
بسم الله الرحمن الرحيم

شرح جامع

شیمی و حاصل خیزی خاک

«مهندسی کشاورزی»

(علوم خاک)

مولف: گروه مؤلفین انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس(منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشـــــر

www.arshadbook. ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

بخش اول: شیمی خاک

فصل اول: شیمی خاک محیطی ۱۳
فصل دوم: اجزای غیر آلی خاک ۱۹
فصل سوم: شیمی مواد آلی خاک ۳۱
فصل چهارم: تعادلهای بین محلول خاک و فاز جامد ۴۰
فصل پنجم: پدیده‌های جذبی در خاک ۵۱
فصل ششم: فرایندهای تبادل یونی ۶۷
فصل هفتم: سینتیک فرایندهای شیمیایی خاک ۷۳
فصل هشتم: شیمی اکسایش- کاهش در خاک ۹۱
فصل نهم: شیمی اسدیته خاک ۹۷
فصل دهم: شیمی خاکهای شور و سدیمی ۱۰۵

بخش دوم: حاصلخیزی خاک

فصل اول: مفهوم ما از خاک، بستر نشو و نمای گیاه ۱۱۱
فصل دوم: ازت ۱۱۹
فصل سوم: فسفر ۱۶۳
فصل چهارم: پتاسیم ۱۸۳
فصل پنجم: گوگرد ۱۹۹
فصل ششم: کلسیم و منیزیم ۲۰۷
فصل هفتم: عناصر کم مصرف ۲۱۱

بخش اول

شیمی خاک

عناوین اصلی

- فصل اول: شیمی خاک محیطی
- فصل دوم: اجزای غیر آلی خاک
- فصل سوم: شیمی مواد آلی خاک
- فصل چهارم: تعادلهای بین محلول خاک و فاز جامد
- فصل پنجم: پدیده‌های جذبی در خاک
- فصل ششم: فرایندهای تبادل یونی
- فصل هفتم: سینتیک فرایندهای شیمیایی خاک
- فصل هشتم: شیمی اکسایش- کاهش در خاک
- فصل نهم: شیمی اسدیته خاک
- فصل دهم: شیمی خاکهای شور و سدیمی

فصل اول

شیمی خاک محیطی

سیر تحولی شیمی خاک

شیمی خاک به عنوان زیر شاخه‌ای از علم خاک‌شناسی از اوایل دهه ۱۸۵۰ با پژوهشهای جی.توماس وی شیمیدان مشاور انجمن سلطنتی کشاورزی انگلستان موجودیت یافت. وی که ازاو به عنوان پدر شیمی خاک یاد می‌شود، مجموعه آزمایشهای چشمگیری را روی توانایی خاک برای تبادل یون‌ها انجام داد. او دریافت که خاک قادر است هم کاتیون‌ها و هم آنیون‌ها را جذب سطحی نماید و این یون‌ها نیز به نوبه خود با سایر یون‌ها قابل تبادل می‌باشند.

او همچنین ملاحظه کرد که این تبادل یونی سریع بوده و رس جزء مهمی از خاک در جذب کاتیون‌ها بشمار می‌رود. به علاوه حرارت دادن خاک و یا تیمار آن با یک اسید قوی توانایی خاک را برای جذبب سطحی یون‌ها کاهش می‌دهد. بعدها صحت اکثریت قریب به اتفاق مشاهدات وی به اثبات رسید و کارهای او شالوده بسیاری از مطالعات بنیادین را درباره جذب و تبادل یونی که بعدها توسط شیمیدان‌های خاک به انجام رسید، بنا نهاد . مطالعات وی همچنین تاثیر عمیقی بر سایر رشته‌ها همچون شیمی و مهندسی شیمی به جا گذاشت .

پدر شیمی خاک در ایالات متحده یک فیلسوف، شورشی،سیاستمدار و کشاورز از اهالی ویرجینیا به نام ادموند رافین بود. رافین اولین تیر اتحاد ایالات جنوبی را در فورت سامتر کارولینای جنوبی شلیک کرد. رافین طرز زیرکانه‌ای از پوسته صدفهای خوراکی به منظور اصلاح یا تعدیل اسیدیته خاک در زمینهای خود استفاده کرد .

بیشتر کارهای پژوهشی که بین سالهای ۱۸۵۰ و ۱۹۰۰ در زمینه شیمی خاک به انجام رسید در واقع ادامه کارهای وی بود.

یکی از جالب توجه‌ترین و مهمترین زمینه‌های پژوهشی در شیمی خاک، شیمی اسیدیته خاک بوده است . همان‌گونه که هانس ینی به طرزی بسیار شیوا تشبیه کرده است. پژوهشهای مربوط به اسیدیته خاک به یک چرخ و فلک شباهت دارد.

بر سر اینکه آیا اسیدیته خاک در درجه اول به هیدروژن مربوط است یا آلومینیوم، مباحثات سختی در گرفت که پایه و اساس بسیاری از مطالعات در طول این قرن گردید .

کلمن و توماس و ریچ و همکارانشان بر مبنای بررسیهای متعدد خود به این نتیجه رسیدند که آلومینیوم در شکلهای سه ظرفیتی، هیدروکسی منومری (یک یون A1) و هیدروکسی پلی‌مری (بیش از یک یون A1) عامل اصلی اسیدیته خاک است.

از دهه ۱۹۷۰ بررسیهای مربوط به سرعت و مکانیسم برهم کنشهای فلزهای سنگین، رادیونوکلیدها، آفت کشها و دیگر ترکیبات شیمیایی آلی با خاک و اجزای تشکیل دهنده آن اثر کلوئیدهای متحرک بر جابجایی آلاینده‌ها، شیمی آلومنیوم در خاک ار نظر محیط زیست، به ویژه تاثیر بارنهای اسیدی بر فرایندهای آلی و غیر آلی آن را در بر می‌گیرند و برهم کنشهای شیمایی لجنها، کودهای حیوانی و فرآورده‌های جنبی و محصولات فرعی صنایع با خاک، متداول‌ترین پژوهشی در شیمی خاک محیطی بوده‌اند.

نهضت زیست محیطی نوین

برای آگاهی از اینکه چگونه شیمی خاک از یک تاکید سنتی بر واکنشهای شیمیایی موثر بر رشد گیاه به سوی تمرکز بر واکنشهای آلاینده‌ها در خاک سوق یافته است بهتر آن است که نهضت زیست محیطی مورد بررسی قرار داده شود.

نهضت نوین زیست محیطی از حدود ۳۰ سال بیش یعنی از زمانی که کاستن از آلودگی‌های حاصل از دودکشها و مجاری فاضلاب مورد تاکید قرار گرفت، آغاز شد.

در اواخر دهه ۱۹۷۰ نهضت دومی به راه افتاد که بر ترکیبات سمی تمرکز داشت. در خلال ۲۰ سال اخیر چندین قانون مهم به تصویب رسید که این قوانین تاثیر شگرفی بر سیاست ایالات متحده در قبال مسائل زیست محیطی داشته است.

این قوانین عبارتند از : لایحه هوای پاکیزه ۱۹۷۰، لایحه آب پاکیزه ۱۹۷۲، لایحه گونه‌های در معرض انقراض، قانون بودجه کلان ۱۹۸۰ برای پاکسازی مکانهای آلوده به مواد زاید سمی و صلاحیه لایحه حفاظت و بازیابی منابع (RCRA) در ۱۹۸۴ که به مقوله دور ریزی مواد سمی می‌پردازد.

سومین موج مسائل زیست محیطی که در اواخر ۱۹۸۰ آغاز گردید و از سوی کشاورزان کسبه و مالکان منازل مسکونی و دیگران سازماندهی می‌شد، نظارت و اندازه‌گیریهای اغلب پرهزینه‌ای را که برای رضایت از این نظارت‌ها باید انجام می‌شد، زیر سوال برد.برخی از این قوانین زیست محیطی در برگیرنده مقرراتی هستند که به موجب آنها غلظت بعضی از آلاینده‌ها در هوا، آب و خاک نباید بیش از چند قسمت در بیلیون باشد. چنین غلظتهای کمی تنها با دستگاهای تجزیه شیمیایی بسیار پیشرفته قابل اندازه‌گیری هستند که تا همین اواخر در دسترس نبودند.

سازمان حفاظت محیط زیست (EPA) برآورد کرده است که چنین مقرراتی ۱۰۰ میلیارد دلار برای صاحبان صنایع و ۴۰ میلیارد دلار برای دولت هزینه در بردارد.

آلاینده‌های آب و خاک

آلاینده‌های آلی و غیر آلی چندی وجود دارند که در آب و خاک حائز اهمیت هستند. این آلاینده‌ها شامل گونه‌های غیرآلی نظیر نیترات و فسفات، فلزهای سنگین مانند کادمیم، کروم و سرب، مواد شیمیایی آلی، اسیدهای غیر شیمیایی غیر آلی و رادیونوکلیدها می‌باشند.

منشاء این آلاینده‌ها، کودهای شیمیایی، آفت‌کشها، فروگذاشت اسیدی، مواد زاید و ریزش غبار رادیواکتیو است.

آلودگی آب

آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی یک معضل بزرگ در تمام جهان است . دو نوع اصلی از آلودگی وجود دارد: متمرکز و غیر متمرکز . آلودگی متمرکز آلودگی است که می‌توان آن را تا منشاء مشخصی مانند یک مکان صنعتی، یک مخزن فاضلاب و یا یک تاسیسات تصفیه فاضلاب دنبال کرد.

آلودگی غیر متمرکز از مناطق وسیعی سرچشمه می‌گیرد و لذا نمی‌توان آن را به منشاء واحدی نسبت داد. این نوع آلودگی در اثر فعالیتهای طبیعی و انسانی ایجاد می‌شود.آلودگیهای غیر متمرکز از فعالیتهای کشاورزی، انسانی، جنگلی، شهری، ساختمانی و معدنی و فروگذاشت اتمسفری ناشی می‌شوند.

همچنین آلاینده‌هایی با منشاء غیر متمرکز که به طور طبیعی ایجاد می‌شوند نیز وجود دارند که به نوبه خود حائز اهمیت هستند. این موارد شامل فرسایش زمین‌شناختی، نشست آبهای شور و تخریب کانیها و خاکهایی که ممکن است حاوی مقادیر زیادی از عناصر غذایی باشند، می‌شوند.

کمتر از ۳ درصد آبهای کره زمین را آب شیرین تشکیل می‌دهد که از این میزان نیز فقط یک درصد قابل شرب است.

آبهای زیرزمینی منشاء آب آشامیدنی متجاوز از ۱۰۰ میلیون آمریکایی می‌باشند و در مناطق روستایی آب آشامیدنی ۹۷ درصد از ساکنان، ۵۵ درصد از دامها و آب آبیاری ۴۰ درصد از کلیه محصولات کشاورزی از این آبها تامین می‌شود.

EPA در سال ۱۹۷۵ تعداد ۱۵۴ ترکیب آلی را در ذخایر آب آشامیدنی شهرهای بزرگ و کوچکی که در امتداد رودخانه‌های اهایو، پاتوماک و میسی سیپی در ایالات متحده قرار داشتند شناسایی کرد . این مواد شیمیایی از تخلیه پسابهای صنعتی و فاضلاب‌های شهری، هدر رفتن غیر مترقبه مواد شیمایی، رواناب سطحی حاصل از مناطق شهری و روستایی و فرایند کلرزنی آب در تصفیه خانه‌ها نشات می‌گرفتند. به دنبال تصویب اصلاحیه‌های لایحه آب شرب سالم در سال ۱۹۸۶، فهرستی از آلایندهایی که باید تحت نظارت قرار می‌گرفتند منتشر شد و مقرراتی مبنی بر کنترل سطح حداکثر آلودگی (MCL) و اهداف سطح حداکثر آلودگی (MCLG) وضع گردید.

در سال ۱۹۹۰ سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده نتایج بررسیهای خود را در مورد وجود آفت‌کشها و نیترات در آبهای لوله‌کشی و چاه انتشار داد . در قریب به ۱۰ درصد از آبهای لوله‌کشی شهرها و ۴ درصد از آب چاهها در روستاها غلظتهای قابل اندازه‌گیری از نیترات بودند.

آلاینده‌های خاص و منشاء آنها

نیترات و فسفات‌ها

شاید دو عنصر غذایی مورد نیاز گیاهان که در آبهای سطحی و زیرزمینی بیشترین توجه را به خود اختصاص داده‌اند، فسفات و نیترات باشند. معمولاً نگرانی از بابت فسفات درآبهای زیرزمینی وجود ندارد، زیرا این عنصر از طریق مکانیسم‌های الکترواستاتیک و غیر الکترواستاتیک به سختی توسط خاک نگهداری شده و معمولاً در بیشتر خاکها تحت آبشویی قرار نمی‌گیرد با این وجود در خاکهای شنی که حاوی مقادیر کمی از رس، اسیهای Al یا Fe و یا مواد آلی می‌باشند فسفات می‌تواند بیشترین نگرانی در مورد فسفر مربوط به آلودگی جویبارها و دریاچه‌ها از طریق رواناب سطحی و فرسایش باشد. یک چنین آلودگی آبی می‌تواند منجر به یوتروفیکاسیون و مرگ آبزیان شود.

آلودگی آبهای سطحی با فسفات می‌تواند ناشی از مصرف کودهای شیمیایی فسفره و یا استفاده از مواد آلی زاید صنایع و فضولات کشاورزی باشد.

نگهداری نیترات به وسیله خاک ضعیف بوده و لذا به سهولت آبشویی می‌شود. آلوده شدن آبهای زیرزمینی به نیترات معضل بزرگی برای مناطقی است که دارای خاکهای شنی هستند.

غلظتهای بالای نیترات در آبهای زیرزمینی می‌تواند منجر به بروز متهموگلوببینمی یا سندروم "نوزاد آبی" در شیرخواران شود (سطح بحرانی غلظت نیترات از نظر EPA بزرگتر از ۱۰ میلی گرم بر لیتر است).

آفت‌کش‌ها

آفت‌کش‌ها را می‌توان به این صورت طبقه‌بندی کرد:

علف‌کشها که برای کنترل علفهای هرز به‌کار می‌روند، حشره‌کشها برای کنترل حشرات، قارچ‌کشها برای کنترل قارچها و انواع دیگری مانند نماتدکشها و جونده‌کشها .

آفت‌کشها برای اولین بار در نیمه دوم قرن نوزدهم در زمینه تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفتند. نمونه‌هایی از آنها عبارت بودند از : نمکهای سرب، آرسنیک، مس و روی و نیز ترکیباتی نظیر نیکوتین که به طور طبیعی به وسیله گیاهان تولید می‌شوند. از این آفت‌کشها برای کنترل آفات و بیماریهای محصولات زراعی استفاده می‌شد.

در دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰، 2،4-D به عنوان یک علف‌کش و DDT به عنوان یک حشره‌کش عرضه شدند و از آن پس بود که در سرتاسر جهان مقادیر آفت‌کشهایی که از آنها در تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شد رو به فزونی گذاشت.

آلودگی زدایی از خاک

تلاشهای زیادی در جهت رفع آلودگی از خاکهای آلوده با به کارگیری مجموعه‌ای از تکنیک‌های درجا و غیر درجا در حال انجام است. هیچ یک از این تکنیک‌ها راه‌حلی قطعی برای اطلاح خاکهای آلوده نبوده و اغلب ممکن است بیش از یک تکنیک برای بهینه‌سازی فعالیت پاکسازی لازم باشد. پیچیدگی خاک و وجود آلاینده‌های متعدد در آن سبب می‌شود که اکثر فعالیتهای اصلاحی دشوار و پرهزینه باشند.

روشهای درجا

روشهای درجا در همان محل آلودگی به کار برده می‌شوند. در این روشها نیازی به خاکبرداری نبوده و بنابراین امکان قرار گرفتن آلاینده‌ها به حداقل می‌رسد.

متصاعد سازی

روش متصاعدسازی درجا موجب بیرون کشیدن مکانیکی یا تهویه هوا از میان خاک می‌شود. یک هواکش که هوا را در خاک به جریان می‌اندازد از طریق یک لوله سوراخ دار یا مشبک وارد خاک می‌شود، به طوری که هوا به جریان می‌افتد ولی ذرات خاک بیرون کشیده نمی‌شوند. همچنین از برخی روشهای پالایش نظیر کربن فعال می‌توان برای بازیابی آلاینده متصاعد شده استفاده کرد . این تکنیک محدود به مواد آلی فرار است.

تجزیه زیستی

در روش تجزیه زیستی درجا، میکروارگانیسم‌هایی را که به طور طبیعی در خاک وجود دارند، از طریق افزایش تعداد یا فعالیت تقویت می‌کنند. این میکروارگانیسم‌ها نیز به نوبه خود به تجزیه آلاینده‌های خاک کمک می‌کنند. شماری از عوامل خاکی محیطی، شیمیایی و مدیریتی در تجزیه زیستی آلاینده‌های خاک موثر هستند که عبارتند از مقدار رطوبت، pH، دما، جمعیت میکروبی موجود و میزان دسترسی به عناصر غذایی شرایط هوازی، pH بین ۵/۵ تا ۸ (با pH بهینه حدود ۷) و دمای بین ۲۹۳ تا ۳۱۳ درجه کلوین، تجزیه زیستی آلاینده‌ها را در خاک تسهیل می‌کند.

آبشویی

در این روش برای برطرف کردن آلاینده‌ها، خاک در محل خود به وسیله آب و غالباً همراه یک سورفکتانت آبشویی می‌شود(سورفکتانت یک ماده فعال در سطحو دارای نواحی آب‌گریز و آب دوست است که از آن برای کاهش کشش سطحی

استفاده می‌شود) . محلول خروجی در قسمت پایین محل، با استفاده از یک سیستم جمع کننده جمع آوری شده و سپس پالایش یا دورریزی می‌شود.

همچنین کارآیی تکنیک آبشویی بستگی به گذرپذیری، تخلخل، همگنی، بافت و کانی شناسی خاک دارد که همگی این عوامل بر قابلیت واجذب(آزاد شدن) آلاینده‌ها از خاک و سرعت آبشویی آنها از میان خاک تاثیر می‌گذارند.

شیشه‌کردن

در شیشه کردن درجا، آلاینده‌ها با سخت سازی که به وسیله یک جریان الکتریکی به‌وجود می‌آید، غیرمتحرک می‌شوند. شیشه کردن ممکن است آلاینده‌ها را حتی برای مدت ۱۰۰۰۰ سال بی‌حرکت نماید. ازآنجایی که در این روش مقدار زیادی الکتریسیته مورد نیاز است، لذا تکنیکی پرهزینه محسوب می‌شود.

جداسازی- دربرگیری

در این روش، آلاینده‌ها با کارگذاری موانع فیزیکی زیرسطحی از قبیل آستروهای رسی و دیواره‌های دوغابی در جای خود ابقاء شده و حرکت جانبی آنها به حداقل می‌رسد. اخیراً دانشمندان و مهندسان کاربرد سورفکتانت‌ها با کانیهای رس (ارگانو رسها)را به منظور افزایش نگهداری آلاینده‌های آلی و نیز استفاده از ارگانو- رسها در آسترها به منظور به حداقل رسانیدن تحرک آلاینده‌ها و در تصفیه خانه‌های پساب را مورد بررسی قرار داده اند.

اصلاح انفعالی

در این روش اجازه داده می‌شود تا فرایندهای طبیعی از قبیل تصاعد، تهویه، تجزیه‌زیستی و تجزیه نوری انجام گیرند.

این فرایندها ممکن است به رفع آلودگی از محل منجر شوند. اصلاح انفعالی ساده و کم هزینه بوده و تنها به کنترل منطقه نیازمند است. عواملی که روی این نوع از اصلاح تاثیر می‌گذارند عبارت‌اند از : تجزیه زیستی، جذب سطحی، تصاعد، آبشویی، تجزیه نوری، گذرپذیری خاک، عمق آب زیرزمینی، نفوذپذیری و ماهیت آلاینده.

روش‌های غیردرجا

در روشهای غیردرجا، خاک آلوده معمولاً به وسیله خاکبرداری از محل خود جابه‌جا شده و سپس یا در همان‌جا مورد پالایش قرار می‌گیرد و یا اینکه به نقطه دیگری حمل شده و پالایش درآنجا انجام می‌گیرد. واضع است که در این روشها نگرانیهایی در مورد معرض قرارگرفتن آلاینده‌ها در جریان عملیات جابه‌جایی و حمل و نقل وجود دارد.

پالایش صحرایی

در این تکنیک، خاک آلوده برداشته شده و روی زمین گسترده می‌شود تا اینکه فرایندهای طبیعی از قبیل تجزیه زیستی یا تجزیه‌نوری بتواند آلاینده‌ها را از خاک برطرف نمایند. زمین مورد نظر در این ناحیه از طریق تسطیح به منظور جابه‌جایی سنگها و سایر واریزه‌ها آماده سازی شده و برای کاهش میزان رواناب توسط خاکریزهایی احاطه می‌شود.

به منظور غیرمتحرک کردن فلزهای سنگین و افزایش فعالیت و کارایی میکروب‌ها، pH خاک در ۷ تنظیم می‌شود.

پالایش حرارتی

در پالایش حرارتی، خاک برداشته شده با استفاده از یک کوره حرارتی در معرض حرارت زیادی قرار می‌گیرد. حرارت زیاد

موجب تجزیه آلاینده‌ها می‌شود. مواد فرار آزاد شده نیز جمع‌آوری شده و سپس یا برای سوزاندن از میان یک سوزاننده دیگر عبور داده می‌شود و یا با استفاده از حلالها بازیابی می‌گردد.

در آمیختن در آسفالت

در این روش، خاک آلوده با آسفالت داغ مخلوط شده و از مخلوط حاصل برای روکش کردن جاده‌ها و خیابان‌ها استفاده می‌شود. آسفالت و خاک در ضمن مخلوط شدن حرارت نیز داده می‌شوند که این امر منجر به تصاعد و تجزیه بعضی از آلاینده‌ها شده و مابقی در آسفالت تثبیت می‌گردند.

سخت سازی _ تثبیت

در این تکنیک، یک ماده افزودنی به خاک آلوده برداشته شده اضافه می‌شودو آلاینده‌ها پوشش دار می گردند. سپس مخلوط حاصله دفن می‌شود. بنابراین، گرچه آلاینده‌ها از بین نمی‌روند ولی آزادانه و به تنهایی نیز نمی‌توانند حرکتی داشته باشند. از این روش برای به حداقل رسانیدن آلودگی به آلاینده‌های غیر آلی استفاده شده است.

عصاره‌گیری شیمیایی

در این روش پالایشی، به منظور بر طرف کردن آلاینده‌ها، خاک برداشته شده را با یک حلال یا سورفکتانت و یا مخلوطی از این دو در هم می‌آمیزند. سپس حلال، سورفکتانت و آلاینده‌هایی که آزاد شده‌اند از خاک جدا می‌شوند. در این مرحله بعد، خاک را شستشو داده یا هوادهی می‌کنند تا حلال و سورفکتانت ازآن خارج گردند. سپس آنچه از خاک عبور کرده است رابرای جداسازی ذرات ریز از یک صافی عبور داده و به منظور حذف آلاینده‌ها مورد پردازش قرار می‌دهند. این تکنیک پرهزینه بوده و اغلب مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

خاکبرداری

در این روش، خاک آلوده را برداشته و به محل دیگری (مثلاً یک محل دفن) منتقل می‌کنند . محلهای دفن معمولاً دارای بسترهایی از جنس رس هستند که تحرک آلاینده‌ها را کاهش می‌دهند در غیر این صورت، این محلها باید در نقاطی واقع شده باشند که گذرپذیری خاک کم است. محلهای دفن نواحی وسیعی را به خود اختصاص می‌دهند و اغلب خطراتی را نیز برای انسانها به وجود می‌آورند.

همچنین هزینه‌های خاکبرداری، انتقال و دفن بالا بوده و نیز مشکلاتی در رابطه با مسئولیتهای قانونی، توجه به مسائل ایمنی، تولید بو و احتمال ایجاد رواناب و آلوده شدن آبهای زیرزمینی وجود دارد.

هزینه‌های پاکسازی محیط زیست

در ایالات متحده ۲ درصد از تولید ناخالص ملی (GNP) صرف پاکسازی محیط زیست و کنترل آلودگی می‌شود. این میزان ۵۰ درصد مبلغی است که ما برای پوشاک خود می‌پردازیم و ۳۳ درصد مبلغی است که به نیروهای نظامی پرداخت می‌شود. با نزدیکشدن به سال ۲۰۰۰ میلادی این مبلغ به ۲/۸ درصد از تولید ناخالص ملی افزایش یافت .

فصل دوم

اجزای غیر آلی خاک

خاک مجموعه پیچیده‌ای از جامدات، مایعات و گازها می‌باشد.

اجزای غیر آلی خاک بیش از ۹۰ درصد جامدات خاک را تشکیل می‌دهند. بسیاری از واکنشهای تعادلی و سینتکی و فرآیندهای خاک عمیقاً تحت تاثیر ویژگیهای این اجزاء از قبیل اندازه، مساحت سطح و وضعیت بار می‌باشند.

اجزای غیرآلی خاک شامل کانیهای اولیه و ثانویه می‌باشند که اندازه آنها (قطر ذرات) از کلوئیدهای به اندازه رس (کوچکتر از ۲ میکرومتر یا ۰/۰۰۲ میلی متر) تا سنگریزه (بزرگتر از ۲ میلی متر) و سنگ تغییر می‌کند.

کانی را می توان به عنوان یک ترکیب غیرآلی طبیعی با ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بلوری معین تعریف کرد. کانی اولیه کانی است که از زمان رسوب‌گذاری یا تبلور از مواد مذاب دچار تغییرات شیمیایی نشده است.

کوارتز و فلدسپار نمونه‌هایی از کانیهای اولیه متداول خاک می‌باشند. سایر کانیهای اولیه‌ای که در مقادیر کمتر در خاک یافت می‌شوند شامل پیروکس‌ها، میکاها، آمفیبول‌ها و الیوین‌ها هستند. کانیهای اولیه عمدتاً در بخشهای شن (با قطر ذرات ۰/۰۵ تا ۰/۰۰۲ میلی‌متر) خاک وجود دارند، ولی ممکن است در بخش رسی که اندکی دچار هوادیگی شده است نیز یافت شوند.

کانیهای آلومینوسیلیکاتی نظیر کائولینیت و مونتوریلونیت، اکسیدها نظیر گیبسیت، گوتیت و بیرنزیت مواد بی‌شکل نظیر ایموگولیت و آلوفان و کانیهای گوگردی و کربناتی، کانیهای ثانویه متداول خاک می‌باشند. کانیهای ثانویه اصولاً در بخش رس خاک یافت می‌شوند ولی می‌توانند در بخش سیلت نیز وجود داشته باشند.

قواعد پاولینگ

اکثر ساختمانهای معدنی در خاک دارای پیوندهای یونی بوده و ساختار آنها را می‌توان بر اساس قواعد پاولینگ پیش‌بینی کرد. پیوند یونی زمانی تشکیل می‌شود که یک یون برای تشکیل پیوند با یون دیگری در ساختار معدنی که دارای بار مخالف است، بر هم کنش نماید. پیوند کووالانسی پیوندی است که در نتیجه به اشتراک گذاشتن الکترون‌ها به وجود می‌آید.

اغلب پیوندهای شیمیایی دارای ترکیبی از خصلتهای یونی و کووالانسی می‌باشند. برای مثال، پیوند Si -O به یک اندازه یونی و کووالانسی است. پیوند $Al-O$ تقریباً ۴۰ درصد کووالانسی و ۶۰ درصد یونی می‌باشد .

قواعد پاولینگ با مختصر توضیحی راجع به مفهوم آنها در ارتباط با ساختمانهای معدنی خاک در زیر بیان می‌شود:

قاعده اول: در یک چند وجهی هم‌آرایی شده از آنیون‌ها که در اطراف هر کاتیون تشکیل می‌شود، فاصله کاتیون – آنیون به وسیله مجموع شعاعی (حاصل جمع شعاع کاتیون و آنیون) و عدد هم‌آرایی کاتیون به وسیله نسبت شعاعی تعیین می‌گردد.

شعاع یونی (IR) کاتیون‌ها و آنیون‌هایی که به طور معمول در کانیهای خاک یافت می‌شوند به همراه عدد هم‌آرایی و نسبت شعاعی کاتیون‌های متداول (با در نظر گرفتن اینکه اکسیژن آنیون غالب است)

شعاع یونی همچنین برای یونهای با بار مثبتی که دارای ساختار الکترونی یکسانی هستند با افزایش ظرفیت افزایش پیدا می‌کند . شعاع یونی برای عناصری نظیر Mn که در حالتهای ظرفیتی متعدد وجود دارند با افزایش ظرفیت مثبت کاهش می‌یابد.

کانی‌های اولیه خاک

فلدسپارها در زمره مهمترین و متداولترین کانیهای اولیه خاک هستند این کانیها در بخشهای شن و سیلت خاک به فراوانی وجود داشته و در بخش رس نیز می‌توان آنها را یافت. فلدسپارها به ترتیب ۵۹/۵، ۳۰ و ۱۱/۵ درصد وزن سنگهای آذرین شیل و ماسه سنگ را تشکیل می‌دهند.

سنگهای دگرگونی نیز حاوی فلدسپارها هستند. فلدسپارهای پتاسیم دار منبع مهم پتاسیم خاک بوده و اغلب در برگیرنده بخش عمده‌ای از شکل ساختمانی پتاسیم خاک می‌باشند.

فلدسپارها، آلومینوسیلیکات‌های سه بعدی بدون آبی هستند که از اتصال چهار وجهی‌های sio_4 و AlO_4 به وجود آمده و دارای حفره‌هایی می‌باشند که می‌توانند کاتیون‌های Ca^{2+}، Na^{+}، K^{+} یا Ba^{2+} را برای برقراری خنثی بودن بار الکتریکی نگهداری کنند . فلدسپارها را می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد: فلدسپارهای قلیایی و پلاژیوکلیزها که در ترکیب شیمیایی آنها به ترتیب از $KAlSi_3O_8$ تا $NaAlSi_3O_8$ و از $NaAlSi_3O_8$ تا $CaAl_2Si_2O_8$ تغییر می کند.

الیوین‌ها، پیروکسن‌ها و آمفیبول‌ها کانیهای فرعی خاک بوده و در بخشهای با وزن مخصوص زیاد یافت می‌شوند . پیروکسن‌ها و آمفیبول‌ها کانیهای آهن و منیزم دار با زنجیره‌های به ترتیب منفرد و مضاعف از چهاروجهی‌های سیلیس متصل به هم می‌باشند.این کانیها ۱۶/۸ درصد وزن سنگهای آذرین را تشکیل می‌دهند . الیوین‌ها نزوسیلیکات‌های سبز رنگی هستند که در آنها Mg^{2+} و Fe^{2+}در یک هم‌آرایی هشت وجهی با اتمهای اکسیژن شرکت کرده‌اند. این کانیها که در سنگهای آذرین متدوال می‌باشند، منبع عناصر غذایی کم مصرف خاک بوده و معمولاًدر مقایسه با پیروکسن ها و آمفیبول در مقادیر کمتری یافت می‌شوند.

کانیهای ثانویه خاک

فیلوسیلیکات‌ها

رس یک واژه کلی برای مواد غیر آلی است که اندازه آنها کوچکتر از ۲ میکرومتر می باشد. در حالی که منظور از کانی رس کانی خاصی است که اصولاً در بخش رس خاک وجود دارد . به همین دلیل کانیهای رس ثانویه (فیلوسیلیکات‌ها) تاثیر شگرفی بر تعداد زیادی از واکنشهای شیمیایی و فرآیندهای خاک دارند.

کانیهای رس مجموعه‌هایی از مجموعه هایی از ورقه‌های تتراهدرال و اکتاهدرال می‌باشند.

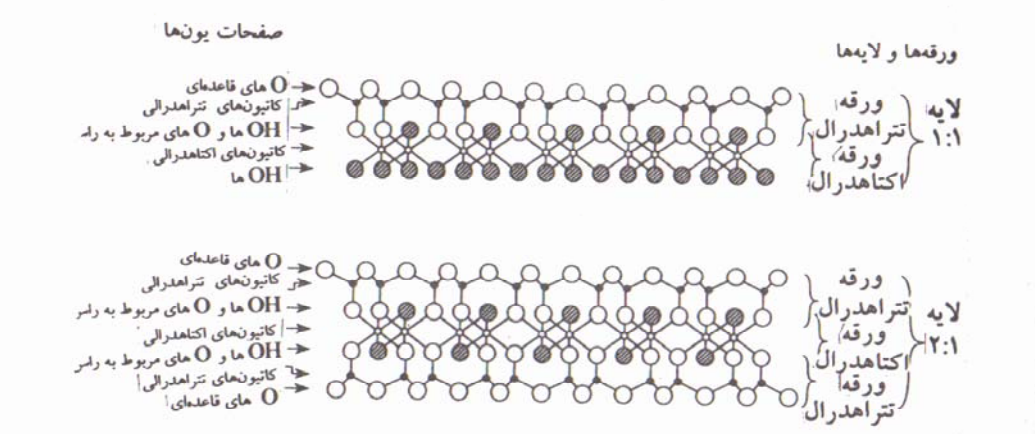
ورقه چهار وجهی‌های سیلیس با چند ویژگی مشخص می‌شود.طول پیوند Si-O حدود ۰/۱۶۲ نانومتر و طول پیوند O-O حدود ۰/۲۶۴ نانومتر است. آرایش چهاروجهی‌ها در کنار یکدیگر در یک صفحه قرار دارد. همچنین اتصال چهاروجهی‌ها به یکدیگر به صورت نقطه نقطه می‌باشد. در ورقه هشت‌وجهی‌های Al از طریق لبه‌ها صورت می‌گیرد.

هرگاه یک ورقه تتراهدرال به یک ورقه اکتاهدرال بپیوندد، یک کانی رس ۱:۱ به وجود می‌آید . بنابراین فرمول شیمیایی سلول کامل برای رس ۱:۱ آرمانی به صورت $Si_4^{IV}Al_4^{VI}O_{10}.(OH)_8$ می‌باشد که درآن بالانویسها نشانگر

هم‌آرایی‌های چهار تایی و شش تایی، به ترتیب در ورقه‌های تتراهدرال و اکتاهدرال هستند. هرگاه یک ورقه اکتاهدرال در بین دو ورقه تتراهدرال قرار گیرد، یک کانی رس ۲:۱ به صورت $Si_8^{IV}Al_4^{VI}O_{20}(OH)_4$ است.

پیروفیلیت نمونه‌ای از این کانیها می باشد. کاتیون‌های موجود در بین ورقه‌ها(یعنی در فضای بین لایه‌ای) یا باهیدروکسیل‌ها در یک هم‌آرایی هشت‌وجهی شرکت دارند(مثل کلریت‌ها) و یا به صورت کاتیون‌های منفرد آبپوشیده و غیر آبپوشیده هستند(مثل میکاها، ورمیکولیت‌ها و اسمکتیت‌ها)

جانشینی همشکل که در موقع تشکیل کانیها اتفاق می‌افتد عبارت است از جایگزینی یک اتم توسط هم‌اندازه دیگر در شبکه بلوری، بدون ایجاد گسیختگی در ساختار بلوری کانی . لذا، اندازه شعاع کاتیونی تعیین کننده آن است که کدام کاتیون‌ها می‌توانند در ورقه‌های سیلیس و اکتاهدرال جایگزین شوند. در ورقه تتراهدرال معمولاً Al^{3+} جایگزین Si^{4+} می‌شود، ولی برای P نیز امکان جانشینی وجود دارد. در ورقه اکتاهدرال Fe^{2+}، Fe^{3+}، Mg^{2+}، Ni^{2+}، Zn^{2+} یا Cu^{2+} می‌توانند جانشین Al^{3+} شوند. بنابراین، یک کاتیون با عدد هم‌آرایی ۶ جانشین Al^{3+} در ورقه اکتاهدرال گردد. نتیجه چنین جانشینی‌های همشکلی، ایجاد خالص بار منفی به وسیله ۶ اکسیژن یا هیدروکسیل متعلق به هشت‌وجهی‌ها و ۴ اکسیژن متعلق به چهاروجهی‌ها می‌باشد.



مثال: فرض کنید که یک Al^{3+} جانشین یک Si^{4+} در ورقه تتراهدرال یک رس ۱:۱ آرمانی، $Si_4^{IV}O_{10}^{VI}(OH)_8$ شود پس از انجام این جایگزینی، اکنون رس مورد نظر دارای فرمول $(Si_3Al_1)^{IV}Al_4^{VI}O_{10}(OH)_8$ خواهد بود.

ملاحظه می‌شود که بار منفی کل ۲۸- و بار مثبت کل ۲۷+ می‌باشد. بنابراین خالص بار این رس ۱- است که بار حضور کاتیون‌ها در نزدیکترین سطح خارجی آن خنثی می‌شود.

رسها را می‌توان بر مبنای تعداد مواضع کاتیونی اشغال شده در ورقه اکتاهدرال به دی‌اکتاهدرال و تری‌اکتاهدرال تقسیم کرد.

چنانچه دو موضع از سه موضع یاد شده اشغال شده باشد، رس مورد نظر دی‌اکتاهدرال است ولی اگر هر سه موضع اشغال شده باشد، رس مورد نظر تری اکتاهدرال می‌باشد.برای مثال چنانچه در ورقه اکتاهدرال Al^{3+} حضور داشته باشد، تنها دو سوم مواضع کاتیونی اشغال می‌شود (دی اکتاهدرال)، زیرا برای خنثی کردن بار هر ۶ آنیون OH تنها دو Al^{3+} لازم است. بنابراین، فرمول این ورقه به صورت $Al_2(OH)_6$ خواهد بود.

هرگاه Mg^{2+} در ورقه اکتاهدرال حضور داشته باشد، هر سه موضع کاتیونی اشغال می‌شود، زیرا Mg دو ظرفیتی بوده و سه اتم Mg^{2+} برای خنثی کردن ۶ یون OH^- لازم است (تری اکتاهدرال) . بنابراین، فرمول این ورقه به صورت

$Mg_3(OH)_6$ خواهد بود.

کانیهای تری‌اکتاهدرال که اغلب حاوی Mg^{2+} هستند، در مناطقی با اقلیم خشک یافت می‌شوند، در حالی که رسهای دی‌اکتاهدرال که معمولاً در ورقه اکتاهدرال خود دارای Al^{3+} می‌باشند، در اقلیمهای مرطوب یافت نمی‌شود. لذا خاکهای شرق رودخانه میسی‌سیپی در ایالات متحده عمدتاً دارای کانیهای دی‌اکتاهدرال هستند، در حالی که در بخش رس خاکهای غرب این رودخانه کانیهای تری اکتاهدرال غالب می‌باشند.

رسهای ۱:۱ (گروه کائولین – سرپنتین) : این گروه را می‌توان به دو گروه کائولین‌های دی‌اکتاهدرال و سرپنتین‌های تری‌اکتاهدرال تقسیم کرد. کائولینیت فراوانترین کائولین‌های دی‌اکتاهدرال است. با نگاهی به ساختمان کائولینیت می‌توان ملاحظه کرد که ساختار بنیادی این کانی را در یک ورقه تتراهدرال سیلیس پیوند شده به یک ورقه اکتاهدرال آلومنیوم تشکیل می‌دهد. لایه‌های کائولیت به وسیله پیوند هیدروژنی روی هم قرار گرفته‌اند (پیوند هیدروژنی پیوندی است الکترواستاتیک بین یون با بار مثبت H^+ و یک یون با بار منفی O^{2-}) بنابراین برخلاف کانیهای رس ۲:۱ هیچ‌گونه فضای بین لایه‌ای وجود ندارد فرمول شیمیایی سلول کامل آرمانی برای کائولینیت به صورت $Si_4^{IV}Al_4^{VI}O_{10}.(OH)_8$ است و اگر به فرض جانشینی همشکلی نیز در کائولینیت وجود داشته باشد، مقدار آن کم است.

رسهای ۲:۱ (گروه پیروفیلیت – تالک) : فرمول شیمیایی سلول کامل آرمانی برای رسهای نوع ۲:۱ دی اکتاهدرال به صورت $Si_8^{IV}Al_4^{VI}O_{20}.(OH)_8$ (پیروفیلیت) می‌باشد. پیروفیلیت (یک رس دی اکتاهدرال) و تالک (یک رس تری اکتاهدرال) دو رس نماینده گروه پیروفیلیت – تالک هستند . به علت عدم وجود جانشینی همشکل قابل تشخیص،بار لایه‌ای به ازای واحد فرمولی نیم سلول (واحد فرمولی سلول کامل تقسیم بر ۲) برای این رسها برابر صفر است (x=۰).

به علاوه در پیوفیلیت و تالک هیچ‌گونه فضای بین لایه‌ای وجود ندارد. با وجود این گرچه حتی در صورت وجود بار منفی دایمی در پیروفیلیت مقدار آن کم است ولی مواضع واقعدر لبه‌ها که در معرض هستند می‌توانند تاثیر قابل توجهی بر نگهداری فلزها و ویژگیهای فیزیکی متعددی از این رس داشته باشند

رسهای ۲:۱(گروه اسمکتیت – ساپونیت) : مشخصه کانیهای رس گروه اسمکتیت – ساپونیت بار لایه‌ای ۰/۲ تا۰/۶ به ازای واحد فرمولی نیم سلول آنها می‌باشد . این گروه شامل زیر گروههای اسمکتیت‌های دی‌اکتاهدرال و ساپونیت‌های تری‌اکتاهدرال است. مومنتموریلونیت، بیدلیت و نانترونیت نماینده اسمکتیت‌های دی‌اکتاهدرال می‌باشند. فرمول شیمیایی نیم سلول آرمانی برای مونتویلونیت به صورت $M_{0.33}H_2OAl_{1/67}(Fe^{2+},Mg^{2+})_{0.33}Si_4O_{10}.(OH)_2$ است که در آن M کاتیون فلزی موجود در فضای بین لایه‌ای مابین ورقه‌هاست. Si^{4+} کاتیون ورقه تتراهدرال و Al^{3+}، Fe^{2+} و Mg^{2+} کاتیون ورقه‌ای اکتاهدرال می‌باشند. با محاسبه می‌توان نشان داد که بار منفی ورقه تتراهدرال صفر بوده و بار منفی ورقه اکتاهدرال ۰/۳۳- است. بنابراین، خالص بار منفی باربر ۰/۳۳- بوده و به وسیله کاتیون‌های تبادلی به صورت $M_{0.33}$ نشان داده شده‌اند، خنثی می‌شود. دیگر مشخصه مونتمویلورنیت، حضور مولک.ل‌های آب در فضای بین‌لایه‌ای آن است. این موضوع سبب بروز حالت انبساط و انقباض در رس مونتموریلونیت می‌گردد.

رسهای۲:۱(گروه ورمیکولیت): ورمیکولیت‌های دی‌اکتاهدرال و تری اکتاهدرال دارای بار لایه‌ای ۰/۶ تا ۰/۹ به ازای واحد فرمولی نیم سلولی می‌باشند. مشخصه ورمیکولیت دی‌اکتاهدرال آن است که جانشینی در آن در هر دو ورقه تتراهدرال صرفاً در ورقه تتراهدرال صورت گرفته و هر سه موضع کاتیونی در ورقه اکتاهدرال نیز توسط Mg اشغال می‌شود .

ورمیکولیت‌ها با آنکه همانند میکاها دارای ساختار صفحه‌ای هستند ولی بر خلاف آنها حاوی آب بین لایه‌ای نیز می‌باشند. ورمیکولیت‌ها اصولاً از هوادیدگی میکاها، به ویژه فلوگوپیت‌ها و بیوتیت‌ها تشکیل می‌شوند و K^+ بین لایه‌ای به وسیله سایر کاتیون‌ها جایگزین می‌گردد. با این حال، ورمیکولیت‌ها در مقایسه با میکاها دارای بار لایه‌ای کمتری بوده و

Fe^{2+} موجود در ورقه اکتاهدرال نیز به Fe^{3+} اکسایش یافته است.

رسهای۲:۱(گروه ایلیت) : ایلیت دارای بار لایه‌ای تقریباً ۰/۸ به ازای واحد فرمولی نیم سلولی است که این مقدار در حد واسط بین اسمکتیت و میکا قرار می‌گیرد. ایلیت در مقایسه با مسکوویت دارای Si^{4+}، Mg^{2+} و H_2O بیشتر و Al^{3+} اکتاهدرالی و K^+ کمتر می‌باشد.در ایلیت با آنکه K^+ یون بین لایه‌ای غالب است ولی به همراه آن یون‌های دو ظرفیتی از قبیل Ca^{2+}، Mg^{2+} و NH_4^+ نیز می‌تواند وجود داشته باشند.

رسهای ۲:۱ (میکاها): میکاها دارای بار لایه‌ای تقریباً ۱ به ازای واحد فرمولی نیم سلول بوده و در انواع دی اکتاهدرال (مسکوویت و پاراگونیت) و تری اکتاهدرال،بیوتیت، فلوگوپیت و لیپدولیت) موجود می‌باشند. به استثنای پاراگونیت که یک میکای حاوی Na است، سایر میکاها برای خنثی کردن بار منفی ناشی از جانشینی همشکل دارای K^+ در مواضع بین لایه‌ای خود می‌باشند.بنابراین،میکاها کانیهای عمده در بردارنده پتاسیم خاک بوده و با هوادیدگی آنها پتاسیمی که غیر قابل تبادل است برای جذب گیاهی آزاد می‌گردد. میکاها بر اثر هوادیدگی به کانیهای رس ۲:۱ تا اندازه‌ای قابل انبساط نظیر ایلیت و ورمیکولیت تبدیل می‌شوند. با آزاد شدن K^+ بر اثر هوادیدگی لایه‌ای و لبه‌ای، لبه‌های فرسوده و مناطق گوه‌ای شکلی ایجاد می‌شود که نقش چشمگیری را در انتخابگری و تثبیت پتاسیم به عهده دارند.

رسهای ۲:۱:۱(گروه کلریت): اغلب از کلریت‌ها به عنوان رسهای ۲:۱:۱ یاد می‌شود، زیرا آنها رسهای ۲:۱ با یک ورقه هیدروکسید بین‌لایه‌ای شبه گیبسیت $[Al(OH)_x]$ یا شبه بروسیت $[Mg(OH)_x]^{\delta}$ (x کوچکتر از ۳) می‌باشند. این ورقه دارای هم‌آرایی هشت‌وجهی بوده و به طور پیوسته در سراسر فضای بین لایه‌ای قرار گرفته است.ورقه هیدروکسید بین لایه‌ای دارای بار مثبت است، زیرا به ازای هر Al^{3+} کمتر از سه OH وجود دارداین ورقه بین لایه‌ای به طور الکترواستاتیکی به قسمت ۲:۱ رس پیوند می‌شود، ورقه تتراهدرال نیز از طریق پیوند هیدروژنی با ورقه هیدروکسید بین لایه‌ای پیوند برقرار می‌کند.

در کلریت‌ها هر دو ورقه اکتاهدرال، یعنی ورقه اکتاهدرال متعلق به لایه ۲:۱ و ورقه اکتاهدرال هیدروکسید بین لایه‌ای، می‌تواند تری اکتاهدرال باشند که در این صورت به آنها کلریت‌های تری – تری‌اکتاهدرال گفته می‌شود. کلریت‌هایی که لایه ۲:۱ آنها دی‌اکتاهدرال بوده و در ورقه هیدروکسید بین لایه‌ای تری‌اکتاهدرال هستند، دی- تری‌اکتاهدرال نامیده می‌شوند.

رسها ۲:۱ (کانیهای رس حدواسط): این کانیهای رس حدواسط اسمکتیت‌ها و ورمیکولیت‌ها هستند. فضای بین لایه‌ای این کانیها را کاتیون‌های تبادلی و جزایر شبه گیبسیت و شبه بروسیت که بر خلاف کلریت‌ها پیوسته نیستند، تشکیل می‌دهد.لذا رمبشی که بر اثر حرارت دادن در فضای بین لایه‌ای این کانیها به وجود می‌آید به همان هیدروکسید بین لایه‌ای آنها کامل است با سهولت بیشتری صورت می‌گیرد. یک کانی رس حدواسط که بسیاری از خاکهای جنوب شرقی و آتلانتیک میانه ایالات متحده به فراوانی یافت می‌شود، ورمیکولیتی است که در فضای بین لایه‌ای آن جزایر هیدروکسید قرار گرفته است(HIV) مشخصه آن وجود هیدروکسی- آلومینیوم غیر تبادلی در چنین خاکهای اسیدی است. مواد بین لایه‌ای در خاکهای قلیایی هیدروکسی- منیزیم می‌باشد.

کانیهای رس حاوی لایه‌های متداخل

در لایه‌های ۲:۱ و ۱:۱ رسها پیوندهای داخلی مستحکمی وجود دارد، ولی از آنجایی که پیوند بین لایه‌ها ضعیف است، این لایه‌ها می‌تواند روی یکدیگر قرار گرفته و رسهای حاوی لایه‌های متداخل را به وجود آورند.

نمونه‌هایی از اینها شامل تداخل لایه‌ای اسمکتیت با واحدهایی از نوع تالک و تداخل لایه‌ای اسمکتیت با واحدهای میکا مانند ۱:۱ میکا – اسمکتیت دی اکتاهدرال یا هکتوریت می‌باشد.

نمونه‌ای دیگر، تداخل لایه‌ای اسمکتیت یا ورمیکولیت با کلریت است.

آلوفان و ایموگولیت

آلوفان‌ها از مواد خاکستر آتشفشانی تشکیل شده و اجزای اصلی خاکهای با منشاء آتشفشانی می‌باشند.آنها همچنین ممکن است در بخش رس بسیاری از خاکهای که منشاء آشتفشانی ندارند نیز یافت شوند. خاکهای آتشفشانی حاوی آلوفان معمولاً دارای مقدار قابل ملاحظه‌ای موادآلی و جرم مخصوص ظاهری کم می‌باشند. نسبت SiO_2 / Al_2O_3 رد آلوفان‌ها از ۰/۸۴ تا نزیدک به ۲ که نسبت مشخصه برای کائولینیت است، تغییر می‌کند. در آلوفان‌ها آلومینوم می‌تواند در هر دو آرایی چهاروجهی و هشت وجهی وجود داشته باشند. در ایموگولیت نسبت SiO_2 / Al_2O_3 تقریباً ثابت بوده و برابر ۱ است. Al نیز صرفاً در هم آرایی هشت‌وجهی قرار دارد.با آنکه بار ناشی از جانشینی همشکل در ایموگولیت کم است، ولی کانی می‌تواند همانند هالوی‌سیت مقادیر قابل توجهی از کاتیون‌های یک ظرفیتی را جذب سطحی نماید.

کانیهای رس فیبری شکل

پالیگورسیت (که قبلاً آتاپولجیت نامیده می‌شد) و سپیولیت کانیهای فیبری شکلی هستند که فاقد ورقه‌های اکتاهدرال پیوسته می‌باشند. این کانیها نوارهایی از سیلیکات‌های ورقه‌ای ۲:۱ را دارا هستند. یک نوار با وارونه شدن چهار وجهی‌های SiO_4 در امتداد مجموعه از پیوندهای Si-O-Si به نوار مجاور متصل می‌شود.

اکسیدها، هیدروکسیدها و اکسی هیدروکسیدها

اکسیدهای آلومینیوم، آهن و منگنز نقش فوق‌العاده مهمی را در شیمی خاک به عهده دارند. با آنکه ممکن است مقدار این کانیها در خاک زیاد نباشد، ولی به لحاظ سطح ویژه و واکنش‌پذیری زیاد، تاثیر قابل ملاحظه‌ای رابر بسیاری از فرایندهای شیمیایی خاک جا می‌گذارند.

اکسیدهای آلومینیم

تعدادی از اسیدها، اکسی هیدروکسیدها و هیدروکسیدهای متبلور Al در محیط‌های طبیعی یافت می‌شوند. فراوانی اکسی‌هیدروکسیدها کمتر از هیدروکسیدها می‌باشد. از اکسیدهای Al فقط دو اکسید به طور طبیعی در خاک تشکیل می‌شود که عبارت‌اند از: گیبسیت [$Al(OH)_3$، یک هیدروکسید Al)] و بوهمیت [$\gamma - AlOOH$، یک اکسی هیدروکسید Al)]. دیاسپور ($\alpha - AlOOH$)و کراندم [$\alpha - Al_2O_3$، یک اسید Al بی‌آب]نیز می‌توانند در خاک وجود داشته باشند، ولی فراوانی آنها خیلی کمتر است. اکسیدهای Al بی‌آب ممکن است در برخی سنگهای آذرین و دگرگونی نیز یافت شوند.

گیبسیت فراوانترین اکسید Al است . این کانی بیشتر در خاکهای به شدت هوادیده مانند اکسی سول‌های مناطق حاره و اولتی سول‌ها یافت می‌شود. در این کانی دو صفحه از یون‌های OH^- تنگچین وجود داردکه یون‌های Al^{3+} در بین آنها قرار می‌گیرند.یون‌های Al^{3+} دو موضع از سه موضه اکتاهدارالی را اشغال کرده (دی اکتاهدرال) و در حلقه‌هایی شش گوشه‌ای جای می‌گیرند. در قسمت داخلی گیبسیت هر Al^{3+} شش OH^- خود را با سه یون Al^{3+} مجاور به اشتراک می‌گذارد و هر یون OH^- بین دو Al^{3+} به صورت پل قرار می‌گیرد .

در لبه گیبسیت هر Al^{3+} فقط چهار OH^- و یک H_2O که هیچ یک در بین یون‌های Al^{3+} به صورت پل قرار نگرفته‌اند، اشتغال می‌شود. برای برقراری پیوند هیدروژنی، یون‌های OH^- یک واحد خاص درست در بالای یون‌های OH^-

واحد دیگر قرار می‌گیرند.

اکسیدهای منگنز

اکسیدهای منگنز در خاک کاملاً فراوان هستند.آنها تامین کننده یکی از عناصر غذایی ضروری برای گیاهان یعنی Mn می‌باشند. این اکسیدها می‌توانند فلزهای سنگین را جذب سطحی نموده و نیز در مقابل فلزهای خاصی نظیر As^{3+} و Cr^{3+}به عنوان یک اکسنده طبیعی عمل نمایند. اکسیدهای منگنز به صورت پوشش بر روی ذرات خاک در شکافها و رگه‌ها و به صورت گره‌هایی به قطر ۲ سانتی‌متر در خاکها وجود دارند. بیشتر اکسیدهای Mn بی‌شکل هستند. پیرولوسیت پایدارترین شکل اسیدMn است لیکن این کانی در خاک نادر می‌باشد . بیرنزیت فراوانترین اکسیرMn خاک است.

کانی‌های کربناتی و سولفاتی

کربنات‌های عمده‌ای که در خاکها یافت می‌شوند عبارتند از : کلیست $(CaCO_3)$ منگنزیت $[MgCO_3$که بسیار نادر بوده و به $Mg(OH)_2$ تغییر شکل می‌دهد] دولومیت $\left[CaMg(CO_3)_2\right]$، آنکریت $\left[(Ca,Fe,Mg)_2(CO_3)_2\right]$ سیدریت $(FeCO_3)$ و رودوکروسیت $(MnCO_3)$. کانی سولفاتی عمده خاک، گچ $(CaSO_4 2H_2O)$می‌باشد. کانیهای کربناتی و سولفاتی در مقایسه با کانیهای سیلیکاتی خاک خیلی محلولتر بوده و بیشترین فراوانی را در مناطق خشک و نیمه خشک دارند.

سطح ویژه کانیهای خاک

یک ویژگی فیزیک مهم کانیهای ثانویه خاک مساحت سطح زیاد آنهاست . مساحت سطح کل یک کانی ثانویه به هر دو مساحت سطح‌های داخلی و خارجی بستگی دارد.

سطح ویژه برخی از کانیهای خاک

کانی	سطح ویژه $\left(m^2g^{-1}\right)$
کائولینیت	۷-۳۰
هالوی سیت	۱۰-۴۵
پیروفیلیت	۶۵-۸۰
تالک	۶۵-۸۰
مونتموریلونیت	۶۰۰-۸۰۰
ورمیکولیت دی‌اکتاهدرال	۵۰-۸۰۰
ورمیکولیت تری‌اکتاهدرال	۶۰۰-۸۰۰
مسکوویت	۶۰-۱۰۰
بیوتیت	۴۰-۱۰۰
کلریت	۲۵-۱۵۰
آلوفان	۱۰۰-۸۰۰

اندازه‌گیری مساحت سطح خارجی

اندازه‌گیری مساحت سطح خارجی به طور معمول از طریق اندازه‌گیری جذب سطحی گاز N_2 (جذب سطحی شونده) در دماهای نزدیک به نقطه جوش نیتروژن مایع (۷۷ درجه کلوین) انجام می‌گیرد. مبنای اندازه‌گیری مساحت سطح، نظریه برونوئر، امت و تلر می‌باشد. شکل خطی و معمولی معادله BET به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\frac{p}{V(p_0-p)}=\left(\frac{1}{V_m c}\right)+\left[\left(\frac{(c-1)}{V_m c}\right)\left(\frac{p}{p_0}\right)\right]$$

که در آن p فشار(Pa) گاز در حال تعادل با جامد، P_0 فشار (Pa) گاز لازم برای اشباع در دمای آزمایش، V حجم $\left(m^3\right)$ گاز جذب سطحی شده در فشار P، V_m حجم $\left(m^3\right)$گاز لازم برای ایجاد یک پوشش تک لایه‌ای کامل بر سطح جذب سطحی کننده و $c=\exp[E_1-E_2]/RT$ که در آن E_2 گرمای مایع پوشی گاز و E_1 گرمای جذب سطحی مربوط به اولین لایه جذب سطحی شونده می باشند، R ثابت گازها و T دمای مطلق است.

چنانچه $P/V(P_0-P)$ را در مقابل P/P_0 ترسیم کنیم،نتیجه باید یک خط باشد. شیب این خط $(C-1)V_m c$و عرض از مبدا آن $1/V_m$ خواهد بود.با تعیین V_m می‌توان سطح ویژه را طبق معادله زیر محاسبه کرد.

$$E = N_a \sigma V_m / V_0$$

که در آن E سطح ویژه $\left(m^2 g^{-1}\right)$ جذب سطحی کننده، N_a عدد آووگادرو (۶/۰۲×۱۰^{۲۳} مولکول بر مول)، σ سطح مقطع $\left(m^2\right)$ جذب سطحی شونده و V_0 حجم مولی $\left(m^2\right)$ است.

اندازه‌گیری مساحت کلی سطح

اتلین گلیکول منو اتیل اتر (EGME) ماده رایجی است که برای اندازه‌گیری مساحت سطح کل یک کانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ابتدا مقدار زیادی (EGME)به جذب سطحی کننده‌ای که در دسیکاتور خلاء حاوی خشک کننده P_2O_5 است، اضافه می‌شود. سپس با استفاده از دسیکاتور خلاء حاوی $CaCl_2$، تمام EGMEاز سطح کانیها برداشته شده و فقط یک لایه از آن باقی می‌ماند. با ترسیم کردن وزن EGME در چه زمانی ثابت می‌شود. در این هنگام فرض بر این است که یک پوشش تک لایه‌ای وجود آمده است. برای محاسبه سطح ویژه می‌توان از معادله زیر استفاده کرد.

$$A = W_g / (w_s)(۰.۰۰۰۲۸۶)$$

که در آن A سطح ویژه $\left(m^2 g^{-1}\right)$, W_g وزن (g) EGMEنگهداری شده توسط نمونه بعد از برقراری تعادل تک لایه‌ای، W_s وزن (g) P_2O_5 (خشک کننده) که نمونه را خشک کرده است، می‌باشد. ۲/۸۹×۱۰$^{-۴}$ EGME برای تشکیل یک لایه بر یک متر مربع از سطح لازم است. برای به دست آوردن مساحت سطح داخلی (S_I) داریم:

$$S_T = S_E + S_I$$

یا

$$S_I = S_T - S_E$$

که در آن S_T مساحت سطح کل $\left(m^2g^{-1}\right)$، S_E مساحت سطح خارجی $\left(m^2g^{-1}\right)$ و S_I مساحت داخلی $\left(m^2g^{-1}\right)$ است.

با سطحی کانیهای خاک

انواع بار

کانیهای خاک می‌توانند دو نوع بار دایم یا ثابت و متغیر یا وابسته به PH را دارا باشند . از این به بعد بارها را تحت عنوان بارهای ثابت و متغیر خواهیم شناخت. در بیشتر خاکها تلفیقی از بارهای ثابت و متغیر وجود دارد. بار ثابت با متغیر PH خاک تغیر نکرده و از جانشینی همشکل ناشی می‌شود. بنابراین، این بخش از بار در موقع تشکیل کانی به وجود می‌آید و اسمکتیت، ورمیکولیت، میکا و کلریت نمونه‌هایی از اجزای غیر آلی خاک هستند که دارای بار ثابت می‌باشند. واژه بار ثابت به اسکوفیلد نسبت داده می‌شود. او دریافت که ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)یک خاک سطحی رسی در ایستگاه تحقیقاتی روتامستد در انگلستان بین مقادیر PH ۲/۵ و ۵ نسبتاً ثابت بوده ولی PH پایینتر از ۶ تغییر نمی‌کند ولی با افزایش PH از ۶ به ۹ افزایش می‌یابد.

اسکوفیلد منشاء بار ثابت را جانشینی همشکل و منشاء بار متغیر را یونش H^+ از گروه‌های SiOH واقع در سطوح رسی دانست . چنانچه رسها نسبتاً خالص باشند، نتیجه‌گیری او درباره بار ثابت هنوز متغیر است. با این وجود، اکنون می‌دانیم که در بیشتر خاکها سهم گروههای SiOH در ایجاد بار منفی قابل ملاحظه نمی‌باشد، زیار pH_a اسید سیلیسیک بقدری بزرگ است(تقریباً ۹/۵) که یونش گروهSiOH صرفاً pH خیلی قلیایی اتفاق می‌افتد.

بخش متغیر بار خاک به لحاظ پروتون‌گیری و پروتون‌دهی گروههای عاملی واقع بر سطوح کانیهای از خاک نظیر کائولینیت، مواد بی‌شکل، اکسیدهای فلزی، اکسی هیدرکسیدها و سیلیکات‌ها لایه‌ای که سطوح آنها به وسیله اکسیدهای فلزی و موادآلی پوشیده شده است، با تغییر PH تغییر می‌کند.

ظرفیت تبادل کاتیونی کانیهای ثانویه خاک

با رمنفی کانیهایی که منشاء بار ثابت آنها جانشینی همشکل است و نیز بار منفی کانیهای که منشاء بار متغیر آنها پروتون دهی گروههای عاملی می‌باشد به وسیله با رمثبت کاتیون‌های تبادلی خنثی می‌گردد.

در این جا بحث مختصری راجع به CEC برخی از کانی‌های ثانویه مهم خاک خواهیم کرد.

بخش عمده‌ای از CEC خاک مربوط به کانیهای رس ثانویه است . بخش دیگر مربوط به موادآلی خاک می‌باشد. CEC کانیهای ثانویه اهمیت بسیار زیادی در نگهداری گونه‌های شیمیایی غیر آلی و آلی دارد.

CEC اندازه‌گیری شده برای کائولینیت بسته به میزان ناخالصی‌های این رس و pH ی که در آن اندازه‌گیری CEC صورت می‌گیرد، متغیر می‌باشد. در صورت کم بودن میزان ناخالصیها، CEC کائولینیت باید خیلی کم باشد(کمتر از ۲ سانتی مول بر کیلوگرم)،زیرا بیشتر دانشمندان متعقدند که میزان جانشینی همشکل در کائولینیت ناچیز است. در کائولینیت ۰/۱ تا۱۰ درصد ناخالصی ناشی از حضور لایه‌های اسمکتیتی، میکایی و ورمیکولیتی می‌باشد .

به علاوه آناتاز، روتیل،فلدسپارها،کوارتز و اکسیدهای آهن نیز اغلب حضور دارند. با به کارگیری تجزیه انحلال انتخابی کائولینیت و جداسازی اجزای خالص می‌توان به میزان ناخالصیها و وجود یا عدم وجود جانشینی همشکل پی برد.

توضیح دیگری که برای CEC اغلب غیر منتظره اندازه‌گیری شده برای کائولینیت می‌توان بیان کرد، مربوط به بار منفی ناشی از گروههای عاملی سطحی واقع در لبه‌ها (نظیر AlOH) می‌باشد. این گروههای عاملی در مواقعی که برای