

آلودگی آب از نظر بیوشیمی و فیزیوشیمی

گرد آورنده:

مرتضی حسینیان

مهندس شرکت سهامی سازمان آب منطقه ای تهران

چکیده:

احتمال آلوده شدن آبها بخصوص آبهای سطحی بسیار زیاد است. بعد از هربارندگی بویژه اگر شدید باشد مقادیری از آلودگیها و مواد موجود در جو مثل گرد و خاک - گازهای گوناگون و پاره‌ای موجودات ذره‌بینی همراه باران بزمین انتقال و وارد آبهای سطحی میشوند.

تخلیه انواع فضولات حیوانی و انسانی - پس آبهای صنعتی - مواد زائد حاصل از فعالیتهای زندگی (زباله) که بعضی از آنها حامل میکروارگانیسمهای بیماری‌زا هستند بداخل جریانهای آب میتواند سهم مهمی در آلودگی این آبها داشته باشد.

از مهمترین اشکالاتیکه تخلیه فاضلابها برای آبهای سطحی ایجاد می‌کند از بین بردن زیبایی ظاهری آنها است. اغلب رودخانه‌ها به علت انتقال مقداری از مواد فاضلاب بسواحلشان این سواحل را از نظر استفاده در تابستان از دست می‌دهند. اثر مهم دیگری که تخلیه فاضلاب در آبها دارد دشواری زندگی ماهیها و موجودات آبست و یا اینکه اغلب صنایع نخواهند توانست از اینگونه آبهای آلوده استفاده نمایند و بالاخره آلودگی بیش از حد آبهای سطحی مانع بزرگی در تصفیه آنها برای تهیه آب آشامیدنی میباشد.

طبیعت تا حدود زیادی میتواند این آلودگیها را از بین ببرد و این عمل از طریق تبدیل مواد آلوده کننده در اثر فعالیت باکتریها و میکروارگانیسمهای موجود در آب و یا از طریق تصفیه خود بخود آبها انجام میپذیرد. در این مقاله سعی شده است کیفیت پاک سازی آبها که مربوط به فعالیتهای بیوشیمی و فیزیوشیمی آبهای آلوده است مورد بحث و گفتگو قرار گیرد.

میکروارگانیسمهای آب و فاضلاب

مهمترین باکتریهای موجود در آب (مخصوصاً آب رودخانه‌ها) عبارت از باکتریهای معمولی آب - باکتریها خاک و باکتریهای روده‌ای که از طریق فاضلاب داخل آب شده میباشند. بعضی از این باکتریها بشدت خطرناک و پاره‌ای از آنها بدون ضرر هستند. باکتریها را برحسب شرایط زندگی و نوع تغذیه در گروههای زیر مورد مطالعه قرار میدهند.

I - باکتریهای (1) Cryophilic - (2) Mesophilic - (3) Thermophilic

باکتریهای نوع اول در حرارت‌های معمولی بهتر بزندگی خود ادامه می‌دهند. مناسبترین حرارت برای ادامه حیات آنها بین ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتیگراد است. این گروه از موجودات تشکیل دهنده قسمت مهمی از باکتریهای رودخانه‌ها هستند.

باکتریهای نوع دوم در حرارت‌های بین ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد یا بطور متوسط ۳۰ درجه سانتیگراد بهتر می‌توانند زندگی کرده و مؤثر واقع شوند. از نظر آلودگی آبها اهمیت زیادی نداشته ولی قسمت مهم باکتریهای بیمارزا و روده‌ای در این گروه قرار دارند.

باکتریهای گروه سوم که مناسبترین محیط زندگی آنها حرارت بین ۴۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد و یا بطور متوسط ۵۰ درجه سانتیگراد است بیشتر در عملیات هضم لجن در تصفیه فاضلاب نقش اساسی دارند.

II - باکتریهای Parasitic (2) - Saprophytic

دسته اول تشکیل دهنده قسمت اعظم باکتریهای موجود در طبیعت هستند و می‌توانند از مواد آلی مرده در آب و خاک تغذیه نمایند. این باکتریها ضمناً براحتی ترکیبات پیچیده آلی را به ترکیبات شیمیائی محلول تبدیل مینمایند و از این مواد ساده برای ساختن پروتوپلاسم خود و غذای لازم برای ادامه زندگی استفاده میکنند. Saprophytics اغلب در انتقال بیماری در انسان مؤثر نبوده ولی عامل مهمی در تصفیه خود بخود آبها بشمار می‌روند. باید اشاره نمود که در طبیعت تنها چندین ماده آلیست که بوسیله این موجودات قابل شکستن و بمواد ساده شیمیائی تبدیل شدن نیست مثل سلولز - لئیت - لاستیک - موم - وازلین - بنزین و روغن‌هایی که بعنوان روان کننده بکار می‌روند.

باکتریهای Parasitic فقط می‌توانند مدتی در مجاورت و تماس با موجودات زنده مثل انسان - حیوان و گیاه بزندگی خود ادامه دهند. بعضی انواع این باکتریها بیماری زا بوده و بیشتر آنها می‌توانند که مخصوصاً در واقع اپیدمی از طریق تخلیه فاضلابها با آنها داخل شده‌اند. خوشبختانه انواع بیماری‌زای این باکتریها نمی‌توانند دروازه میزبان خود مدت مدیدی بزندگی ادامه دهند. بر طبق مطالعات TAYLOR وقتی آب رودخانه‌ای با باکتری تیفوئید از طریق تخلیه فاضلاب آلوده گردد بعد از ۵ روز ۹۹ درصد و بعد از ۷ روز ۹۹۹ درصد اینگونه باکتریها نابود میشوند. درحالیکه در آبهای خالص تر و کمتر آلوده شده چندین هفته طول خواهد کشید تا باکتریهای تیفوئید کاملاً نابود شوند.

III - باکتریهای (1) Autotrophic - (2) Heterotrophic

گروه اول که طبقه کوچکی از باکتریها را تشکیل می‌دهد در بین سایر انواع باکتریها بعلت مورد استفاده قرار دادن مواد ساده برای تغذیه و ادامه حیات مشخص هستند. این باکتریها کربن لازم برای تشکیل کربوهیدراتها - چربیها و پروتئین را از CO_2 و یا کربوناتها یا بیکربناتها بعوض ترکیبات پیچیده آلی بدست می‌آورند. بعضی از انواع باکتریهای Autotrophic انرژی لازم برای تأمین حیات را از

اکسیداسیون آمونیاک - سولفورها - ترکیبات آهن بدست آورده و در گروه Chemosynthetic autotroph مطالعه میشوند. در جدول صفحه زیر انواع مختلف این باکتریها مورد توجه قرار گرفته است.

گروه دیگری از باکتریهای Autotrophic به علت داشتن پیگمانهای مخصوصی نظیر کلروفیل گیاهان بران تأمین انرژی لازم در عملیات حیاتی به نور احتیاج دارند. این دسته تحت نام کلی Photosynthetic Autotrophs مورد مطالعه قرار میگیرند.

باکتریهای Heterotrophic برعکس نوع (۱) قادر نیستند مواد آلی لازم برای زندگی خود را از اکسیداسیون کربن تأمین نمایند بلکه مواد آلی پیچیده منبع اصلی کربن و منبع انرژی حیاتی آنها بکار بردن موادی مثل کربوهیدراتها - اسیدهای آمینه میباشد که در ساختن پروتوپلاسم مورد استفاده قرار میگیرند.

بعضی از باکتریها (باکتریهای احیای سولفات) میتوانند هم بصورت نوع (۱) و هم بصورت نوع (۲) زندگی نمایند.

IV - باکتریهای هوازی - بی هوازی و Facultative

باکتریهای هوازی برای رشد و ادامه زندگی به اکسیژن آزاد احتیاج دارند - از انواع مهم این باکتریها بانئائی که در تصفیه قاضلاب در روش لجن فعال و یا بستر باکتری دخالت دارند میتوان اشاره نمود.

Typical examples of oxidation reactions brought about by chemosynthetic autotrophic bacteria

Substrate	Reaction	Organism responsible	Type of bacteria
Ammonia.	$2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{HOO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	Nitrosomonas spp.	Nitrifying*
Nitrite.	$2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{HNO}_3$	Nitrobacter spp.	Nitrifying
Hydrogen.	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$	Hydrogenomonas spp.	Hydrogen - oxidizing
Hydrogen sulphide	$2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$	Beggiatoa alba↑	Sulphur
Sulphur.	$2\text{S} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SO}_4$	Thiobacillus thio - oxidans↑	Sulphur
Methane.	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	Methanomonas	Methane - oxidizing
Ferrous sats.	$4\text{FeCO}_3 + \text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{CO}_2$	Gallionella↑	Iron

* Organisms converting ammonia to nitric are sometimes called 'nitrifying'

↑ Typical organism. Other species can also bring about this reaction.

با کتریهای بی‌هوازی برعکس نوع هوازی فقط میتوانند از اکسیژن مولکولی استفاده نمایند از انواع آنها با کتریهایی که در گندیدگی پروتئین - احیای سولفات و با کتریهای مؤثر در هضم لجن فعال را میتوان نام برد.

وقتی آب رودخانه‌ای بعلت تخلیه مقادیر زیادی فاضلاب و یا پس آب اکسیژن محلول خود را کاملاً از دست داد با کتریهای بی‌هوازی هستند که در اکسیداسیون و شکستن مواد آلی دخالت مینمایند منتهی حاصل فعالیت آنها با پیدایش بوهای بد (SH_2) ظاهر میشود در اینجا نیز نوع سومی از باکتریها موجودند که هم بصورت هوازی و هم بصورت بی‌هوازی قادر باداسه حیات میباشند. این باکتریها را Facultative مینامند.

آنزیمها

فعل انفعالات شیمیائی مختلفی که بوسیله باکتریها انجام میگردد بعلت وجود و فعالیت آنزیمهاست که در داخل باکتریها قرار دارند. آنزیمها ترکیبات پیچیده آلی بوده که در بیشتر گیاهان و حیوانات موجود هستند. این مواد قادرند ولو در مقادیر جزئی تغییرات شیمیائی حاصل از فعالیت باکتریها را تسریع نمایند و تسهیلاتی در زمینه تبدیل مواد آلی پیچیده بمواد محلول شیمیائی بوجود آورند. عمل آنزیمها مستقل از زندگی باکتریها است. آنزیمها در حرارت ۴ تا ۷۰ درجه سانتیگراد نابود میشوند. مهمترین عوامل مؤثر در فعالیت آنزیمها درجه حرارت PH و حضور مواد سمیست. آنزیمها ممکنست بصورت خارج از سلول و یا داخل سلول باشند. بعضی مولکونهای آلی هستند که نمیتوانند از جداره باکتری داخل و مورد استفاده آن قرار گیرند. آنزیمها خارج سلول براحتی میتوانند این مواد پیچیده را بصورتی که بتواند از دیواره سلول بداخل سلول راه یا بند تبدیل مینماید. همراه آنزیم موجودات دیگری که مستقیماً در فعالیت آنزیم دخالت دارند و بنام کوآنزیم نامیده میشوند موجودند. آنزیمها را در گروههای استرازا کربوهیدرازها - پروتازها - آمیدازها و دی‌آمینازها مورد مطالعه قرار میدهند.

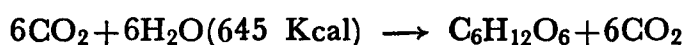
فاضلاب تصفیه نشده محتوی میلیونها باکتریست که قسمت اعظم آنها در اثر عملیات تصفیه بیولوژیکی از بین میروند و در صاف کردن و ضد عفونی کردن فاضلاب تصفیه شده تقریباً کلیه باکتریها نابود میشوند. در تصفیه فاضلاب اعمال زیر انجام میشود:

- ۱- روش تصفیه بالجن فعال تا ۹۰٪ از تعداد باکتریها را نابود میسازد.
- ۲- ضد عفونی کردن فاضلاب تصفیه شده تعداد باکتریها را بحداقل ممکن میرساند.
- ۳- فاضلاب تصفیه نشده در زمستان تعداد کمتری باکتری تا تابستان خواهد داشت.
- ۴- باکتریهای بیماری زا میتوانند در فاضلاب تصفیه شده وجود داشته باشند تعداد باکتریها در آب رودخانه‌ها برحسب میزان آلودگی فاضلاب‌های تخلیه شده در آنها، میزان تصفیه خود بخود آب رودخانه‌ها، شرایط جوی مربوط است. چون تعدادی از باکتریها به مواد معلق میچسبند لذا در لجن‌های ته نشینی در بستر رودخانه‌ها همواره تعدادی باکتری موجود است حتی در این لجن‌ها گاهی باکتری بیماری زا نیز دیده شده است.

سیکل مواد آلی در طبیعت

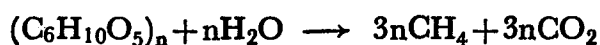
مهمترین عناصر مواد آلی، کربن - ازت - گوگرد و فسفر هستند. تغییرات عمده‌ای در مواد آلی در خاک - در آب رودخانه‌ها - در روشهای تصفیه فاضلاب حاصل میگردد که در اثر آن این مواد به مواد ساده‌تری که میتوانند بعنوان غذا مورد استفاده باکتریها قرار گیرند تبدیل میشوند. از نظر اهمیتی که این تغییرات دارند در زیر باختصار سیکل تغییرات هر یک از عناصر تشکیل دهنده مواد آلی مورد بررسی قرار میگیرند.

کربن که ممکنست از طریق سلولهای مرده گیاهی و نباتی و با تخلیه فاضلاب و پس آب و با فرسایش خاک داخل آب شده باشد تحت فعالیت باکتریهای هوازی در حضور اکسیژن محلول به CO_2 که خود احتمالاً بعلت حضور عوامل قلیائی خنثی خواهد شد تبدیل میشود. از نظر محاسبه‌ای هر تن کربن معادل ۸۰۰۰ پوند CO_2 تولید مینماید. این تغییر قابل قیاس با تنفس حیوانات و گیاهان که در اثر آن اکسیژن جذب و CO_2 آزاد میگردد میباشد. گیاهان سبزینه‌دار در برابر نور خورشید ضمن مصرف CO_2 میتوانند مقادیر زیادی اکسیژن تولید نمایند و حاصل این فعالیت آنها پیدایش موادی مثل قند کربوهیدراتهای مختلف جریست.



مکانیسم فعل انفعال بالا کاملاً روشن نیست و انرژی لازم برای انجام آن همانطور که گذشت از خورشید تأمین میشود. فتوسنتز یکی از مهمترین فعل و انفعالات بیوشیمیائیست و در اثر آن گیاهان قادر هستند مواد آلی لازم برای ادامه حیات خود را بوجود آورند ضمن اینکه اکسیژن موجود در هوا آب در حد بالائی نگهداری خواهد گردید. طبق محاسبات BABINOWITCH روزانه هزار میلیون تن مواد آلی در اثر فتوسنتز تشکیل میشوند. در تاریکی گیاهان مانند حیوانات تنفس کرده و اکسیژن مصرف مینمایند. بهمین دلیل میزان اکسیژن محلول آب‌ها در شب بمیزان زیادی کاهش مییابد. بعضی مواقع حتی میزان اکسیژن رودخانه در اثر فعالیت فتوسنتز رنگهای سبز به صد درصد اشباع میرسد.

در غیاب اکسیژن باکتریهای هوازی میتوانند کربوهیدراتها و سایر مواد آلی را از طریق متابولیسم بمواد ساده‌تری تبدیل نمایند. تبدیل کربوهیدرات بمتان جزو این قبیل فعل و انفعالاتست. هضم لجن - فعالیت مپپیک تانک - متلاشی شدن لجن و سایر مواد آلی راسب شد، در ته رودخانه‌ها نیز از طریق فعالیت باکتریهای بی‌هوازی انجام میشود. در مورد سلولز فرمول زیر پیشنهاد کرده‌اند:

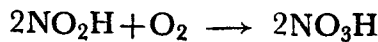
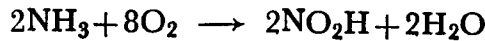


در جریانهای آب بعد از تخلیه مقدار زیادی فاضلاب و پس آب که اکسیژن محلول کاملاً تخلیه گردید فعالیت باکتریهای بی‌هوازی شروع و بوضوح در این حالات خروج حبابهای گاز امتان از سطح آب دیده میشود.

ازت و گوگرد موجود در مواد آلی در اثر فعالیت باکتریهای بی‌هوازی علاوه بر تولید متان و

CO₂ ، آمونیاك و بعضی اسیدهای آلی که بوهای زننده‌ای دارند بوجود می‌آورد .

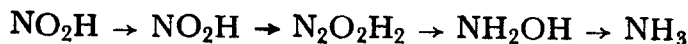
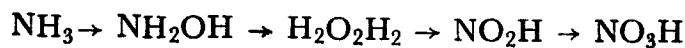
متلاشی شدن ترکیبات آلی ازت دار خواه در اثر باکتریهای هوازی و یا بی‌هوازی منجر به پیدایش آمونیاك خواهد شد . اکسیداسیون آمونیاك بوسیله باکتریهای هوازی تحت عنوان Nitrification نام گذاری و در اثر آن ابتدا نیتريت و سپس نیترات بوجود خواهد آمد باکتریهای شرکت کننده در این عملیات در گروههای Nitrosococcus و Nitrisonomos و Nitrobacter قرار گرفته‌اند:



پذیرفته‌اند که برای انجام فعل و انفعالات فوق حضور فسفات که بعنوان عامل غذایی مورد استفاده باکتریها قرار خواهد گرفت ضروریست . حضور اکسیژن و مواد قلیائی اسید نیتريك حاصل را خنثی مینماید . حضور وجود سایر مواد آلی از نظر تکمیل فعل و انفعال ضرورت ندارد بطوریکه در تصفیه فاضلاب بطوریه لجن فعال تنها وقتی نیتريفیکاسیون اتفاق می‌افتد که در فاضلاب تقریباً کلیه مواد آلی کربن دار متلاشی شده و عمل تصفیه نزدیک باخر باشد . آهن میتواند فعالیت باکتریهای ازت را تشدید ولی منگنز ولو در مقادیر خیلی جزئی مانع فعالیت آنها خواهد گردید .

باکتریهای ازت در گروه باکتریهای Autotrophic قرار داشته و انرژی حیاتی خود را از اکسیداسیون مواد ساده‌آلی تأمین مینمایند . نتراتی که محصول نهائی فعالیت باکتریهای ازت است بعنوان غذا برای تهیه پروتئین بوسیله گیاهان مصرف میشود .

نیتراتها بنوبه خود در اثر فعالیت باکتریهای مخصوصی میتواند احیا شده و به نیتريت و آمونیاك تبدیل شوند . حضور مواد آلی کربن دار و مقدار کمی اکسیژن فعالیت باکتریها را تشدید میکند . عمل Denitrification اغلب در بستریهای باکتری اتفاق می‌افتد . محصول دیگر فعالیت باکتریهای اکسیداسیون ازت و احیای ازت پیدایش هیدروکسیل آمین (NH₂OH) و اسید هیپونیترواست (N₂O₂H₂) . موضوع فوق در سال ۱۹۳۵ در اثر مطالعا CORBET مشخص گردید . اخیراً نیز TANAKA در اثر مطالعات خود دریافت که در پائیز که میزان اکسیژن محلول ته رودخانه کاهش مییابد . در اثر فعالیت باکتریهای احیای ازت مقادیری هیدروکسیل آمین در ته رودخانه‌ها تشکیل میشود :



وقتی پروتئین محتوی گوگرد باشد تحت فعالیت باکتریهای بی‌هوازی بوی زننده SH₂ ناشی از احیای گوگرد بمشام خواهد رسید . بجز SH₂ گاهی ممکنست مواد بودار مثل مرکاپتانها و اسید - تیوگلیکولیت نیز بدست آید .

عمل تبدیل مواد گوگرد دار به SH₂ در مواقعی که جریان آب تهی از اکسیژن محلول و نیترات است اتفاق می‌افتد و چون SH₂ حاصل آب را بشدت خورنده مینماید لذا وجود آن قابل اعتراض است . گاهی اوقات متلاشی شدن پروتئین‌ها تحت فعالیت باکتریهای بی‌هوازی ممکنست منجر به پیدایش سولفات‌ها

که بی‌بو هستند بشود. میتوان اکسیداسیون و احیای گوگرد در مواد آلی را با اکسیداسیون و احیای ازت مقایسه نمود زیرا همانطور که در مورد ازت حاصل اکسیداسیون پیدایش نیتريت و نیترات است و در عمل عکس یعنی احیا مجدداً آمونیاك بوجود خواهد آمد در مورد گوگرد نیز در اثر اکسیداسیون سولفات و در اثر احیا SH_2 تولید میگردد. با کتریهای اکسیداسیون و احیای گوگرد جزء مهمترین انواع باکتریها بوده و از نظر آلودگی روخانه‌ها و تصفیه فاضلاب اهمیت زیادی دارند. شرط عمده احیای سولفات‌ها عدم حضور اکسیژن و نیترات است و فعالیت آنها بیشتر در لجن‌های ته‌نشینی در رودخانه و در ماه‌های تابستان بظهور میرسد.

Heukelekian معتقد است که تعداد کمی از این باکتریها در فاضلاب موجود است و برعکس مقادیر زیادی از آنها میتوانند در لجن فاضلاب رشد نمایند. مقادیر خیلی جزئی کرمانت مانع فعالیت این باکتریها میگردد. همانطور که گذشت فعالیت باکتریهای احیای سولفات در مجاری فاضلاب بعد از پیدایش SH_2 باعث خوردگی شدید این مجاری خواهد گردید. بعضی انواع باکتریهای اکسیداسیون سولفورها عملی نظیر فتوسنتز انجام داده و فقط در حضور نور خورشید قادر به فعالیت هستند. اکثراً حاصل اکسیداسیون سولفورها بوسیله این باکتریها پیدایش گوگرد آزاد است.

فسفر مثل ازت یکی از مواد اولیه مورد نیاز زندگی باکتریها است و در آنها بصورت ترکیبات آلی قسردار موجود است که در اثر اکسیداسیون از طریق فعالیت باکتریهای هوازی به فسفاتهای معدنی تبدیل میشوند. باکتریهای نیز در بعضی آب‌های آلوده شده که قادر هستند فسفاتها را به فسفیت و هیپوفسفیت و یا تحت شرایط بی‌هوازی به فسفین (PH_3) تبدیل نمایند. باکتریهای نوع اخیر گاهی در بعضی آب‌ها دیده شده است. بر طبق گفته Clarke اغلب آب‌های موجود در طبیعت دارای حدود ۱-۶ میلی‌گرم در لیتر فسفات هستند که در اثر تخلیه فاضلاب در آنها بر این میزان افزوده خواهد گردید. در سالهای اخیر بعلاوه مصرف پاک‌کننده‌های مصنوعی که محتوی فسفات هستند بر میزان فسفات موجود در فاضلابها افزوده شده است. حضور فسفات در آب کمک مؤثری بر رشد الگها مینماید. فیتوپلانکتونها نیز که در آب رودخانه‌ها زیاد موجود است عامل مؤثر دیگری در مصرف فسفاتها هستند. با این ترتیب بخوبی موضوع تبدیل فسفاتهای معدنی به ترکیبات آلی فسفات‌دار از طریق فعالیت حیاتی گیاهان آبی بخوبی دیده میشود.

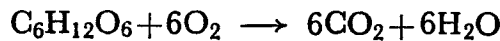
آهن بصورت ترکیبات محلول و یا نامحلول - املاح دو ظرفیتی و سه ظرفیتی و یا ترکیبات آلی

در آنها دیده میشود. نوع املاح نامحلول آهنی ممکن است بصورت هیدرات فریک و یا فسفات آهنی و بالاخره ترکیبات آلی آهن‌دار باشد. ترکیبات آهنی دو ظرفیتی براحتی در اثر اکسیژن محلول به آهن سه ظرفیتی تبدیل میشوند برعکس ترکیبات فریک نیز از طریق فعالیت باکتریهای احیائی به املاح فرو تبدیل میگرددند. در لجن‌های کف رودخانه‌ها که مقدار زیادی آهن موجود است بعلاوه حدود SH_2 حاصل از فعالیت باکتریهای بی‌هوازی روی سولفاتها با تشکیل سولفور آهنی همیشه رنگ سیاه دیده خواهد شد.

فعالیت شیمیائی میکرو ارگانیسمها

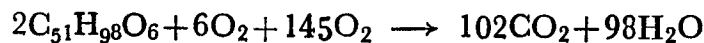
عمل باکتریها و میکروارگانیسمها در تبدیل اجسام آلی پیچیده به اجسام ساده تر از مدتها پیش شناخته شده است و انسان به کیفیت تهیه شراب و فرمالتاسیونهای دیگر از طریق باکتریهای هوازی و بی هوازی واقف بوده است اما در آن زمانه چگونگی این تحولات بیوشیمیائی از نظر علمی برای اناسی مجهول بوده تا بالاخره کشفیات پاستور در ۱۸۲۲ ثابت نمود که در اغلب این فعل وانفعالات فعالیتهای بیوشیمی بیشتر از شیمی دخالت دارند. نتیجه مطالعات پاستور و دانشمندان بعد از او امکان تهیه بعضی مواد آلی را با استفاده از فعالیتهای بیوشیمی باکتریهای هوازی و بی هوازی حتی در میزان تجارتنی داد (مثل تهیه آنتی بیوتیکها - استن - اسید سیتریک و الکلها). بررور نیز روشهای تصفیه فاضلاب و پس آبهای صنعتی نیز با اطلاع از چگونگی فعالیت باکتریها تکامل یافت.

باکتریها و سایر میکروارگانیسمها وقتی از مواد آلی بعنوان منبع تغذیه خود استفاده مینمایند مثل حیوانات و گیاهان اکسیژن را گرفته و CO₂ آزاد میکنند. حجم CO₂ یک در اثر اکسیداسیون مواد در تغذیه باکتریها بدست میآید لازم نیست معادل حجم اکسیژنیکه مصرف میکنند باشد ولی به کیفیت ماده آلی که مورد استفاده قرار میدهند و اینکه از آن ماده آلی بطور کامل استفاده نمایند مربوط است. نسبت بین CO₂ تولید شده به حجم اکسیژن مصرف شده از طریق باکتریها را ضریب تنفسی نام نهاده اند: (Respiratory quotient یا R.Q.) کربوهیدراتها حاوی هیدروژن و اکسیژن بیک نسبت هستند (۱÷۲) و در اکسیداسیون کامل بهمان مقدار که اکسیژن مصرف مینمایند CO₂ آزاد میکنند.



یعنی ضریب تنفی آنها که $\frac{6CO_2}{6O_2}$ است برابر واحد میباشد.

در ترکیبات آلی که بیک اندازه اکسیژن و هیدروژن ندارند ضریب تنفسی ممکنست بزرگتر و یا کوچکتر از واحد باشد:



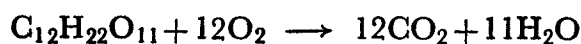
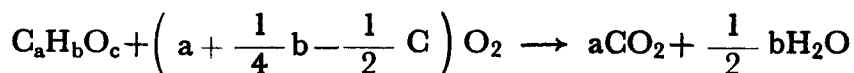
که در آن ضریب تنفسی $\frac{102}{145}$ کوچکتر از واحد است.

ضریب تنفسی سرخنی از کیفیت طبیعی مواد و چگونگی اکسیداسیون آنها میدهد. در تصفیه فاضلاب اکثرآ ضریب تنفسی باکتریهای که در آن دخالت دارند کمتر از واحد است و این بدان معنی است که اکسیداسیون مواد در تصفیه فاضلاب هیچگاه کامل نیست. در فعالیت باکتریها همانطور که گذشت آنزیمهای دخالت دارند که اغلب جزو لاینفک باکتری هستند. شرایط فعالیت آنزیمها بستگی به شرایط محیطی داشته و بیشتر در فعالیت باکتریهای هوازی در تصفیه پس آبهای صنعتی نقش عمده ای دارند.

باکتریها بجز کربن آلی و یا معدنی و اکسیژن بعنوان غذا به عناصری از قبیل ازت - فسفر - گوگرد و مقادیر جزئی فلزاتی نظیر سدیم - پتاسیم - منیزیم - آهن - منگنز - روی - کوبالت و مس احتیاج دارند. فاضلاب اغلب به اندازه کافی هستند از این روگاهی احتیاج است این مواد را بآنها اضافه نمایند.

فعالیت باکتریهای هوازی

اکسیداسیون عمومی مواد آلی تحت اثر باکتریهای هوازی مطابق فرمول زیر است :



اگر در ترکیب ماده آلی ازت موجود باشد تحت اثر اکسیداسیون باسولفیک و ترکیبات گوگرددار و فسفردار به سولفات ها و تسفاتها تبدیل میشوند. Ettinger ترکیبات آلی را از نظر آلودگی آب بدو دسته تقسیم نموده است.

اول - آنهائی که براحتی تحت فعالیت اکسیداسیون بیوشیمیائی اکسیده میشوند

دوم - ترکیباتی که بسختی اکسیده میگردند

از ترکیبات گروه اول میتوان به چربی - کربوهیدراتها - پروتئین و بیشتر موادیکه در فاضلابهای شهری یافت میشوند نام برد که میزان اثر آنها در آلودگی آبها از روی اندازه گیرن BOD تعیین میگردد. اثر مواد گروه دوم از طریق تعیین BOD قابل توجه نیست. اغلب این مواد در ردیف مواد سمی برای زندگی ماهیها هستند. مخصوصاً اگر آب رودخانه که از این مواد برخوردار خواهد بعنوان منبع آب آشامیدنی بکار رود بعلت پیدایش طعم - رنگ و بو در اثر این مواد میزان کلر لازم برای استریل کردن آب بالا خواهد رفت. بیشتر مواد موجود در پس آبهای صنعتی در این دسته قرار داشته و مسیر طولی از جریانهای آب را بدون اینکه تغییری در آنها داده شود میبیماید بر طبق مطالعات Sawyer و همکارانش بیشتر پاک کننده های مصنوعی مقاومت زیادی در برابر اکسیداسیون بیوشیمیائی از خود نشان میدهند و اغلب میزان نصف عمر آنها در تابستان در رودخانه ها حدود ۱۶ روز است. Bogan و Sylvester بر روی ۳ محصول تجارتي پاک کننده امروزی مطالعاتی انجام داده و دریافته اند که بیشتر آنها از نظر زندگی ماهی مضر هستند و در مقابل فعالیتهای بیوشیمی مقاومت مینمایند و میتوانند بدون تغییر مدت زیادی در رودخانه ها و چریانهای آب باقی بمانند. لینین و مشتقات آن که گاهی نصف عمر آنها حدود ۳ تا ۴ ماه میباشد در این دسته از مواد قرار دارند.

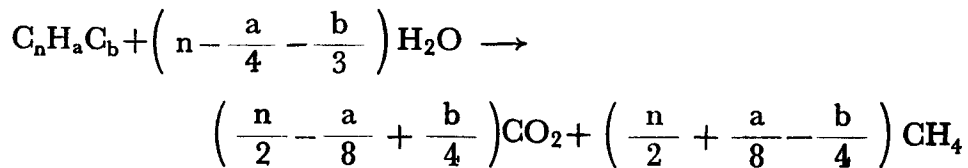
فنل که در بعضی پس آبهای صنعتی موجود است در عین حال که خاصیت ضد باکتری دارد ولی میتواند تحت فعالیت باکتریهای بی هوازی متلاشی گردد. Bringmann موفق شده که از فاضلاب و خاک اینگونه باکتریهای بی هوازی را استخراج نماید. بعضی انواع این باکتریها حتی قادرند بیش از ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر فنل را متلاشی نمایند. نیتروفنلها تحت هیچ شرایطی قابل اکسیداسیون نیستند.

فالیتهای باکتریهای بی هوازی

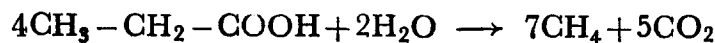
باکتریهای بی هوازی که در اثر فعالیت آنها ترکیبات کربن دار به متان تبدیل میشوند در طبیعت بسیار فراوانند مخصوصاً در لجن های کف رودخانه ها - دریاچه ها و استخرها در لجن هائی که در حوض های

تله‌نشینی سیستم‌های تصفیه فاضلاب و پس آب بدست می‌آید همواره تعدادی از این باکتریها دیده شده است.

حاصل فالیته باکتریهای بی‌هوازی بر روی تقریباً کلیه انواع مواد آلی تولید متان و CO₂ است. مناسبترین PH برای فعالیت این باکتریها بین ۶.۵ تا ۸ است برطبق نظریه Mueller و Buswell اکسیداسیون مواد آلی از طریق بی‌هوازی مطابق فرمول زیر میباشد:



تجربه نشان داده که گاهی حتی میزان گاز تولید شده بیشتر از وزن ماده آلیست که در اثر فعالیت باکتریهای بی‌هوازی تبدیل شده است:



درجه حرارت متوسط لازم برای فعالیت باکتریهای بی‌هوازی از نوع مزوفیلیک ۲۷ درجه سانتیگراد و از نوع ترموفیلیک ۵۰ تا ۵۵ درجه سانتیگراد است.

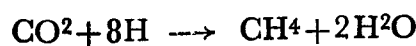
تولید متان از طریق متلاشی شدن بروش بی‌هوازی تحت فعالیت انواعی از باکتریها که در مجموع بنام باکتریهای مولد متان نامیده میشوند و منحصرأ در محیطی که هیچگونه اکسیژن و عوامل اکسیدکننده نداشته باشد فعالیت مینمایند انجام میگردد. PH مناسب برای فعالیت آنها ۶.۴ تا ۷.۲ بوده و در PH های پائین تر از ۶ و بالاتر از ۸ میزان رشد و تکثیر آنها کاهش خواهد یافت. چون باکتریهای مولد متان فقط میتوانند از مواد ساده تغذیه نمایند، پذیرفته‌اند که در هضم لجن از طریق باکتریهای بی‌هوازی ابتدا مواد آلی پیچیده موجود در محیط بمواد ساده‌تر تبدیل میشوند که در این تبدیلات باکتریهای تولید متان دخالت ندارند و سپس این مواد ساده مورد استفاده باکتریهای مولد متان قرار میگیرند. (تبدیل چربی و پروتئین به اسیدهای چرب و الکل) و بمتان تبدیل میشوند. بنابراین در فعالیت باکتریهای بی‌هوازی دو مرحله مجزا یکی فرمانتاسیون اسیدی (۶.۵ تا PH=۴) با تشکیل اسیدهای چرب و آلی و دیگری فرمانتاسیون قلیائی (۷.۸ تا PH=۷) با شکسته شدن این اسیدها و تبدیلسان بمتان انجام خواهد پذیرفت. در صورتیکه هر دو مرحله فرمانتاسیون بخوبی انجام وظیفه نمایند محیط عمل در آخر کار کمی قلیائی خواهد بود. بعضی مواقع برای داشتن محیط قلیائی افزایش مقدار کمی آهک توصیه شده است. هضم بی‌هوازی یکی از مفیدترین روشهای کاهش حجم لجن در تصفیه فاضلاب و بعضی پس آبهای غنی از مواد آلیست. در عمل علاوه بر تولید مقداری گاز متان که ارزش حرارتی دارد آنچه که بعد از هضم لجن باقی میماند خود کود بسیار مناسبی برای کشاورزیست.

حضور بعضی مواد سمی ولو در غلظت بسیار کم مانع بزرگی در فعانیت باکتریهای هضم لجن محسوب میشوند. در ردیف این مواد سمی میتوان به روی - مس - نیکل - کرم اشاره نمود. هضم بی

هوای همچنین روش بسیار خوبی در بیضرر ساختن بعضی لجن های حاصل از تصفیه پس آبهای صنعتی است. Meinck در اثر تجربیات آزمایشگاهی دریافته از طریق فعالیت های بی هوای میتوان در لجن های پس آب تهیه الیاف با افزودن آهک ترکیبات نامحلول روی فلزی سمی را به هیدروکسید محلول تبدیل نمود. برای فعالیت این باکتریها افزایش مواد مغذی ازت دار - فسفردار و پتاس دار ضروریست.

دست کم ۸ نوع از باکتریهای تولید متان را مشخص کرده اند که فقط چهار نوع آن از طریق کشت باکتری بدست آمده است بعنوان مثال باید از نوع *Metanobacterium Suboxydans* که قادر به اکسیداسیون الکل بوتیریک است نام ببریم.

مکانیسم تشکیل متان هنوز بخوبی روشن نیست یکی از معروفترین تئوریها میگوید که در اثر اکسیداسیون مواد ابتدا CO_2 بوجود میآید که این در متان احیا میگردد :



این تئوری در مورد بیشتر اعمال فرمانتاسیون صادق است ولی عمومیت آن در کلیه فرمانتاسیونها به ثبوت نرسیده است.

تصفیه خود بخود جریانهای آب

وقتی یک ماده معدنی آلوده کننده بطور دائم بآب رودخانه اضافه گردد (مثل کلوروسدیم) هیچ تغییری جز رقیق شدن در مسیر حرکت رودخانه اتفاق نخواهد افتاد. در مورد کلیه ترکیبات اسیدهای معدنی موضوع فوق صادقست فقط گاهی عمل تعویض و جابجائی بین مواد اتفاق میافتد. مثلاً سولفات روی در اثر قلیائی بیکربنات آب ممکنست به کربنات نامحلول تبدیل گردد و در صورت فراهم شدن محیط مناسب یعنی حالت اسیدی بیکربنات روی مجدداً بحالت محلول تبدیل گردد. در صورتیکه رودخانه ای دائماً دریافت کننده آلودگیهای فاضلابی و پس آب باشد، کیفیت تغییر این مواد با حالت دریافت مواد با حالت دریافت مواد معدنی کاملاً متفاوتست. رودخانه در اینحالت از طریق تصفیه خود بخود بران آلودگیها غلبه مینماید.

این عمل رودخانه یعنی تصفیه خود بخود را باید یکی از عوامل مهم طبیعی که در اثر آن آلودگیها زایل میشوند بحساب آورد. تصفیه خود بخود در درجه اول بفعالیت باکتریهای آب و میزان اکسیژن محلول آب که در اثر آن میتوانند مواد آبی موجود در محیط را اکسیده و بعنوان منبع غذا مورد استفاده قرار دهند مربوط است.

عوامل دیگری از قبیل رقیق شدن - ته نشینی - نور خورشید نقشهائی در تصفیه خود بخود جریانهای آب دارند. بعضی رودخانهها قادرند عمل تصفیه خود بخود را در فاصله کوتاهی از مسیر حرکت خود انجام دهند درحالیکه بعضی دیگر برای انجام این کار به دهها مایل مسافت احتیاج دارند. عامل مؤثر در تصفیه خود بخود بقرار زیرند :

۱- اکسیژن محلول

تصفیه خود بخود جریان آب بستگی به حضور مقدار کافی اکسیژن محلول دارد و وقتی که اکسیژن سرعت در اکسیداسیون مواد آلی و فعالیت باکتریها بمصرف نرسد میتوان انتظار تصفیه خود بخود را داشت. در صورتیکه میزان اکسیژن مصرفی از طریق عوامل بیولوژیکی بیشتر از میزان دریافت اکسیژن بوسیله جریان آب باشد رودخانه وضع بدی پیدا خواهد نمود و وقتی که جریان آب کاملاً از اکسیژن تهی گردد عمل برای شرایط گندیدگی (Septic) آماده شده و تمام ظواهر اینعمل یعنی پیدایش بوهای نامطبوع لجن های سیاه - مردن ماهیها ظاهر میشوند. آلودگیهای روغنی بعلت ممانعت از عمل اکسیژن گیری جریان آب اثر بدی در تصفیه خود بخود دارند. تجربیات Parker و Holroyd نشان داده که حضور دترجنتها در آب رودخانه اثراتی کم و بیش شبیه مواد روغنی دارد بطوریکه حتی وجود یک میلی گرم در لیتر دترجنت آمیونی میتواند میزان اکسیژن گیری جریان آب را بین ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش دهد.

تخلیه اکسیژن آنها در اثر ورود فاضلاب در آنها عمل بطی است و اغلب تهی شدن از اکسیژن در مسافتی بعد از محل تخلیه فاضلاب اتفاق می افتند و این مسافت از طریق میزان رقیق شدن مقدار BOD فاضلاب و آب رودخانه - کیفیت فیزیکی آب رودخانه و مقدار اکسیژن گیری آب رودخانه و درجه حرارت و انواع باکتریهای موجود در آب تعیین میگردد. اگر رودخانه باندازه کافی طویل باشد ناحیه دومی که عاری از اکسیژن است بعلت عمل نیتریفیکاسیون وجود خواهد داشت که عملاً ۱۰۰ تا ۱۰۵ کیلومتر باناحیه اولیه تخلیه اکسیژن فاصله دارد. برای تعیین مسافت تصفیه خود بخود رودخانه تعیین میزان BOD و اکسیژن محلول در نقاط مختلف کمک مهمی مینماید.

۲- نوع مواد آلی

میزان تصفیه خود بخود جریانهای آب نه تنها به مقدار مواد آلی بلکه به انواع و کیفیت آنها مربوط است. اکسیداسیون مواد آلی که در مقابل عوامل بیولوژیکی مقاومت زیادی ندارد بلافاصله پس از تخلیه در رودخانه شروع میشود اما بعضی مواد آلی بکنندی و تعداد معدودی مقاومت زیاد در برابر عوامل اکسیداسیون از خود نشان میدهد و شاید متلاشی شدن آنها چندین ماه طول بکشد. حاصل متلاشی شدن مواد آلی از انواع مقاوم پیدایش ترکیبات پیچیده آلی دیگری که اغلب رنگ سیاه یا قهوه ای داشته و به Humus موسوم اند میباشد. این ماده قهوه ای تشکیل دهنده قسمتی از لجن ته نشینی رودخانه ها بوده و اشده در مقابل میکروارگانیزمها مقاومت مینمایند و گاهی ثبوت آنها حتی بیش از ده سال بطول میانجامد. هموس محتوی کربن - هیدروژن اکسیژن و ازت است و میزان کربن آن ۸۰ درصد و نسبت کربن به ازت حدود $\frac{10}{1}$ میباشد.

مطالعات ADNEY نشان داده که اکسیداسیون مواد آلی در تصفیه خود بخود در دو مرحله اتفاق می افتد. در مرحله اول ۷۰ تا ۸۰ درصد ترکیبات کربن دار اکسیده شده و مقداری CO₂ آب و آمونیاک بدست می آید و در مرحله دوم که در حقیقت مرحله نیتریفیکاسیون است تحت فعالیت اکسیداسیون

بیوشیمیائی آمونیاک به نیتريت و نیترات تبدیل خواهد گردید و در مرحله دوم است که ۲ تا ۳ درصد کربن باقیمانده بمصرف رشد و تکثیر باکتریها میرسد. مواد موجود در هوموس را باید ناشی از فعالیت‌های مرحله دوم دانست. باید اشاره نمود در سالهای اخیر بعضی تجربیات هم‌زمان بودن اکسیداسیون مواد آلی و نیتریفیکاسیون را تأیید نموده است.

۳- عوامل بیولوژیکی

مهمترین عوامل بیولوژیکی که نقش حیاتی و ضروری در تصفیه خود بخود دارند عبارتند از:
- باکتریها - این موجودات مهمترین میکروارگانیسمهایی هستند که روی مواد آلی حمله مینمایند شاید مورد حمله قرار دادن مواد آلی از طریق میکروارگانیسمهای کوچکک تعجب آور باشد ولی برطبق مشاهدات Adeney و Johnstone جذب غذا بوسیله باکتریها از طریق تسام سطح آنها انجام میشود و باکتریها سطوح زیادی نسبت بوزن خود دارند.

محاسبه ثابت کرده که یک کیلو باکتری خشک حدود ۶۲۵۰۰ متر مربع سطح دارد درحالیکه در انسان هر کیلو از وزن بدنش حدود ۱۶۸ متر مربع سطح دارد.

- الگها - این دسته از موجودات آبی نمی‌توانند مواد آلی را مورد حمله قرار دهند. و انواع سبزینه‌دار آنها تحت اثر نور خورشید با استفاده از فتوسنتز CO_2 را مخرف و اکسیژن آزاد مینمایند و از این طریق کمک مؤثری به تصفیه خود بخود خواهند نمود.

- پروتوزونه‌ها = پروتوزونه‌ها نه فقط مواد آلی مرده را مورد حمله قرار میدهند بلکه از مواد تبدیل شده بوسیله باکتریها و الگها نیز میتواند استفاده نماید و به متعادل شدن خواص بیولوژیکی جریانه‌ها کمک مینماید.

- Worms = ورملهای لجنی از لجن ته نشین شده در رودخانه‌ها تغذیه مینمایند و در تثبیت و متلاشی شدن لجن نقش عمده‌ای دارند.

۴- مواد سمی

چون تصفیه خود بخود در درجه اول بفعالیت باکتریها و میکروارگانیسمها مربوط است بدیهی است حضور مواد سمی که بفعالیت آنها لطمه وارد میسازد و باعث کشته شدن آنها میشود اثر زیادی در تصفیه خود بخود خواهد داشت. ضمناً کیفیت تصفیه خود بخود به میزان مواد سمی و چگونگی آنها بستگی دارد. مثلاً Roqvskaia نشان داده است که حضور بیش از یک میلی گرم در لیتر TNT عمل تصفیه خود بخود را متوقف در صورتیکه مقدار بین ۵۰ تا ۱ میلی گرم از آن عمل تصفیه خود بخود را کند مینماید Zyabbarova نیز ثابت نمود یک میلی گرم در لیتر پیریدین تصفیه خود بخود را متوقف میسازد. Kalabina نیز تأیید کرد ۱۰ تا ۲۰ میلی گرم در لیتر مس و یک میلی گرم در لیتر سرب بعلت فراهم ساختن محیط مسموم برای باکتریها تأخیری در عملیات تصفیه خود بخود بوجود می‌آورند. Grushko ثابت کرد که وجود ۱٪ میلی گرم در لیتر گرم تعداد باکتریها را در عرض ۳ روز ۷۰ درصد کاهش داده و

بدینوسیله تصفیه خود بخود را مختل مینماید. البته نوع میکروارگانیزم و نوع ملح گرم از عوامل مؤثر در کشته شدن باکتریها هستند. حالت اسیدی پس آنها و فاضلابهای تخلیه شده در جریانهای آب مسافت لازم برای تصفیه خود بخود را افزایش میدهد.

۵- حالت فیزیکی جریان آب و میزان ترقیق و شرایط جوی

شدت جریان آب - عمق و وضع مقطع رودخانه - کیفیت بستر رودخانه از عوامل مهمی هستند که اثرات زیادی در تصفیه خودبخود دارند. بطوریکه رودخانه‌ای کم عمق با جریانی سریع در مسافت کمتری تا یک رودخانه عمیق و پرلجن تصفیه میگردد. شاید علت این امر سرعت اکسیژن گیری از جو باشد. نسبت حجم فاضلاب یا عوامل آلوده کننده دیگر به حجم آب رودخانه نیز در تصفیه خودبخود نقش مهمی دارد Leclerc و Beaujean نشان دادند که عمل ترقیق اهمیت زیادی از نظر در یک حالت نگهداشتن میزان اکسیژن رودخانه‌های کوچکتر که آلودگی دریافت مینمایند خواهد داشت. رقیق شدن آب جریانها از طریق بارندگی نیز امکان پذیر است و از این طریق نیز همواره مقداری اکسیژن محلول داخل رودخانه میگردد. در اغلب کشورها برای میزان تخلیه فاضلاب و یا پس آب در رودخانه‌ها مخصوصاً رودخانه‌های کم آب مقررات خاصی تعیین کرده‌اند و برای نسبت حجم پس آب و یا فاضلاب به حجم آب دریافت کننده آلودگی ارقامی را پیشنهاد نموده‌اند.

نور خورنید بعلمت انجام عمل فتوسنتز نقش مهمی در تصفیه خودبخود دارد. از طریق فتوسنتز همیشه مقدار اکسیژن محلول جریانهای آب بالا رفته قدرت تصفیه خودبخود افزایش مییابد، ضمناً نباید از اثرات زیان آور اشعه ماوراء بنفش در کشتن باکتریها صرف نظر کرد. باد نیز توسط بهم زدن سطوح جریانها میزان اکسیژن گیری از اتمسفر را بالا میبرد. باید توجه داشت در زمان خشکسالی مخصوصاً که توأم با بالا به دن حرارت باشد مشکلات زیادی در تصفیه خودبخود بوجود خواهد آمد.

۶- ته نشینی مواد معلق

پیدایش لجن در کف رودخانه‌ها که حاصل عملیات سدیماتاسیون یا ته نشینی مواد معلق فاضلابها و یا پس آبها است و تشکیل دهنده قسمت اعظم مواد موجود در هوموس میباشد میتواند تحت فعالیتهای بی هوازی و هوازی اکسیده گردد و چون در مدت اکسیداسیون به مقدار قابل توجهی اکسیژن احتیاج دارند لذا با جذب اکسیژن محلول و یا اکسیژن مولکولی مواد تشکیل دهنده آب باعث تخلیه اکسیژن آب رودخانه‌ها شده که نتیجه آن تأخیر در عمل تصفیه خود بخود است.

در اثر گازهای حاصل از فعالیت بی هوازی همواره مقداری از لجن های ته نشین شده بطرف سطح رودخانه حرکت مینمایند Mohlman و همکارانش دریافته‌اند که در صورت کاهش فشار با رومتری انبساط گازهای ناشی از اکسیداسیون مواد آلی موجود در لجن زیاد شده و صعود آنها بسطح آب افزایش مییابد و باعث بالا رفتن BOD آب رودخانه میگردد.

Velz معتقد است که :

۱- در سرعت جریانی معادل ۶ ر. فوت در ثانیه احتمال ته‌نشینی لجن و مواد آلی در بستر رودخانه موجود است.

۲- لجن‌های تازه ته‌نشین شده در سرعتی از جریان معادل ۶ ر. تا ۱۰ فوت بر ثانیه تحت فعانیت باکتریهای بی‌هوازی عمل هضم را تحمل سینمایند.

۳- لجن‌های هضم شده در سرعتی معادل ۱۳ ر. فوت بر ثانیه میتوانند شسته و برداشته شوند.

۷- درجه حرارت

حرارت که نقش حیاتی در فعل و انفعالات شیمیائی و بیوشیمیائی دارد نقش مهمی در تصفیه خود بخود خواهد داشت. بر طبق قانون Wan't hoff سرعت فعل و انفعالات شیمیائی و بیوشیمیائی در افزایش حرارت به میزان ۱۰ درجه سانتیگراد دو برابر میشود. نیتروفیکاسیون آمونیاک - اکسیداسیون فنل - کشته شدن تخم باکتریها - میزان رشد بعضی از میکروارگانیسمها و رشد تخم ماهی از این قانون تبعیت سینمایند. اغلب فعالیت‌های بیوشیمی و بیولوژیک در حرارت‌های حدود ۲۰ درجه سانتیگراد محدود هستند.

باکتریها و میکروارگانیسمهای مؤثر در اکسیداسیون مواد آلی در جریان‌های آب اغلب در مقابل درجه حرارت حساس بوده و با بالا رفتن آن شدت فعالیت آنها مشهود است. بهمین دلیل میزان اکسیداسیون مواد آلی در تابستان خیلی بیشتر از زمستان است و این بدان معنی است که تصفیه خود بخود رودخانه‌ها در ماه‌های گرم سال در مسافت خیلی کمتری تا ماه‌های سرد سال و زمستان انجام میگردد.

Butcher نیز ثابت کرده است که رشد قارچ‌های موجود در فاضلاب در مسافت بیشتری از طول رودخانه در زمستان انجام میگردد تا تابستان یعنی در زمستان مواد آلی لازم برای رشد قارچها ممکنست مسافت زیادی در مسیر رودخانه قبل از متلاشی شدن کامل حمل شوند در حالیکه در تابستان متلاشی شدن بعلت افزایش فعالیت باکتریها در مسافت کمتری اتفاق میافتد.

باید اشاره نمود که در ماه‌های گرم مقدار اکسیژن محلول رودخانه‌ها کمتر از ماه‌های سرد است بهمین جهت تخلیه مقادیر زیادی فاضلاب میتواند شرایط سپتیک را در تابستان بوجود آورد. فعالیت باکتریهای بی‌هوازی نیز با بالا رفتن درجه حرارت افزایش مییابد Viehl با مطالعات خود دریافت که فعالیت این باکتریها در ۲۷ درجه سانتیگراد چهار برابر بیشتر از ۸ درجه سانتیگراد است.

منابع

- 1 – Water Treatment Handbook
Degremont 1973
- 2 – Disposal of Sewage and Other Water – Borne Wastes
K. Imhoff 1972
- 3 – River Pollution Vol. 2
L. Klein 1966
- 4 – Wastewater Engineering
Metcalf and Eddy 1972
- 5 – Chemistry For Sanitary Engineering
C.N. Sawyer 1967