



بازیافت مواد

جاسه پیست و دوم

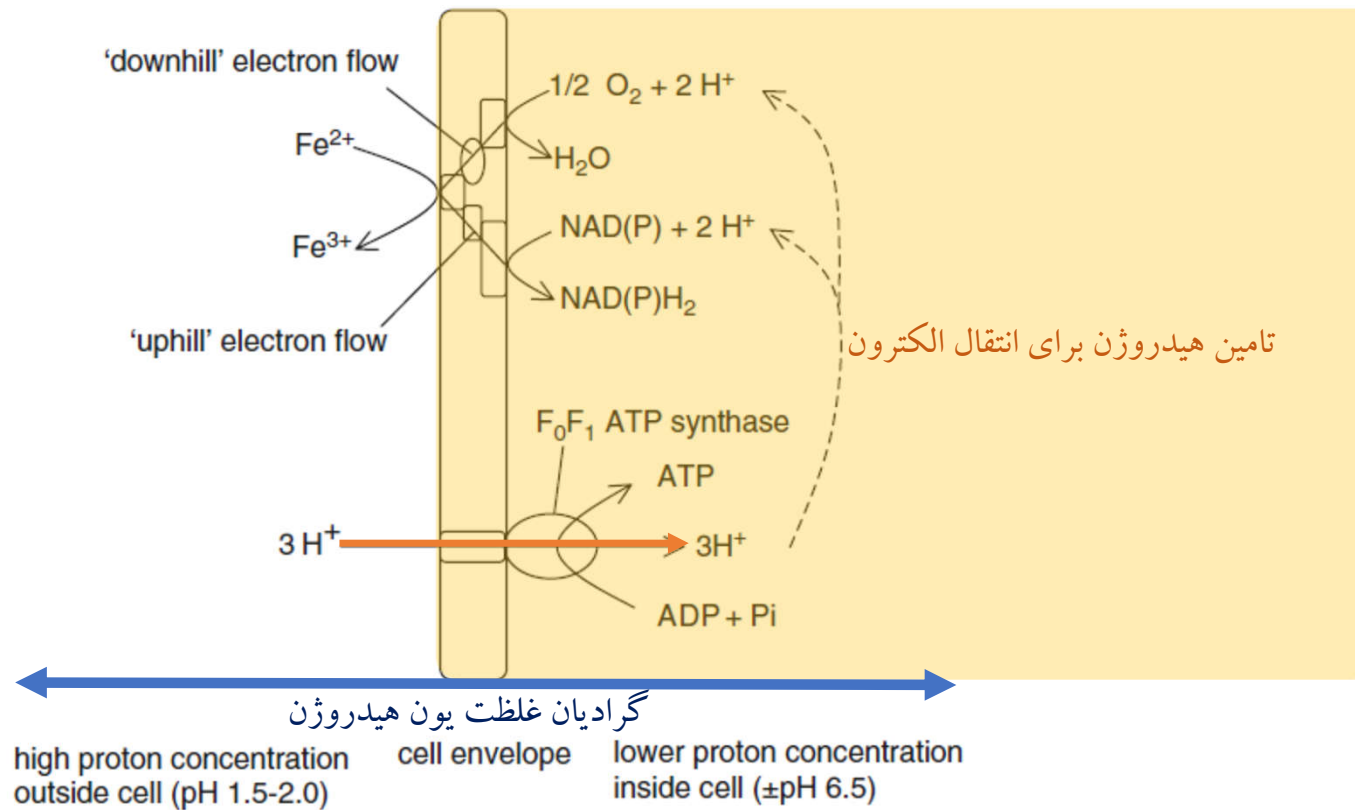
فناوری زیستی بازیابی منابع

46
Pd
Palladium
106.42

78
Pt
Platinum
195.084

45
Rh
Rhodium
102.90550

اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

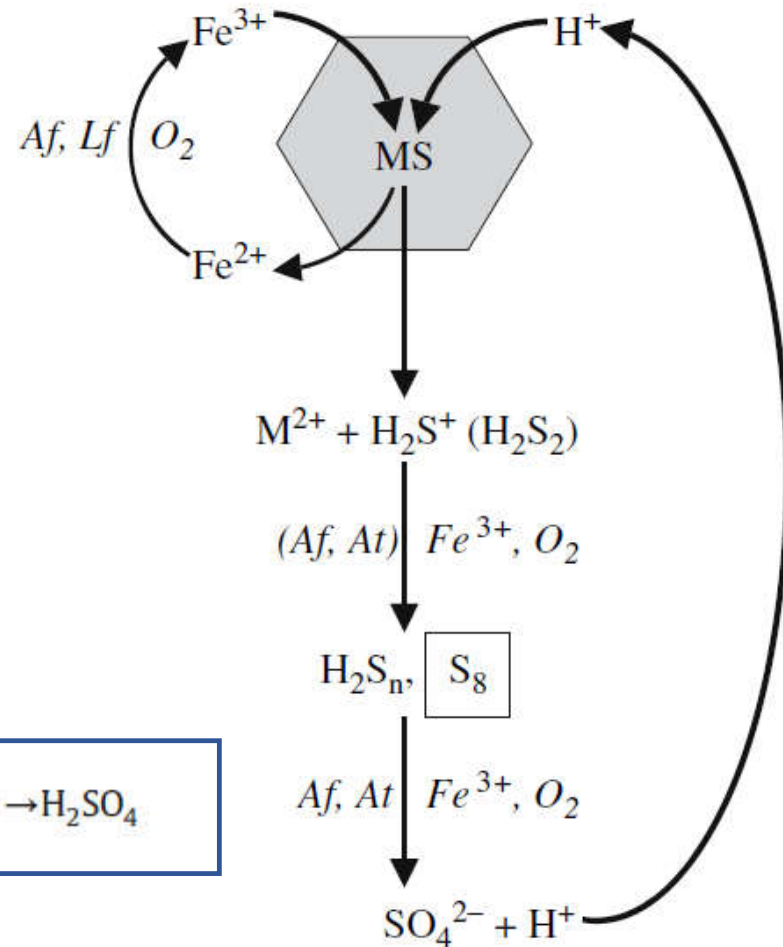
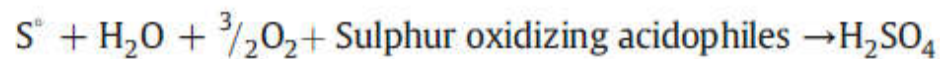


اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

• Polysulfide pathway

✓ حضور یکی از باکتریهای اکسید کننده آهن یا گوگرد ضروری است.

• اکسیداسیون گوگرد عنصری، فقط به کمک باکتری *A.t.* امکان پذیر است.



اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

• تاثیر گوگرد تولید شده بر سینتیک عملیات



آگرگات یا کریستال آزاد
(پتانسیل ریداکس بالا)

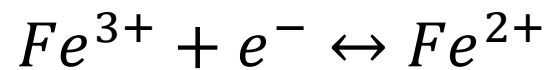
تشکیل لایه بر سطح کانی
(پتانسیل ریداکس پایین)



شکل گوگرد

اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

• معادله نرنست (Nernst's equation)



$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$$

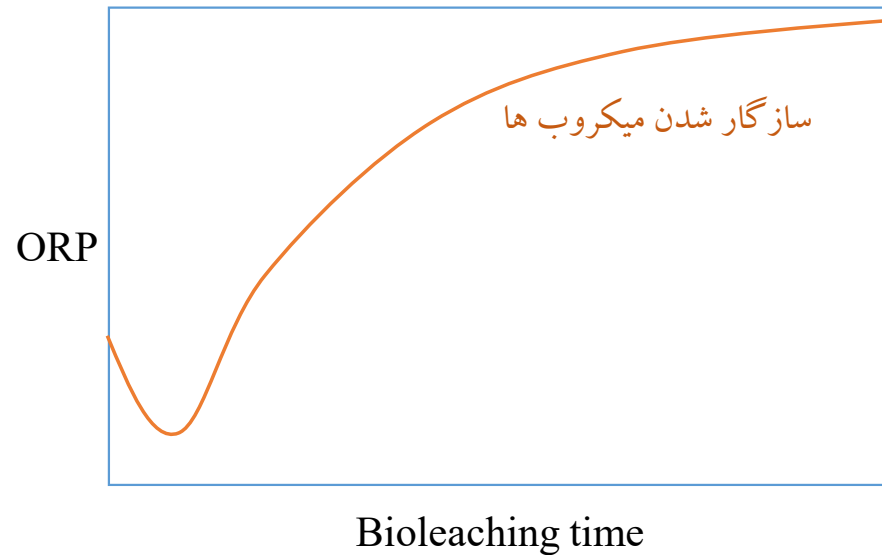
✓ از ORP محلول برای تخمین میزان **فعالیت باکتری** استفاده می شود.

✓ بالا رفتن پتانسیل ریداکس باعث تشکیل **رسوبات جاروسیتی** می شود.



اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

- تغییرات پتانسیل ریداکس با زمان، در بیولیچینگ کانی سولفیدی



انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

- مکانیسم های انحلال زیستی کانیهای غیر سولفیدی:

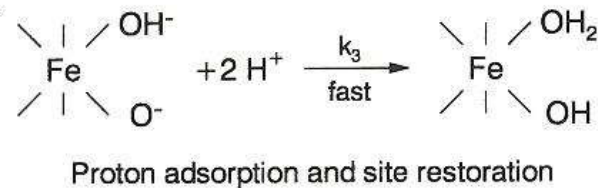
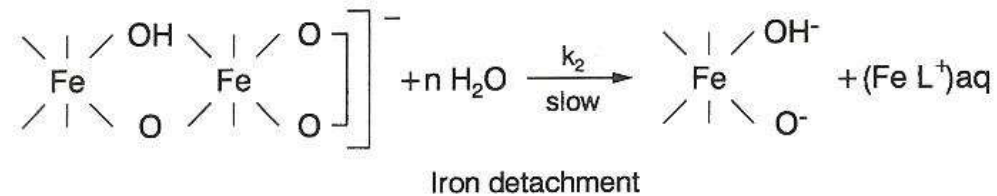
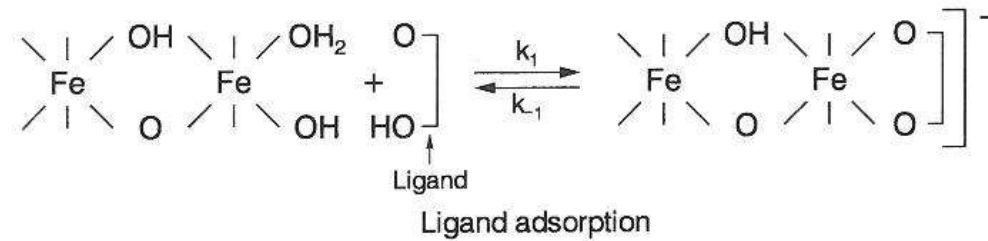
- (۱) ایجاد کمپلکس محلول

- (۲) احیای باکتریایی

- لیگاندهای آلی که توسط میکروارگانیسمهای هتروتروف تولید می شوند، توانایی کیلات کردن و ایجاد کمپلکس فلزات را دارند.

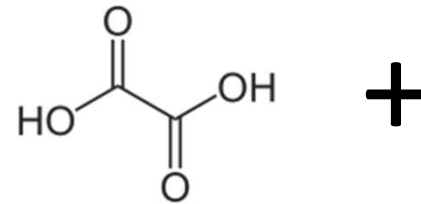
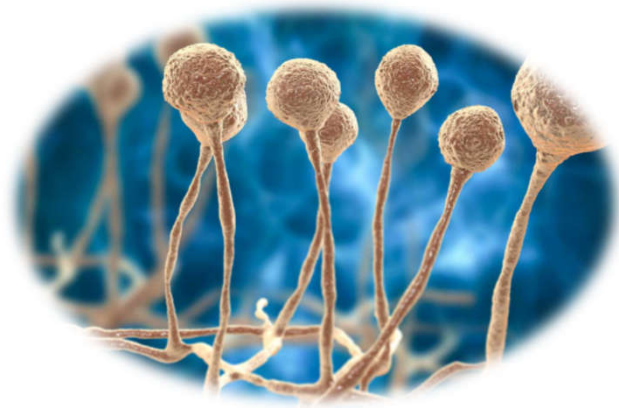
- این لیگاندها اغلب، اگزالیک اسید، سیتریک اسید و گلوکونیک اسید هستند که بیشتر توسط قارچ ها و مخمرها ترشح می شوند.

انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

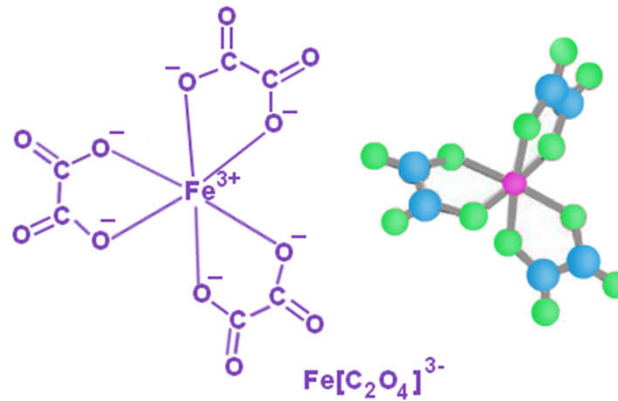


انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

• ایجاد کمپلکس محلول



Fe³⁺
Iron Oxides



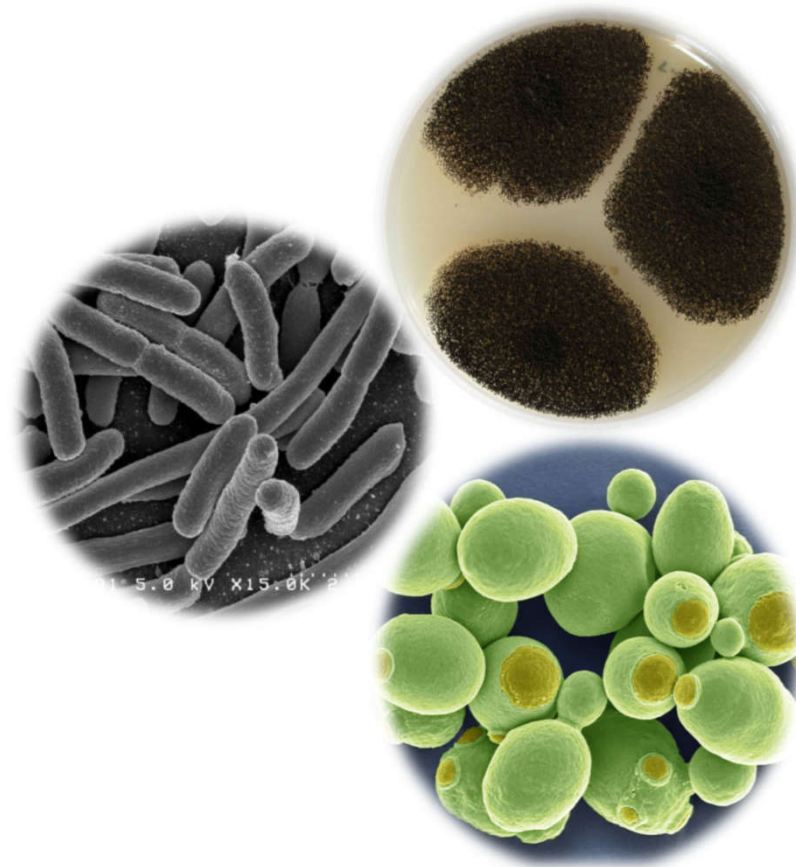
انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

✓ *Aspergillus sp.*

✓ *Penicillium sp.*

✓ *Bacillus sp.*

✓ *Rhodotorula sp.*



• قارچ ها:

• باکتریها:

• مخمرها:

انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

❖ کانیها:

✓ کانیهای فلزی اکسیدی و سیلیکاته: اسپودومن (لیتیوم)، پیرولوزیت (منگنز)، لاتریت (نیکل و کبالت) و ...

✓ آلومینو سیلیکاتها: کائولن، بال کلی و ...

✓ ماسه های سیلیسی

✓ باطله های جامد: کاتالیست های مستعمل، باطله کارخانه فراوری و ...

انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

❖ انحلال زیستی طلا از نهشته های طلا یا باطله های الکترونیکی

- انحلال **طلای مقاوم** بعلت درگیری با کانیهای سولفیدی مشکل است.
- بنابراین، ابتدا باید کانیهای سولفیدی موجود، توسط **باکتریهای اکسید کننده آهن و گوگرد** حل شوند و سپس، خاک باقیمانده، تحت فرآیند **سیانیداسیون** قرار گرفته و طلای موجود در آن، حل شود.
- در صورت **بازیافت طلا** از باطله های الکترونیکی یا استحصال طلای طبیعی و آزاد از خاک، با مشکل انحلال اولیه کانیهای سولفیدی روبرو نیستیم.

انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

- مرحله سیانیداسیون نیز همانند مرحله حذف کانیهای سولفیدی مزاحم، می توان به شیوه زیستی انجام شود.

❖ باکتری های تولید کننده سیانید

- *Chromobacterium violaceum*
- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Pseudomonas fluorescens*



انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

- از میان این باکتری ها، *Chromobacterium violaceum* بهترین کارایی را در تولید سیانید و انحلال طلا از خود نشان داده است.
- این باکتری قادر است در شرایط هوایی و بیهوایی رشد کند.
- لیکن با توجه با اینکه آنزیم تولید کننده **HCN**، الکترون های حاصل از اکسیداسیون **گلیسین (Glycine)** را به اکسیژن منتقل می کند، تولید سیانید **در حضور اکسیژن** انجام می شود.
- باکتری از این قابلیت ذاتی، در جهت حذف میکروبهای رقیب در محیط بهره می برد.

انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

- باکتری های **سیانوژنیک**، همچنین در اواخر فاز رشد، قادرند سیانید را **تجزیه** کنند.
- بنابراین، می توان از این باکتری ها به منظور **تصفیه پسابهای** کارخانجات سیانیداسیون نیز استفاده نمود.

انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

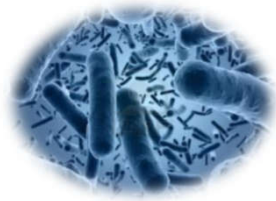
❖ راهکارهای انحلال زیستی

• فعال (Active)

• غیرفعال (Passive)

انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

❖ راهکار فعال (در حضور میکروب)



میکروب



کانسنگ



رآکتور

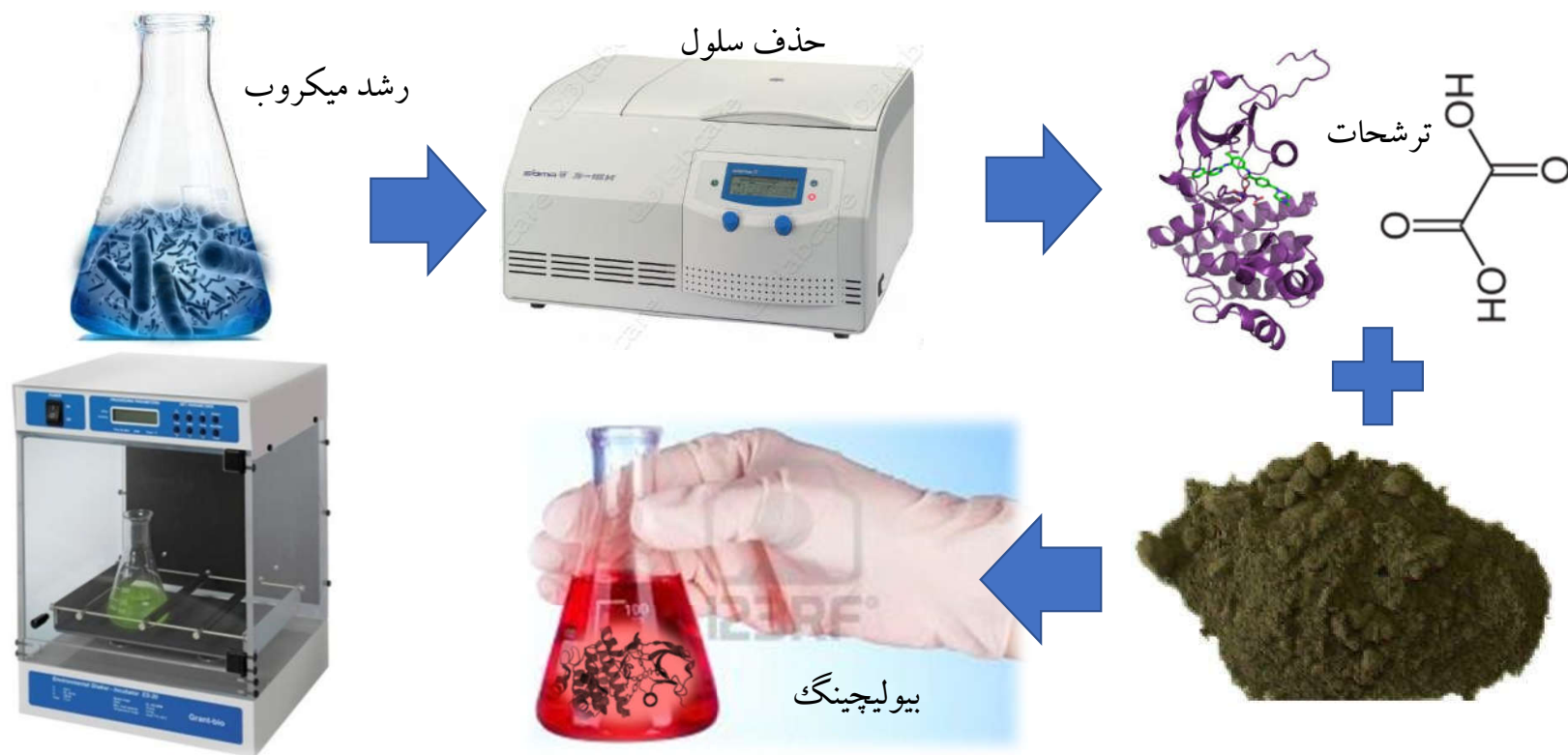


بیولیچینگ



انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

❖ راهکار غیرفعال (در حضور ترشحات)



انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

❖ فواید روش لیچینگ غیر فعال

- عدم محدودیت در تنظیم درصد جامد
- عدم محدودیت در تنظیم دما و pH
- عدم محدودیت در تنظیم سرعت همزن
- عدم محدودیت در استفاده از مواد کاتالیستی ضد باکتریایی
- فرآیندهای پایین دستی ساده تر برای جداسازی بیومس از کانی
- عدم جذب یونهای فلزی توسط سلولها

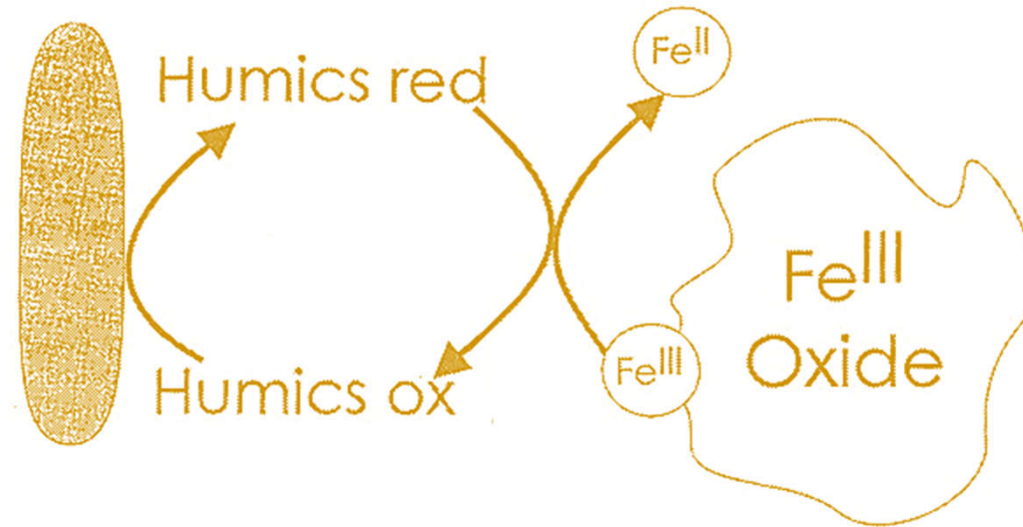
انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

• احیای باکتریایی

✓ اصل اولیه این فرایند، پتانسیل Fe^{III} و Mn^{IV} در اکسیدهای جامد برای پذیرش الکترون از اکسیداسیون زیستی ترکیبات آلی است.

✓ احیای باکتریایی هنگامی روی می دهد که اکسیژن به عنوان گیرنده الکترون، در محیط موجود نباشد (Anaerobic growth).

انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی



- سرعت انحلال، پس از مدتی به دلیل جذب یون فرس بر روی سطح سلول، کند می شود.
- می توان با استفاده از مواد کمپلکس کننده یا جاذبهای رسی، یونها را از سطح سلول آزاد نمود.

انحلال زیستی منابع غیر سولفیدی

• باکتری های بی هوازی احیا کننده آهن و منگنز:

- *Shewanella alga*
- *Shewanella putrificiens*
- *Geobacter metallireducens*
- *Thiobacillus ferrooxidans* (اکسیداسیون سولفور به صورت بی هوازی)