده پس از بسته‌بندی و کدگذاری تحویل نمونه‌کوبی و در نهایت آزمایشگاه می‌شود. کنترل

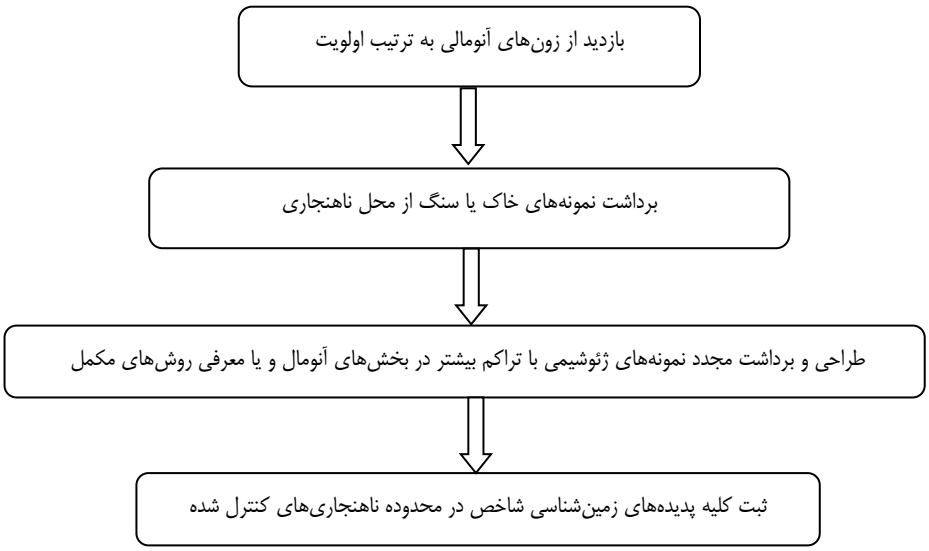
omoorepeyman.ir

صحرایی زون‌های آنومالی واقعی از آنومالی‌های کاذب یکی از مهم‌ترین بخش‌های این مبحث است. در این مرحله از اکتشاف باید موارد زیر به دقت مشخص شود:

- تعیین رابطه زون‌های آنومالی با پدیده‌های کانی‌سازی
- تعیین رابطه زون‌های آنومالی با پدیده‌های زمین‌شناسی مانند واحدهای سنگی، زون‌های دگرسانی، سیستم گسله و ساختمان‌های زمین‌شناسی
- تعیین رابطه زون‌های آنومالی با وجود رگه‌های سیلیسی، برشی، دایک‌های کانی‌ساز و نظایر آن



شکل ۳-۵- روندنمای کلی تهیه نقشه آنومالی‌ها در اکتشاف بیوژئوشیمی



شکل ۳-٦- روندنمای کنترل آنومالی‌ها

omoorepeyman.ir

۳-۱۱- محتوای گزارش اکتشاف بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی

گزارش اکتشافات بیوژئوشیمیایی باید پاسخ‌گوی موارد اکتشافی زیر باشد:

- تشخیص و تعیین مناطق آنومالی مرتبط با کانی‌زایی
- شناسایی و تعیین رابطه آنومالی‌های واقعی با زون‌های احتمالی کانی‌سازی
- شناسایی و تعیین رابطه زون‌های آنومالی با اندیس‌ها، رگه‌ها، زون‌های دگرسانی و دیگر پدیده‌های کانی‌سازی و ساختارهای زمین‌شناسی
- ارایه پیشنهادات برای ادامه عملیات اکتشافی

با توجه به اهداف اکتشافات بیوژئوشیمیایی و داده‌های به دست آمده، محتوی گزارش نهایی باید شامل ارایه روش‌های اکتشافی، چگونگی عملیات صحرایی، شناسایی مناطق با احتمال بالای کانه‌زایی و مراحل انجام اکتشافات بیشتر در مناطق مستعد باشد. سرفصل‌های گزارش اکتشافات بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی باید شامل موارد زیر باشد.

۳-۱۱-۱- چکیده

۳-۱۱-۲- فهرست مطالب

۳-۱۱-۳- فهرست جدول‌ها و شکل‌ها

۳-۱۱-٤- فصل اول: کلیات

- آشنایی
- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
- هدف از اکتشافات بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی در منطقه مورد مطالعه
- مطالعات پیشین شامل بررسی زمین‌شناسی، ژئوشیمی منطقه، اطلاعات ژئوفیزیکی و ماهواره‌ای، اطلاعات معدنی و دگرسانی و اطلاعات گیاهی موجود در منطقه مورد مطالعه
- پوشش گیاهی منطقه
- شرایط اقلیمی (مانند آب و هوا، ژئومورفولوژی و پوشش گیاهی منطقه و نوع خاک)

۳-۱۱-۵- فصل دوم: دستورالعمل انجام روش ژئوبوتانی

- آشنایی
- بررسی‌های ژئوبوتانی برای شناسایی اجتماعات و گونه‌های گیاهی معرف
- نمونه‌برداری از گیاهان شاهد و منطقه اکتشافی
- تعیین اجتماعات و گونه‌های گیاهی معرف کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه
- تعیین مناطق آنومالی بر اساس تغییرات مورفولوژیکی در گیاهان معرف

omoorepeyman.ir

۳-۱۱-۶- فصل سوم: دستورالعمل انجام اکتشافات بیوژئوشیمیایی

- مقدمه
- طراحی نقشه‌های نمونه‌برداری بیوژئوشیمیایی
- روش‌های نمونه‌برداری گیاه و خاک
- برداشت نمونه‌های تکراری برای ارزیابی دقت تجزیه‌ها
- آماده‌سازی نمونه‌ها
- روش‌های تجزیه نمونه‌ها
- ارزیابی دقت و صحت داده‌های ژئوشیمیایی
- پردازش آماری داده‌ها
- ترسیم نقشه‌های توزیع ژئوشیمیایی
- تفسیر نقشه‌های ژئوشیمیایی گیاه برای عناصر مختلف
- محاسبه ضریب جذب بیولوژیکی
- بررسی میزان جذب عناصر کانسارساز در گیاهان
- تعیین آنومالی‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها

۳-۱۱-۷- فصل چهارم: کنترل آنومالی‌های ژئوشیمیایی

- آشنایی
- کنترل صحرایی آنومالی‌ها
- تفکیک آنومالی مرتبط با کانی‌زایی و حذف آنومالی‌های کاذب
- برداشت نمونه‌های کنترلی (در صورت نیاز) و ارزیابی آن‌ها

۳-۱۱-۸- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

- آشنایی
- نتایج حاصل از کلیه اطلاعات و اکتشافات انجام شده
- نتایج اکتشافات بیوژئوشیمیایی
- نتایج اکتشافات ژئوبوتانی
- نتایج اکتشافی و تعیین آنومالی‌های مرتبط با کانی‌زایی
- پیشنهادهای اکتشافی
- پیشنهاد در خصوص ادامه و یا توقف عملیات اکتشافی
- ارایه فهرست خدمات اکتشافی مرحله بعدی به همراه جدول هزینه و زمان

omoorepeyman.ir

۳-۱۱-۹- فهرست منابع

۳-۱۱-۱۰- پیوست‌ها

- نتایج تجزیه‌ها با سربرگ اصلی شرکت و یا آزمایشگاه تجزیه‌کننده
- نقشه‌ها
- ارایه کلیه اطلاعات نوشتاری، نمودارها، جدول‌ها، نقشه‌ها و نظایر آن به صورت رقومی و لوح فشرده

۳-۱۲- چک‌لیست مراحل

چک‌لیست مراحل اکتشافات ژئوشیمیایی به روش‌های بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی در جدول‌های ۳-۵ و ۳-۶ ارایه شده است.

جدول ۳-۵- چک‌لیست مراحل اکتشافی به روش بیوژئوشیمیایی

ردیف	مراحل	تایید	بازنگری	رد (تکرار)
۱	جمع‌آوری و بررسی کلیه داده‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی، اکتشافی و داده‌های ماهواره‌ای			
۲	بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی معدنی، توپوگرافی و نقشه نوع خاک به مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ یا بزرگتر			
۳	بررسی اقلیم، توزیع و پراکندگی گونه‌های گیاهی، شرایط زهکشی و فیزیکو- شیمیایی خاک			
۴	طراحی شبکه نمونه‌برداری با توجه به نتایج مطالعات قبلی، زون‌های کانی‌سازی، دگرسانی، ساختار زمین‌شناسی، توپوگرافی و پدیده‌های زمین‌شناسی ویژه منطقه مورد مطالعه			
۵	نمونه‌برداری بر اساس نوع گیاهان، اندام مورد نظر و شبکه طراحی شده			
۶	شناسایی و نام‌گذاری نظام‌مند گونه‌های گیاهی			
۷	ثبت کلیه اطلاعات زمین‌شناسی، مشخصات گیاهان، آثار دگرسانی، ساختار زمین‌شناسی، مختصات جغرافیایی، وضعیت توپوگرافی و نظایر آن‌ها در فرم‌های استاندارد			
۸	آماده‌سازی و ارسال نمونه به آزمایشگاه به همراه فهرست، دستورالعمل هضم و روش تجزیه			
۹	ارزیابی کنترل کیفیت داده‌ها (دقت و صحت)			
۱۰	پردازش داده‌ها و تعیین میزان زمینه، آستانه و آنومالی			
۱۱	تهیه نقشه‌های ژئوشیمیایی			
۱۲	کنترل آنومالی‌ها			
۱۳	تدوین گزارش پایانی به همراه نتایج اکتشافی			

جدول ۳-۶- چک‌لیست مراحل اکتشافی به روش ژئوبوتانی

ردیف	مراحل	تایید	بازنگری	رد (تکرار)
۱	جمع‌آوری و بررسی کلیه داده‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی، اکتشافی و داده‌های ماهواره‌ای			
۲	بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی معدنی، توپوگرافی و نقشه نوع خاک به مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ یا بزرگتر			
۳	بررسی اقلیم، توزیع و پراکندگی گونه‌های گیاهی، شرایط زهکشی و فیزیکو- شیمیایی خاک			
۴	طراحی شبکه نمونه‌برداری با توجه به نتایج مطالعات قبلی، زون‌های کانی‌سازی، دگرسانی، ساختار زمین‌شناسی، توپوگرافی و پدیده‌های زمین‌شناسی ویژه منطقه مورد مطالعه			
۵	شناسایی و نامگذاری نظام‌مند گونه‌های گیاهی در مناطق شاهد و اکتشافی			

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۳-٦- چک‌لیست مراحل اکتشافی به روش ژئوبوتانی

ردیف	مراحل	تایید	بازنگری	رد (تکرار)
۶	برداشت نمونه، نامگذاری نظام‌مند و بررسی تغییرات مورفولوژیکی گونه‌های گیاهی معرف و نشانگر			
۷	ثبت کلیه اطلاعات زمین‌شناسی، مشخصات گیاهان، آثار دگرسانی، ساختار زمین‌شناسی، مختصات جغرافیایی، وضعیت توپوگرافی و نظایر آن‌ها در فرم‌های استاندارد			
۸	تهیه نقشه‌های ژئوشیمیایی پراکنش گونه‌های معرف و نشانگر			
۹	کنترل آنومالی‌ها			
۱۰	تدوین گزارش پایانی به همراه نتایج اکتشافی			

omoorepeyman.ir

عناوین پروژه‌های اکتشاف برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۱	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های معدنی، واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف معدنی	۳۲۸	-
۲	مراحل مختلف اکتشاف زغال‌سنگ	۳۵۱	-
۳	دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی	۳۷۹	-
۴	راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های اکتشافی	٤۹۸	۱۳
۵	دستورالعمل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی- اکتشافی بزرگ‌مقیاس (مقیاس‌های ۱:۲۵,۰۰۰ و ۱:۲۰,۰۰۰ و رقومی کردن آن‌ها)	۵۳۲	۲۰
۶	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف سنگ آهن	۵۳٦	۱۷
۷	علایم استاندارد نقشه‌های زمین‌شناسی	۵۳۹	۲۳
۸	دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ‌مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵,۰۰۰)	۵٤۰	۲٤
۹	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس	۵٤۱	۲۵
۱۰	فهرست خدمات اکتشافی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، فلوئورین)	۵٦٦	۳٦
۱۱	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵٦۷	۳۷
۱۲	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف سرب و روی	۵۸۱	٤۰
۱۳	راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی اکتشافی به روش‌های مغناطیس‌سنجی، گرانی‌سنجی و لرزه‌نگاری در اکتشافات معدنی	۵۹٤	۲۸
۱۴	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف آنتیموان	۵۹۵	۳٤
۱۵	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف کانی‌ها و سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی	۵۹۹	٤۳
۱۶	فهرست خدمات و راهنمای مطالعات دورسنجی در اکتشاف مواد معدنی	٦۱۵	٤۵
۱۷	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه تولید انواع سیمان	٦۱۷	٤۷
۱۸	فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه‌پیمایی	٦۱۸	٤۸
۱۹	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف عناصر نادر خاکی	٦٤۸	۵۱
۲۰	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف قلع	٦٤۹	۵۲
۲۱	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری عناصر در کانسنگ آهن	٦۵۲	۵٤
۲۲	دستورالعمل آماده‌سازی، تهیه نمونه و مطالعات میکروسکوپی و سیالات درگیر در نمونه‌های اکتشافی	٦۵۵	۵۵
۲۳	دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰	٦۷۱	٦۲
۲۴	دستورالعمل یکسان‌سازی اسامی مواد معدنی	۲۳۱	٦۵
۲۵	راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی به روش‌های مقاومت ویژه، پلاریزاسیون القایی، الکترومغناطیسی و پتانسیل خودزا در اکتشافات معدنی	۵۳۳	٦٦
۲۶	دستورالعمل تهیه گزارش پایان عملیات اکتشافی	٤۹۵	۷۰
۲۷	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف طلا	۷۰۳	۷۵
۲۸	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت فلزات گرانبها (طلا، نقره و گروه پلاتین)	۷۰٤	۷۸
۲۹	دستورالعمل تهیه طرح اکتشاف مواد معدنی	۷۱۳	۸۰
۳۰	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف گچ و نمک	۷۲۱	۸۱
۳۱	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت فلزات پایه (مس، روی و سرب)	۷۲۷	۸۲
۳۲	فهرست خدمات اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (پرلیت، دیاتومیت و ورمیکولیت)	۷۲۸	۸۳
۳۳	دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی خاک در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰	۷۳۰	۸۵

omoorepeyman.ir

عناوین پروژه‌های اکتشاف برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۳۴	راهنمای مطالعات GIS در مقیاس ناحیه‌ای و تعیین نواحی امیدبخش	۷۳۹	۸۷
۳۵	دستورالعمل اکتشاف ناحیه‌ای طلا به روش بلگ	۷۵۱	۹۱
۳۶	دستورالعمل فعالیت‌های زمین‌شناسی استخراجی	۷۵۵	۹۳
۳۷	دستورالعمل اکتشاف مواد معدنی به روش هیدروژئوشیمیایی	۷۷٤	۱۰۱
۳۸	دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی به روش‌های بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی	۷۸۰	۱۰۷
۳۹	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت عناصر نادر خاکی	در دست تدوین	
۴۰	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف شورابه‌ها	در دست تدوین	
۴۱	فهرست خدمات و دستورالعمل اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (نسوزها): خاک نسوز، منیزیت– هونتیت، بوکسیت، نسوزهای آلومینو سیلیکاته (کیانیت، سیلیمانیت و آندالوزیت)، گرافیت و دولومیت	در دست تدوین	
۴۲	دستورالعمل تخمین ذخیره	در دست تدوین	
۴۳	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف منابع پلاسری	در دست تدوین	

omoorepeyman.ir

عناوین پروژه‌های کمیته استخراج برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۱	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های معدنی، واژه‌ها و اصطلاحات پایه استخراج معدنی	۳٤۰	-
۲	مقررات تهویه در معادن	۳۵۰	-
۳	مقررات فنی مواد منفجره و آتشباری در معادن	٤۱۰	-
۴	دستورالعمل تهیه نقشه‌های استخراجی معدن	٤٤۲	۸
۵	راهنمای ارزشیابی دارایی‌های معدنی	٤٤۳	۹
۶	دستورالعمل فنی روشنایی در معادن	٤۸۹	۱۰
۷	دستورالعمل امداد و نجات در معادن	٤۸۸	۱۸
۸	راهنمای تهیه گزارش‌های طراحی معدن	٤۹٦	۱۱
۹	دستورالعمل ترابری در معادن	۵۰٦	۱٤
۱۰	دستورالعمل توزیع هوای فشرده در معادن	۵۳۱	۱۹
۱۱	دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم‌های نگهداری تونل‌های معدنی	۵۳۷	۲۱
۱۲	دستورالعمل تحلیل پایداری و پایدارسازی شیب‌ها در معادن روباز	۵۳۸	۲۲
۱۳	راهنمای محاسبه قیمت تمام شده در فعالیت‌های استخراج مواد معدنی	۵٤۲	۲٦
۱۴	دستورالعمل نگهداری و کنترل سقف در کارگاه‌های استخراج	۵۵۳	۲۹
۱۵	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵٦۷	۳۷
۱۶	راهنمای آبکشی در معادن	۵۷۳	۳۸
۱۷	دستورالعمل طراحی هندسی بازکننده‌ها و حفریات زیرزمینی	۵۷۹	٤۱
۱۸	راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های استخراجی	٦۱۱	٤٤
۱۹	راهنمای ارزیابی و کنترل پیامدهای ناشی از انفجار در معادن سطحی	٦۱٦	٤٦
۲۰	راهنمای انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی	٦۲۳	٤۹
۲۱	دستورالعمل تعیین مرز تغییر روش استخراج از روباز به زیرزمینی	٦۲۵	۵۰
۲۲	راهنمای کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن	٦۵٦	۵٦
۲۳	راهنمای ارزیابی ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در معادن	٦٦۹	٦۰
۲۴	راهنمای امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی	۵۵۸	٦٤
۲۵	دستورالعمل پر کردن کارگاه‌های استخراج معادن زیرزمینی	۲۸۳	٦۹
۲۶	راهنمای برآورد بار و توزیع برق در معادن	۳۰٤	۷۱
۲۷	راهنمای گاززدایی در معادن زغال‌سنگ	۷۰۹	۷٦
۲۸	راهنمای ابزاربندی و رفتارنگاری در معادن روباز	۷۲۵	۸٤
۲۹	دستورالعمل بازرسی و تعمیر سیستم‌های نگهداری در حفریات معدنی	۷۲٦	۸٦
۳۰	راهنمای طراحی و احداث شبکه‌های زیرزمینی معادن	۷٤٦	۸۹
۳۱	دستورالعمل مطالعات زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه تونل‌ها	۷٤۸	۹۲
۳۲	راهنمای مکان‌یابی و جانمایی تاسیسات و تجهیزات در معادن روباز	۷۵٦	۹٤
۳۳	راهنمای تخمین و کنترل نشست در معادن	۷۵۸	۹٦
۳۴	راهنمای مطالعه مخاطرات طبیعی در ساختگاه تونل‌ها	۷۷۰	۹۸
۳۵	دستورالعمل ایمنی در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ	۷۷۵	۱۰۰
۳۶	دستورالعمل طراحی استخراج معادن سنگ‌های تزیینی و نما	۷۷٦	۱۰۲
۳۷	علایم استاندارد نقشه‌های معدنی	۷۷۱	۱۰٤
۳۸	راهنمای طراحی محدوده نهایی معادن روباز	۷۷۸	۱۰۵
۳۹	دستورالعمل طراحی ژئومکانیکی حفریات معدنی	۷۷۹	۱۰٦

omoorepeyman.ir

عناوین پروژه‌های فرآوری برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۱	راهنمای اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ‌های تزیینی و نما	۳۷۸	-
۲	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های معدنی، واژه‌ها و اصطلاحات پایه فرآوری مواد معدنی	٤٤١	۷
۳	فهرست خدمات مرحله طراحی پایه واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی	٤۹۷	۱۲
۴	علایم استاندارد نقشه‌های کانه‌آرایی مواد معدنی	۵۰۸	۱۵
۵	راهنمای نرم‌افزاری علایم استاندارد نقشه‌های کانه‌آرایی مواد معدنی	۵۰۸	۲۷
۶	ضوابط مکان‌یابی واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	۵۱۵	۱٦
۷	ضوابط انجام آزمایش‌های کانه‌آرایی در مقیاس آزمایشگاهی، پایه و پیشاهنگ	۵٤٤	۳۱
۸	راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات کارخانه کانه‌آرایی	۵٤۵	۳۲
۹	راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	۵۵۹	۳۳
۱۰	راهنمای سنگ‌جوری مواد معدنی به روش‌های دستی یا خودکار	۵۵٤	۳۰
۱۱	راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای کانه‌آرایی	۵٦٤	۳۹
۱۲	شناسایی مواد معدنی و آزادسازی آن‌ها در کانه‌آرایی	۵٦۵	۳۵
۱۳	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵٦۷	۳۷
۱۴	معیارهای فنی انتخاب آسیای خودشکن و نیمه‌خودشکن	۵۸۰	٤۲
۱۵	دستورالعمل کنترل و خنثی‌سازی آرسنیک، سولفید و سیانید در آزمایشگاه‌های فرآوری	٦۵۱	۵۳
۱۶	دستورالعمل نمونه‌برداری در کانه‌آرایی	٦٦۰	۵۷
۱۷	دستورالعمل تعیین شاخص خردایش در آسیاهای مختلف	٦٦۱	۵۸
۱۸	راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی	٦٦۲	۵۹
۱۹	راهنمای انتخاب مدار خردایش مواد معدنی	٦۷۰	٦۱
۲۰	راهنمای افزایش مقیاس در واحدهای کانه‌آرایی	٦۷۲	٦۳
۲۱	راهنمای آزمایش‌های خشک‌کردن، تشویه و تکلیس در مقیاس آزمایشگاهی	۳۷۲	٦۷
۲۲	راهنمای پذیرش و نگهداری نمونه‌های معدنی در آزمایشگاه کانه‌آرایی	٦۸۰	٦۸
۲۳	راهنمای پوشش و تجهیزات حفاظتی کارکنان در واحدهای کانه‌آرایی	۵۱٤	۷۲
۲۴	راهنمای مخلوط‌سازی بار ورودی در کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی	۵۷۲	۷۳
۲۵	فهرست کنترل کیفی بار ورودی، مواد در گردش و محصولات واحدهای کانه‌آرایی	۷۰۸	۷۷
۲۶	دستورالعمل دانه‌بندی مواد معدنی	۷۱۰	۷۹
۲۷	راهنمای نرمه‌زدایی در واحدهای کانه‌آرایی	۷۳۸	۸۸
۲۸	راهنمای آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه‌آرایی	۷٤۹	۹۰
۲۹	راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های کانه‌آرایی	۷۵۷	۹۵
۳۰	راهنمای آزمایش‌های هیدرومتالورژی در مقیاس آزمایشگاهی	۷۵۹	۹۷
۳۱	راهنمای فرآوری کانسنگ‌های پلاسری آهن	۷۷۲	۹۹
۳۲	راهنمای محاسبات در آزمایش‌های کانه‌آرایی	۷٦۹	۱۰۳
۳۳	فهرست خدمات مهندسی تفصیلی واحدهای کانه‌آرایی	در دست تدوین	

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هفتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic Of Iran
Plan and Budget Organization

Instruction for Biogeochemistry and Geobotany Exploration

No.780

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs

Department of Technical and Executive Affairs

Consultants and Contractors

nezamfanni.ir

Ministry of Industry, Mine and Trade

Deputy of Mine Affairs and Mineral Industries

Office for Mining Supervision Affairs

http://www.minecriteria.mimt.gov.ir

2019

omoorepeyman.ir

در این نشریه

فهرست خدمات و معیارهای لازم برای اکتشاف کانسارها به ویژه انواع پنهان در زیر پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های ژئوبوتانی و بیوژئوشیمیایی آورده شده است. از آنجا که در ایران، استفاده از این روش خیلی محدود است، از این‌رو ابتدا به تبیین روش‌ها و پس از آن به نحوه به کارگیری آن‌ها در اکتشافات ژئوشیمیایی پرداخته شده است.

omoorepeyman.ir