



بازیافت مواد

جلسه بیستم

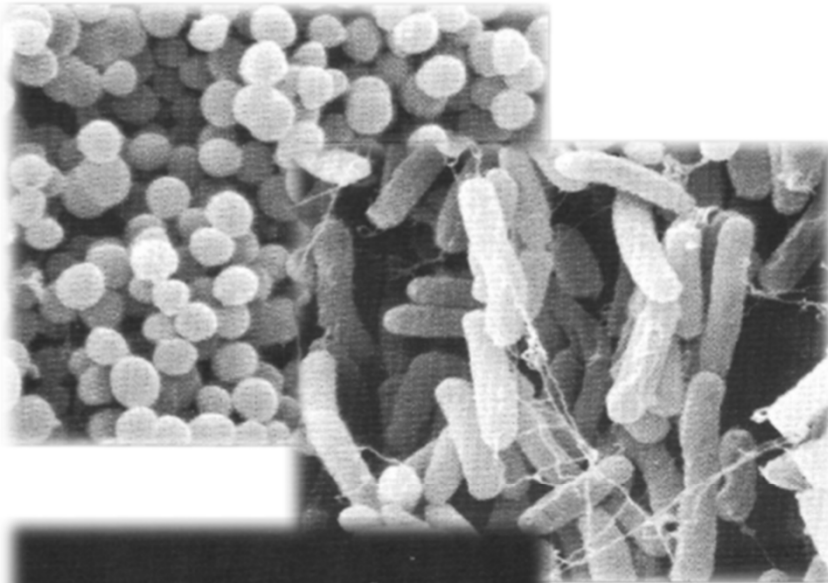
فناوری زیستی بازیابی منابع

46
Pd
Palladium
106.42

78
Pt
Platinum
195.084

45
Rh
Rhodium
102.90550

اشکال گوناگون پروکاریوت ها

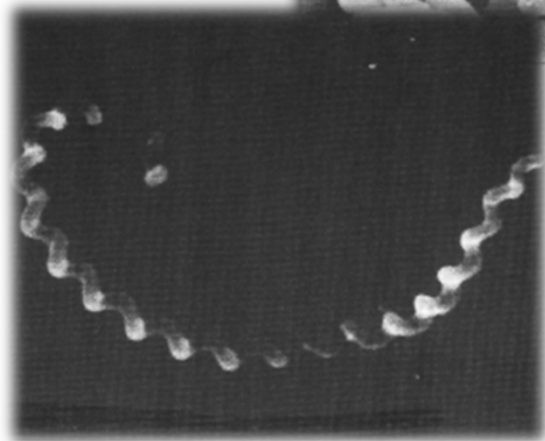


Cocci : کروی

Bacilli : لوله ای

Sprilla : فنری شکل

• باکتری ها

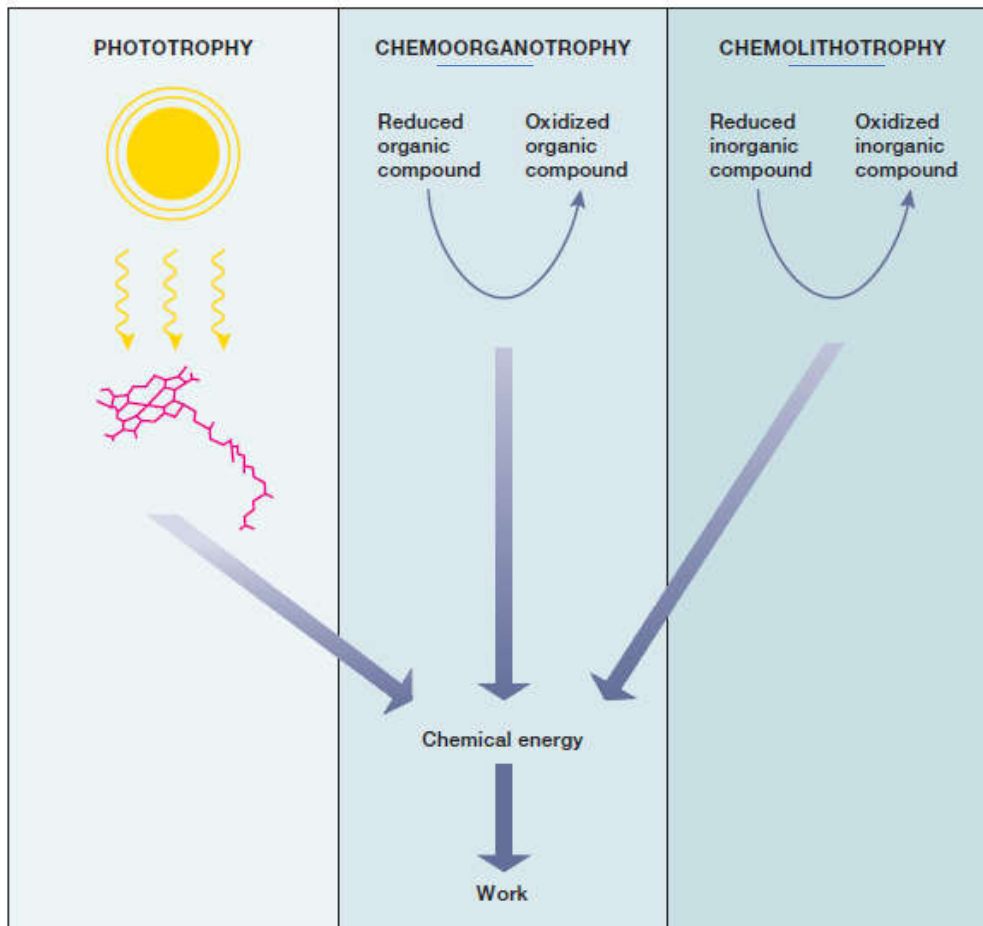


Staphylococcus epidermidis (*S. epidermidis*)

Bacillus subtilis (*B. subtilis*)

Spirillum volutans (*S. volutans*)

تامین انرژی پروکاریوت ها



❖ تامین انرژی

:Phototroph

نور و دی اکسید کربن

:Chemotroph

مواد شیمیایی

تامین انرژی پروکاریوت ها

❖ باکتری ها از نظر تامین انرژی و منبع کربن

Oxygenic phototroph: از آب الکترون گرفته و آنرا به هیدروژن و اکسیژن تبدیل می کند.

Anoxygenic phototroph: الکترون را بجای آب، از ترکیبات گوگردی می گیرند.

Chemoorganotroph: مواد آلی

Chemolithotroph: مواد غیر آلی

:Phototroph
نور و دی اکسید کربن

:Chemotroph
مواد شیمیایی

تامین انرژی پروکاریوت ها

Autotroph: کربن غیر آلی

Heterotroph: کربن آلی

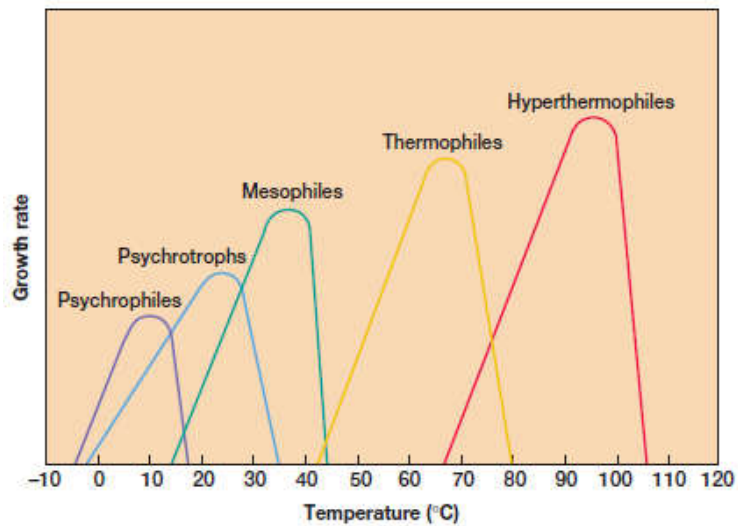
❖ باکتریها از نظر نوع کربن مورد استفاده

- باکتریهای **آتوتروف**، کربن غیر آلی را برای ساخت مولکولهای زیستی و اجزای سلولی بکار می برند.
- باکتریهای **هتروتروف**، از اکسیداسیون منبع کربن آلی، برای تامین انرژی نیز استفاده می کنند.



دمای رشد پروکاریوت ها

❖ دسته بندی باکتریها از نظر دمای رشد



-5 to 20 °C

Psychrophile

8 to 45 °C

Mesophile

40 to 70 °C

Thermophile

65 to 110 °C

Hyperthermophile

pH مناسب رشد بین ۶ تا ۸ می باشد

pH مناسب رشد

۱. اسید دوست (Acidophile)

pH مناسب رشد آنها بین صفر تا ۵/۴ می باشد.

مانند رشد *Ferroplasma acidarmanus* (اکسید کننده آهن) در pH صفر یا گونه *Lactobacillus* در محیط اسیدی

۲. خنثی (Neutrophile)

pH مناسب رشد آنها بین ۵/۴ تا ۸/۵ می باشد.

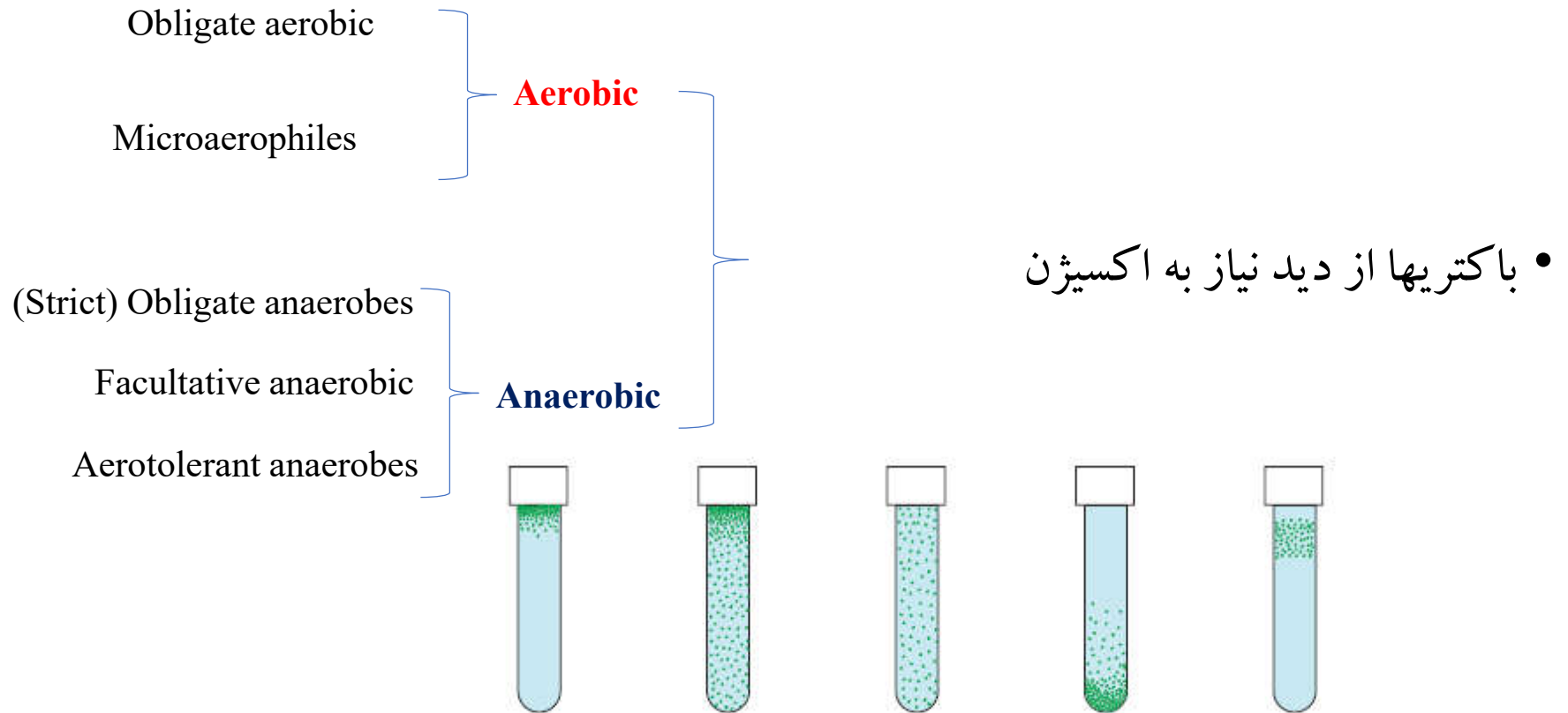
۳. آلكالی دوست (Alkaliphile)

در pH بین ۷ تا ۱۲ رشد می کنند.

مانند *Vibrio cholerae* و *Alkaligenes faecalis* در pH=9

و گونه *Agrobacterium* در pH=12

تامین اکسیژن پروکاریوت ها



اکسیداسیون باکتریایی

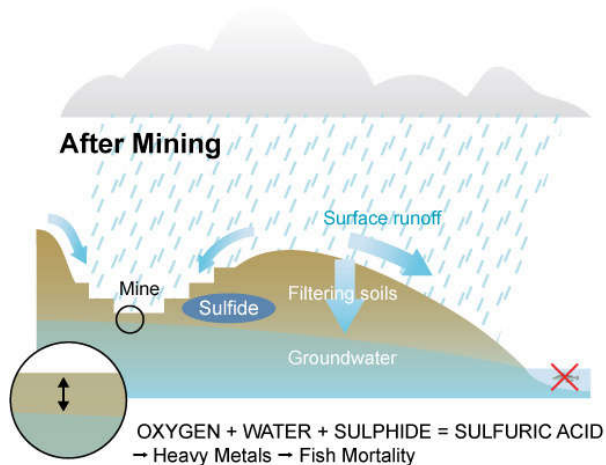
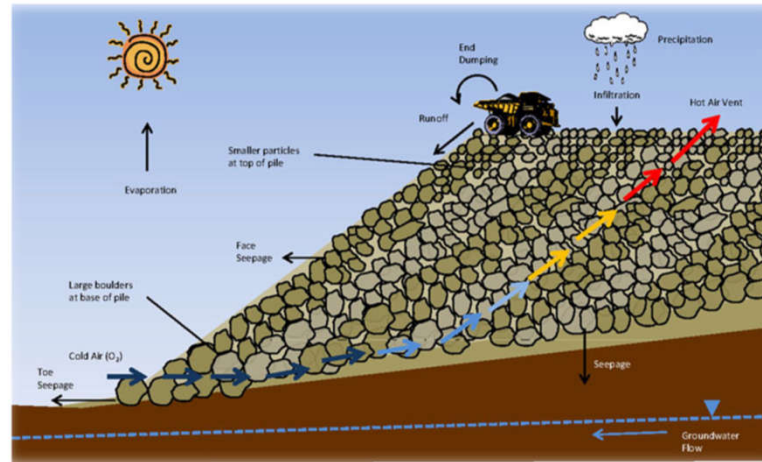
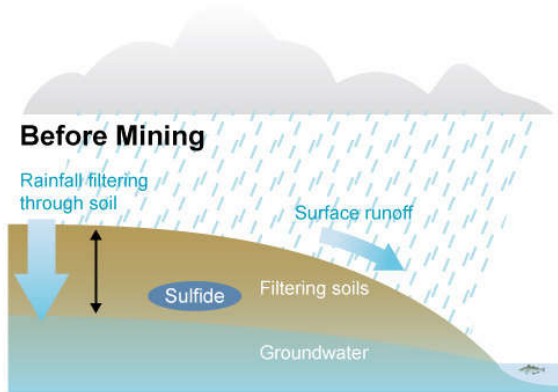


• اهمیت اکسیداسیون زیستی کانیهای سولفیدی:

۱. تشکیل پساب های معدنی (ARD/AMD)
۲. بازیابی فلزات با ارزش با استفاده از بیولیچینگ
۳. حذف کانیهای مزاحم با استفاده از بیواکسیداسیون



اکسیداسیون باکتریایی

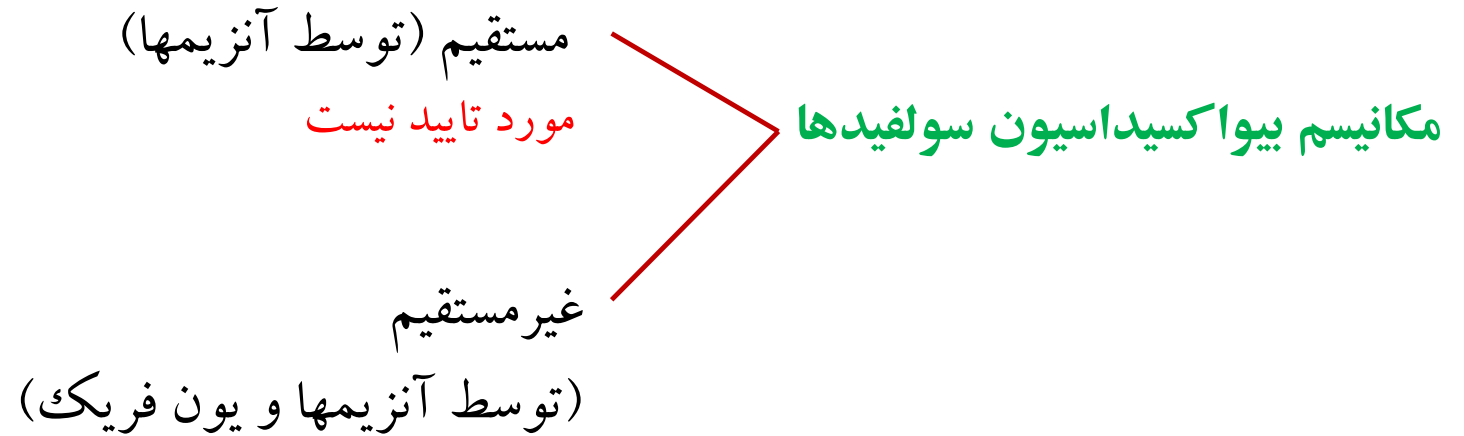


Extraction decreases groundwater depth and natural filtration, and increases the groundwater contamination.

اکسیداسیون باکتریایی

- **بیو-اکسیداسیون**، بیشتر یک فرایند **شیمیایی** است که در آن، بسته به نوع کانی، یون های هیدروژن و آهن فریک مسوول واکنش های لیچینگ هستند.
- لیکن برای **تولید و بازتولید** این مواد حل کننده، نیازمند استفاده از فرایندهای زیستی می باشیم.
- جهت رشد این میکروبها، **هوا** جهت تامین اکسیژن و دی اکسید کربن، **آب** برای ایجاد واسطه رشد، **کانسنگ** جهت منبع انرژی و عناصر کمیاب و مقدار کمی **کود** شیمیایی به منظور تامین نیتروژن، فسفات و پتاسیم استفاده می شوند.

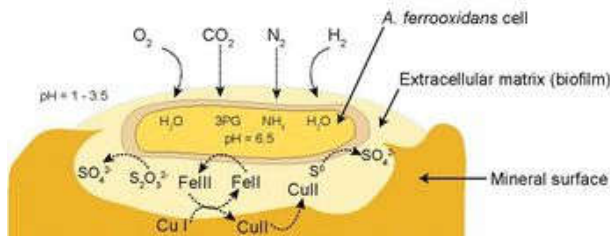
اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی



اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

مکانیسم بیواکسیداسیون سولفیدها

تماسی
(در اینترفیس باکتری و کانی)



غیر تماسی
(در بالک محلول)

واکنش هایی که بصورت تماسی و در واسطه پلی ساکاریدهای خارج سلولی رخ می دهند، موثرترند. زیرا pH و پتانسیل اکسید/احیا، آنجا مناسب تر است.

اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

❖ مسیرهای زیستی انحلال فلزات سولفیدی (Pathway)

- Thiosulfate pathway → سولفیدهای غیرقابل انحلال در اسید
- Polysulfide pathway → سولفیدهای قابل انحلال در اسید

• سولفیدهای غیرقابل انحلال: FeS_2 , MoS_2 , WS_2

• فقط با استفاده از یون فریک قابل حل هستند.

• سولفیدهای قابل انحلال: ZnS , PbS , FeAsS , CuFeS_2 , MnS_2

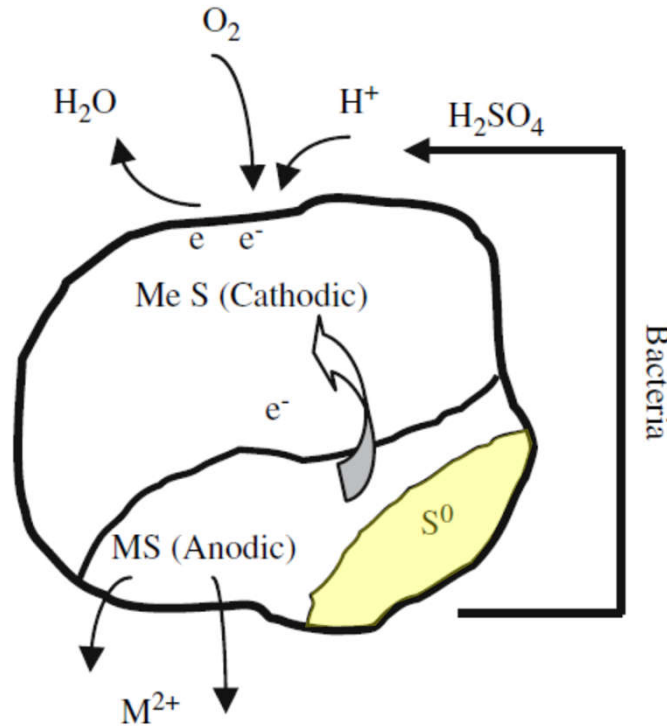
• با استفاده از یون هیدروژن و یون فریک قابل حل هستند.

✓ سولفیدهای اولیه (Hypogene): مثل کالکوپیریت

✓ سولفیدهای ثانویه (Supergene): مثل کوولیت و کالکوسیت

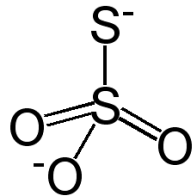
اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

• انحلال زیستی کانی سولفیدی



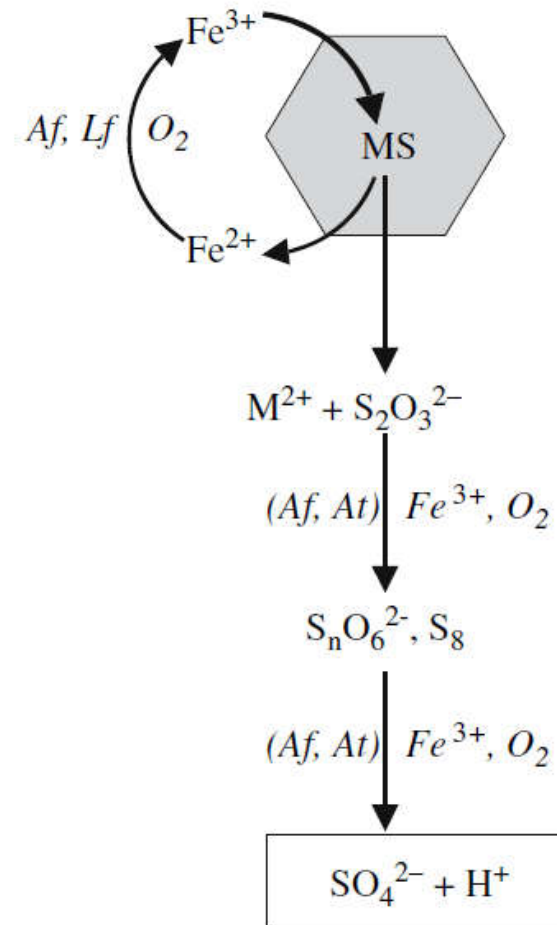
اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

• Thiosulfate pathway

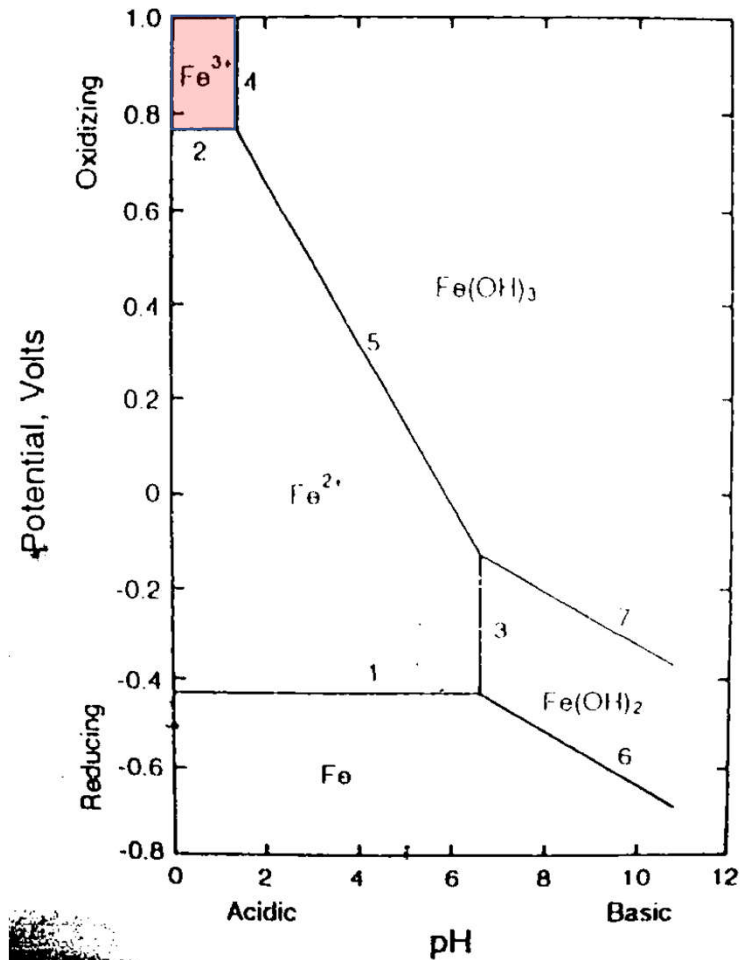


✓ حضور باکتری اکسید کننده آهن ضروری است.

✓ حضور باکتری اکسید کننده گوگرد می تواند گوگرد ایجاد شده را حل کند و محیط را اسیدی نگه دارد.



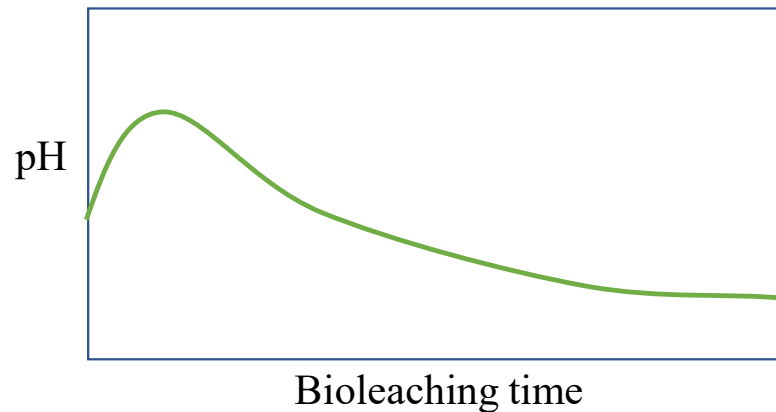
اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی



اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

• مزایای انحلال گوگرد:

۱. تشکیل اسید سولفوریک (عامل لیچینگ) و کاهش مصرف
۲. ایجاد محیط اسیدی مناسب جهت رشد باکتریهای اسیدوفیل
۳. اسیدی نمودن محیط، جهت جلوگیری از رسوب یون فریک
۴. جلوگیری از غیرفعال شدن سطح کانی سولفیدی

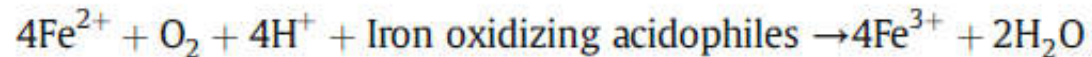
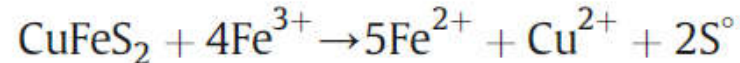


اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

- **Mesophile iron oxidizing bacteria**

- ✓ *Thiobacillus ferrooxidans*

- ✓ *Leptospirillum ferrooxidans*



- **Mesophile sulfur oxidizing bacteria**

- ✓ *Thiobacillus thiooxidans*

- ✓ *Thiobacillus ferrooxidans*

تمام گونه های این باکتری، اسید دوست نیستند.

Acidithiobacillus ferrooxidans

اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

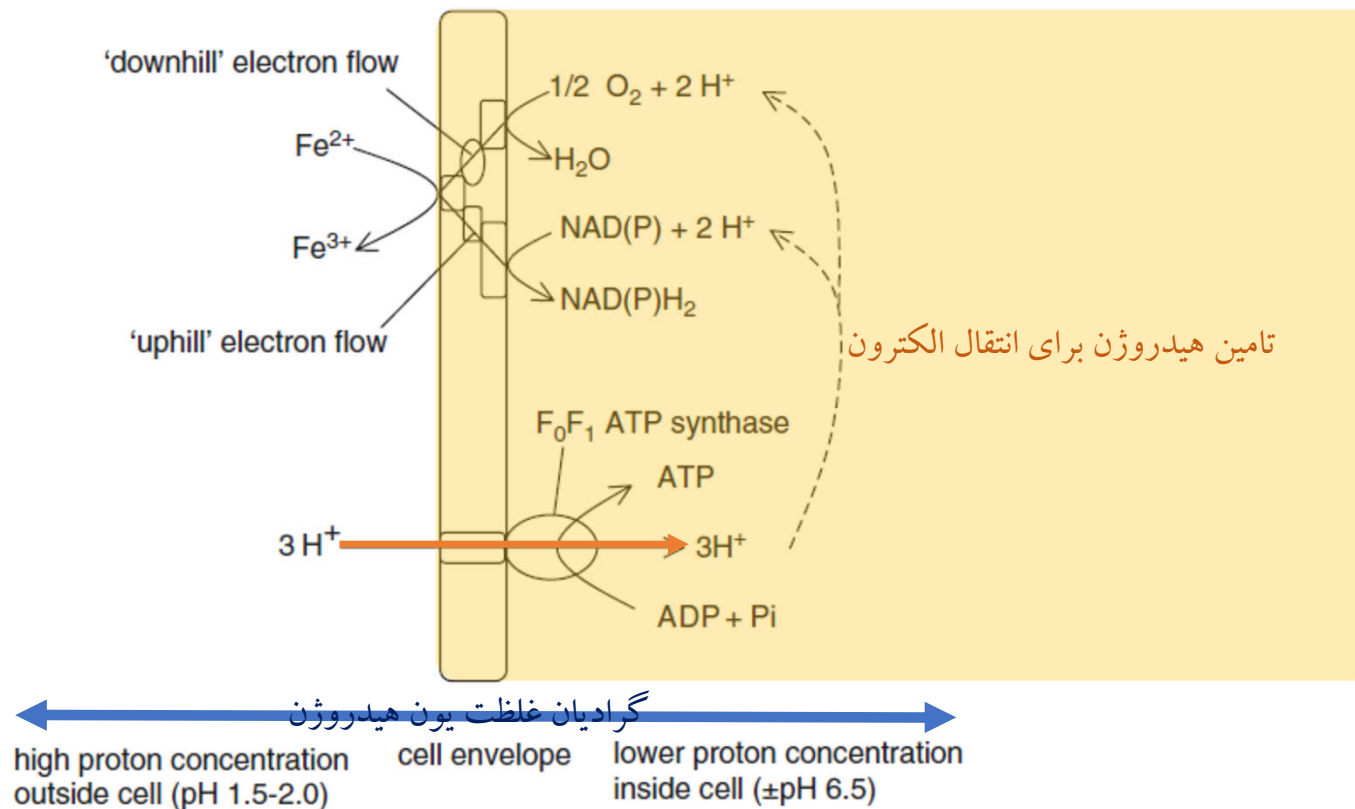
- باکتری *T. ferrooxidans* در پتانسیل اکسیداسیون/احیای 800 mV بهترین رشد را دارد.
- باکتری *L. ferrooxidans* در پتانسیل اکسیداسیون/احیای 950 mV بهترین رشد را دارد.
- بنابراین، در ابتدای عملیات بیولیچینگ، رشد *T. ferrooxidans* غلبه می کند. لیکن، با گذشت زمان و افزایش غلظت یون فریک، رشد *L. ferrooxidans* بیشتر می شود.
- این باکتریها، از نوع اتوتروف هستند که CO_2 را به قند، آمینو اسید و سایر زیست مولکولها تبدیل می کنند.

اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

• انواع باکتری های مورد استفاده و دماهای مناسب رشد آنها

Mineral concentrate	Temperature (°C)	Major types in populations		
Pyrite/arsenopyrite ^a	40	<i>Leptospirillum ferrooxidans</i> (48–57%)	<i>Acidithiobacillus thiooxidans</i> / <i>At. caldus</i> (26–34%)	<i>At. ferrooxidans</i> (10–17%)
Mixed sulfides ^b	45	<i>At. caldus</i> (65%)	<i>L. ferrooxidans</i> (29%)	<i>Sulfobacillus</i> sp. (6%)
Nickel concentrate ^c	49	<i>At. caldus</i> (63%)	<i>Acidimicrobium</i> sp. (32%)	<i>Sulfobacillus</i> sp. (4%)
	55	<i>Sulfobacillus</i> sp. (93%)	<i>At. caldus</i> (5%)	<i>Acidimicrobium</i> sp. (2%)
Chalcopyrite ^d	75–78	“ <i>Sulfolobus</i> ” sp. (59%)	<i>Metallosphaera</i> sp. (1) (34%)	<i>Metallosphaera</i> sp. (2) (5%)

اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

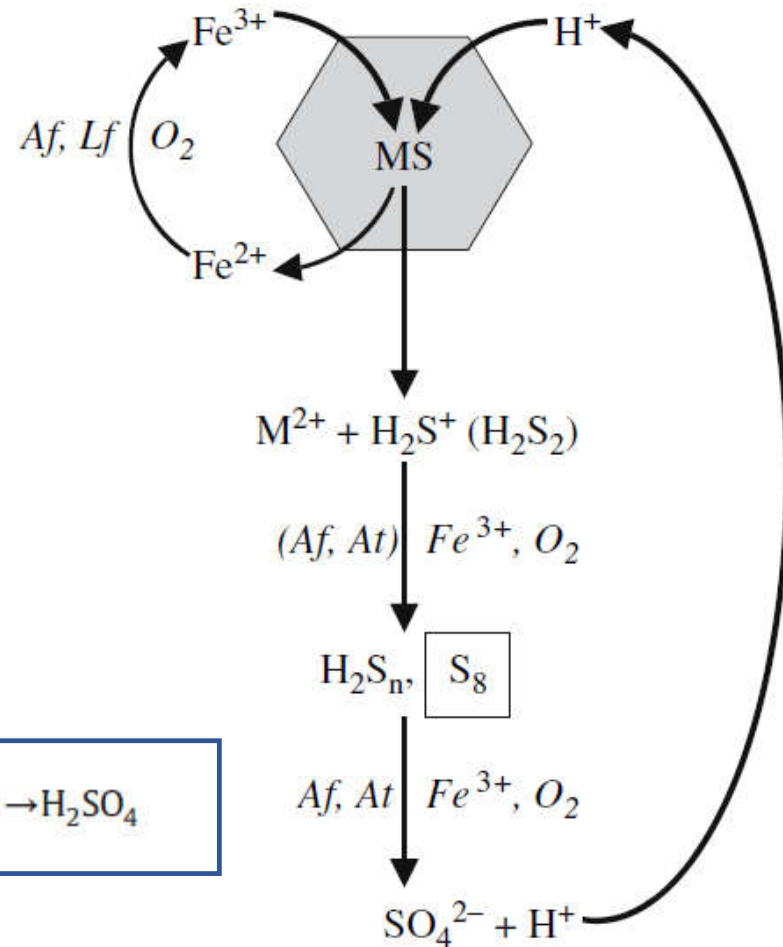
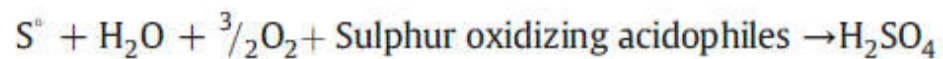


اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

• Polysulfide pathway

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

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



اکسیداسیون باکتریایی کانیهای سولفیدی

• تاثیر گوگرد تولید شده بر سینتیک عملیات

آگرگات یا کریستال آزاد

(پتانسیل ریداکس بالا)

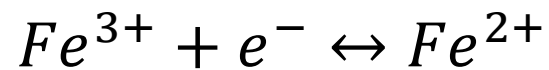
تشکیل لایه بر سطح کانی

(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.

