



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شهریار - شهر قدس

پایان نامه دوره کارشناسی

عنوان:

اثر مواد بیولوژیک بر محیط زیست

استاد راهنما:

سرکار خانم دکتر عربگل

نام دانشجو:

فاطمه یزدانیا

گروه آموزشی:

کارشناسی پیوسته مهندسی شیمی - صنایع غذایی

پاییز-زمستان ۱۳۹۰

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شهریار - شهر قدس

پایان نامه دوره کارشناسی

عنوان:

اثر مواد بیولوژیک بر محیط زیست

نام دانشجو:

فاطمه یزدانیار

گروه آموزشی:

کارشناسی پیوسته مهندسی شیمی - صنایع غذایی

پاییز-زمستان ۱۳۹۰

رسالة محمد

فهرست مطالب

عنوان

مقدمه

فصل اول

آلودگی زیستی

بخش اول

آلودگی آب ها

بخش دوم

آلودگی هوا

بخش سوم

آلودگی خاک

فصل دوم

پالایش زیستی

بیوگاز

تصفیه بیولوژیکی فاضلاب به روش لجن فعال **Activated sludge**

تولید کمپوست

نقش میکروارگانیسم ها در حذف آلودگی نفتی از آب ها

استفاده از لجن فاضلاب بر زیست پالایی خاک های آلوده به نفت

حذف فلزات سنگین با استفاده از میکروارگانیسم ها

تصفیه بیولوژیکی پساب های حاوی فلز سمی روی $(Zn)^{2+}$ به وسیله جلبک دریایی

منابع

پیش گفتار:

به هر آنچه که در پیرامون ما قرار گرفته و با زندگی افراد در ارتباط باشد محیط زیست اطلاق می شود که محیط زیست شامل آب ، خاک ، هوا و ... می گردد.

محیط زیست نقش بسزایی در زندگی افراد جامعه دارد و توجه به سلامتی و تلاش در زمینه بهبود بهداشت آن، زدودن مجدد آن از آلودگی های ایجاد شده حائز اهمیت می باشد.

امروزه در جهان بسیاری از مردم به دلایل بلاهای طبیعی ، جنگ و زیر یاخت های ضعیف در محیط های آلوده زندگی می کنند به طور متوسط روزانه ۵۵۰۰ کودک به علت مبتلا شدن امراض ناشی از مصرف آب آلوده و تنفس در هوای آلوده می میرند. تمام تلاشهای محققین این است که به کمک شیوه های نوین و فناوری های جدید بتوانند این مشکلات را کاهش دهند.

یکی از این شیوه ها پالایش زیستی است ، اهمیت این روش با گذشت زمان کوتاهی از ظهور آن کاملاً مشهود می باشد.

امیدواریم با پیشرفت های چشمگیر در این زمینه بخش اعظمی از مشکلات زیستی پیش روی بشر برطرف گردد و در پرتو این دانش بدیع همگان از محیطی پاک و سالم در زندگی بهره مند شوند.

چکیده

ایران یک کشور در حال توسعه می باشد با توجه به پیشرفت در حوزه های صنعتی ، کشاورزی ،... و همچنین افزایش بی رویه جمعیت محیط زیست در کانون توجه قرار گرفته است.

توجه به پاکیزگی محیط زیست و رفع آلودگی های ایجاد شده یکی از مهم ترین موضوعات روز محسوب می گردد.

با توجه به اینکه ایران در سال های اخیر در حال اوج گیری در زمینه بیوتکنولوژی است عقلانی به نظر می رسد در سمت و سودهی برنامه های کلان محیط زیست در کشور از فناوری مواد بیولوژیک به عنوان یک پشتیبان قوی استفاده گردد.

محیط زیست یکی از عوامل تأثیرگذار در زندگی بشر تلقی می گردد زیرا انسان در تمام دوران زندگی با محیط پیرامون خود ارتباط تنگاتنگی دارد.

محیط زیست به بخش آب، هوا، خاک تقسیم بندی می گردد.

آب که یکی از ضروری ترین عناصر حیات بر روی زمین می باشد و انسان روزانه ۲-۲,۵ لیتر آب می نوشد و (۶۶-۵۸) درصد وزن بدن هر فرد در آب تشکیل می دهد.

تنفس نیز عامل ضروری در زندگی بشر است. بدن انسان برای انجام متمم فعالیت های خود به اکسیژن نیاز دارد، بدون بهره بردن از هوای پاک زندگی برای بشر غیر ممکن است.

خاک نیز یکی از منابع اصلی تأمین کننده غذای انسان می باشد بدین وسیله زندگی بشر را تحت الشعاع قرار می دهد و آلودگی خاک سبب بروز بسیاری از بیماری ها در گیاهان و جانوران شده و بدین ترتیب زندگی بشر را به خطر می اندازد.

بررسی نحوه آلودگی آب، هوا، خاک و برطرف کردن آلودگی های موجود مهم تلقی گشته و یکی از عناصر اصلی در زندگی انسان می باشد.

فصل اول : آلودگی زیستی

مقدمه ای بر آلودگی زیستی

مواد بیولوژیک به موادی که حامل موجودات زنده نظیر باکتری ها ، ویروس ها ، قارچ ها ، جلبک ها،... باشد اطلاق می شود.

این جانوران ریز اما تأثیر گذار به واسطه استفاده از کودهای بیولوژیک ، علف کش ها و افت کش ها ، مدفوع انسان ها ، پوست و بافت جانوران مرده و ... به محیط زیست پیرامون ما راه می یابند و باعث ایجاد بیماری و عفونت در افراد می گردند.

از آنجا که با فراهم آمدن شرایط مناسب رشد و تکثیر این موجودات ذره بینی بسیار سریع می باشد و مراحل اولیه آلودگی بیولوژیک به سادگی قابل تشخیص نمی باشد.

بررسی و شناخت آلودگی بیولوژیک آب ، هوا، خاک بسیار مهم تلقی می شود و یکی از ارش های بهبود و سطح کیفی سلامت در افراد جامعه محسوب می گردد.

بخش اول : آلودگی آب

مقدمه

آب یکی از فراوانترین و پایدارترین ترکیباتی است که در طبیعت یافت شده و از آن به عنوان بزرگترین حلال شیمیایی یاد می شود. آب اساسی ترین تشکیل دهنده بافتهای بدن بوده و به عنوان ضروری ترین عامل حیات شناخته شده که بدون آن انجام اعمال فیزیولوژی بدن ممکن نمی باشد.

آب حدود ۷۰٪ وزن بدن انسان را تشکیل داده و حدود ۷۱٪ سطح زمین را به صورت دریا، دریاچه و رودخانه پوشانیده است. میانگین سالانه باران در جهان ۷۶,۲ سانتیمتر و حدود ۹۷,۳٪ آب در اقیانوس ها ، ۲,۱٪ در یخ های مناطق قطبی و ۰,۶٪ در دریاچه ها ، رودخانه ها و زیرزمین قرار گرفته است.

اصولا مقدار آب در جهان ثابت می باشد ولی به طور یکنواختی توزیع نشده به طوری که در بعضی از نقاط جهان آب مناسب به اندازه کافی و در بعضی مناطق به مقدار کم وجود دارد که تکافوی نیاز جوامع بشری را نمی کند، از این رو آبهای طبیعی را طی یک سری عملیات برای مصارف مختلف مناسب می نمایند.

اگرچه آب یک اجتماع اغلب از یک منبع تهیه می شود ولی در مواردی که آب یک منبع برای رفع نیازهای مردم کافی نباشد ، از آب چند منبع ، مانند آبهای سطحی و زیرزمینی ، استفاده می شود.

آبهای سطحی از رودخانه های بزرگ یا دریاچه ها تأمین می گردند حتی ممکن است آب یک رودخانه کوچک نیز برای مصرف مناسب باشد در این صورت آب آن را به وسیله سد جمع آوری و ذخیره می نمایند.

آبهای سطحی کیفیت متفاوتی دارند و حاوی میکروارگانیسم ها ، مواد معدنی و آلی محلول و معلق می باشند. همچنین ، این آبها ممکن است رنگ ، مزه و بوی نامطبوع نیز داشته باشند. آبهای سطحی در معرض آلودگی با فاضلاب شهرها ، زوائد صنعتی ، سیلابهای کشاورزی و پس مانده های حیوانات و گیاهان قرار دارند. درجه حرارت آبهای سطحی متناسب با هوای منطقه تغییر می کند.

با اینکه آبهای زیر زمینی نیز در معرض آلودگی قرار دارند ولی اغلب صاف و بی رنگ بوده و مقدار مواد آلی و میکروارگانیزم های آنها کمتر از آبهای سطحی است زیرا که آب ضمن عبور از لایه های مختلف خاک تا حدی تصفیه می شود. بر عکس ، مواد معدنی (مانند یون های کلسیم و منیزیم) که عامل اصلی سختی آب می باشند ، ممکن است در آبهای زیرزمینی بیشتر از آب های سطحی مجاور آن باشند. به طور کلی ، مقدار و نوع مواد معدنی در آبهای زیرزمینی منعکس کننده اختصاصات مواد معدنی زمین آن منطقه می باشد. در طول زمان ، معمولاً کیفیت آبهای زیرزمینی ثابت تر از کیفیت آبهای سطحی است.

درجه حرارت آبهای زیرزمینی ثابت تر از حرارت آبهای سطحی می باشد و معمولاً نزدیک به میانگین سالانه درجه حرارت هوای منطقه است ، در حالی که درجه حرارت آبهای سطحی متناسب با حرارت منطقه تغییر می کند. آبهای زیرزمینی ممکن است فقط با تصفیه میکروبی برای مصارف عمومی مناسب شوند و بر حسب نوع آلودگی ، بعضی از ترکیبیتی که باعث شکایت مصرف کنندگان می گردند باید از آب خارج شده یا مقدار آنها به حدی تقلیل داده شود که برای مصرف کنندگان قابل تحمل بوده و اثر سوء بر سلامتی آنها نداشته باشد.

معمولاً آبهای سطحی در مقایسه با آبهای زیرزمینی تصفیه بیشتری لازم دارند تا برای مصارف عمومی آماده شوند.

رشته های مهندسی و علوم محیط زیست در نیمه دوم قرن نوزدهم بدین سبب ایجاد گردید که یافته ها نشان داد که آب می تواند عامل بعضی از بیماری های خطرناکی که انسانها به آن مبتلا می شوند ،

باشد. مهندسی که در تأمین آب شرب نقش داشتند در صدد یافتن راه هایی برای اطمینان از سالم و گوارا بودن آب تأمین شده برآمدند .

از اقدامات اساسی ،انعقاد و فیلتراسیون در اواخر قرن وزدهم و سپس ضدعفونی با کلر در اوایل قرن بیستم بود.

علی رغم این اقدامات اساسی شیوع بیماری های مرتبط با آب هنوز در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه متداول است و عامل اساسی بیماری می باشد.

علاوه بر این ، بعضی از بیماری های ناشی از آب در کشورهای پیشرفته توسط موجوداتی صورت می گیرد که قبلا دغدغه ای ایجاد نمی کردند . پاتوژنهای جدیدی بوجود آمدند که سابقه ای که بر آن اساس اقدامات پیشگیرانه طراحی شود وجود ندارد و در بعضی از موارد ، روشهای مناسبی برای ردیابی عوامل مؤثر موجود نمی باشد.

با توجه به اهمیت اساسی میکروارگانیسم های بیماری زا مرتبط با آب ، مهندسی و دانشمندی که در تصفیه آب و فاضلاب درگیر هستند باید به میکروارگانیسم های بیماری زایی که از طریف مواد مدفوعی یا غذایی منتقل می شوند آگاهی داشته باشند.

آزمایش آب برای یافتن ارگانیسم های نشانه روش عملی تعیین آلودگی میکروبی آب می باشد. ارگانیسم هایی به عنوان نشانه آلودگی به کار می روند که دارای مشخصات زیر باشند :

۱.همیشه در آبهای آلوده وجود داشته باشند.

۲.در آبهای غیر آلوده دیده نمی شوند.

۳. در آب بیش از عوامل بیماری زا زنده می مانند.

۴. به آسانی مشخص می شوند.

کلی فرم ها از یک گروه باکتری ها هستند که تمام اختصاصات فوق را داشته و به عنوان نشانه آلودگی میکروبی آب استفاده می گردند. معمولاً کلی فرم ها بیماری زا نبوده همراه با میکروب های عفونی در آب پیدا می شوند.

ضمناً ، تعداد کلی فرم ها خیلی زیادتر از میکروب های بیماری زا می باشد و اغلب زمان بیشتری در آب زنده می مانند . میکروب های کلی فرم به آسانی در آزمایشگاه تشخیص داده می شوند.

طبق یک قاعده ، در صورت وجود کلی فرم ها در آب فرض بر این است که ممکن است میکروب های بیماری زا نیز در آب وجود داشته و آب از نظر میکروبی ناسالم می باشد. اگر باکتری های کلی فرم در آب نباشند، عکس قاعده فوق صادق است یعنی که میکروب های بیماری زانیز در آب نمی باشند.

بسیاری از بیماری ها که توسط آب منتقل می شوند به بیماری های روده ای مشهور هستند چون آنها در اثر آشامیدن آب یا خوردن غذای آلوده شده با مدفوع انسانی به وجود می آیند. این آلودگی را می توان از طریق اعمال روشهای بهداشتی مناسب پیشگیری نمود. این بیماری ها در کشورهای در حال توسعه وفور زیادی دارند چون مردم یا امکانات اقتصادی برای پیشگیری را نداشته و یا از شیوه انتقال بیماری ها شناخت کافی ندارند. بسیاری از موجودات بیولوژیک ، عامل بیماری گاستروانتریتیس می باشند که اصطلاحی است که در مورد بیماری های ناشی از آب یا غذا کا عامل ایجاد کننده آن مشخص نیست به کار می رود. گاستروانتریتیس باعث ورم معده و روده و متعاقب آن اسهال و

ناراحتی های شدید می شود. موجودات عامل بیماری مرتبط با آب و غذا گستره ای از میکروارگانیزم ها از ذرات ویروسی تا موجودات چند سلولی دارند. با توجه به اینکه همه میکروارگانیزم ها به صورت ذره ای می باشند، همه آنها را می توان با استفاده از انعقاد یا فیلتراسیون از آب حذف نمود. بعضی از پاتوژن ها، مشخصاً باکتری ها، را می توان توسط مواد ضد عفونی کننده نظیر کلر یا ازن از بین برد.

فقط تعداد کمی از ویروسهایی که می توانند در انسانها عفونت ایجاد کنند در آب یافت می شود. پلیوویروس برای مدت زیادی به خاطر عمر زیاد خویش در آب جزو بیمارهای ناشی از آب تلقی می شد ولی روش اصلی انتقال آن بدون شک تماس مستقیم انسانی است.

در حال حاضر ویروس دغدغه آفرین ناشی از آب عامل هپاتیت عفونی، یعنی ویروس هپاتیت A می باشد. مهم ترین مشکل، خوردن ماهیان سخت پوست نظیر صدف خوراکی که می تواند ذرات ویروس را از طریق فیلتر کردن آب آلوده شده با مدفوع انسانی تغلیظ کنن به وجود آمده است.

اپیدمی مهمی از هپاتیت عفونی که نزدیک ۳۰ هزار نفر را آلوده کرد در سال ۱۹۵۵ در دهلی هند شیوع پیدا کرد که علت آن ورود فاضلاب تخلیه شده به رودخانه به داخل ورودی تصفیه خانه آب بود. ظاهراً فرایند ضد عفونی مورد استفاده برای از بین بردن ویروس ها کافی نبود و اپیدمی گسترده ای به وقوع پیوست. ویروس های کاکس ساکی، نورواک، روتا، و اکو عامل گاسترینتریتیس و اسهال می باشند. غذای آلوده شده، ماهی پوسته دار یا آب می تواند این ویروس ها را منتقل سازد.

پاتوژن های باکتریایی ناشی از آب در گروه باکتری های ارغوانی قرار می گیرند که در رده گامای موجودات انتریک می باشند. این گروه نسبتاً همگن باکتری های گرم منفی، فاقد توان تولید اسپور

،هوازی دو زیستی ، میله های فاقد اکسیداز که قندرا تخمیر کرده و تنوعی از فراورده های نهایی تولید می کنند ، می باشند.

اکثر این بامتری ها در معده انسانی قادر به حیات بوده و انواع گونه های بیماری زا عامل تولید بیماری هایی نظیر اسهال و اسهال خونی می باشند.

شناخته شده ترین عضو گروه ارغوانی ، اشیریشیاکلی است که در روده همه انسان ها زندگی می کند. اشیریشیاکلی به طور کلی بدون ضرر است ، ولی به علت وجود تعداد زیادی از آنها در فاضلاب انسانی ، از وجود این باکتری ها به عنوان شاخص آلودگی مدفوعی منابع آبی استفاده می شود. فرض متداول این است که اگر تعداد اشیریشیاکلی و باکتری های کالیفرم مرتبط کمتر از یک حد خاصی باشد، مثلا حدود ۲ عدد در هر ۱۰۰ میلی لیتر ، آب شرب سالم در نظر گرفته می شود.

در سال های اخیر رده هایی از اشیریشیاکلی یافت شده که بیماری زا بوده و وجود آنها در موارد غذایی و آب دغدغه آفرین می باشد. مشکل مشخص در این جا اشیریشیاکلی است که در دهه ۱۹۹۰ عامل ایجاد بسیاری از بیماری های مرتبط با مواد غذایی که منجر به مرگ تعداد زیادی در اثر اسهال خونی در ایالات متحده شد می باشد.

این باکتری به جداره داخلی روده چسبیده و انتروتاکسین هایی که باعث اتلاف آب در انسان ها می شود راتولید می نماید.

متداول ترین و خطرناک ترین بیماری های عفونی ناشی از آب تب تیفوئید ، اسهال خونی و وبا می باشد. مواد غذایی آلوده شاید مهم ترین حامل این بیماری ها در حال حاضر شناخته شوند ولی انتقال

از طریق آب هنوز هم رخ می دهد . باکتری های عامل این بیماری را به سادگی می توان به وسیله انعقاد ، فیلتراسیون و ضد عفونی شیمیایی از منابع آب حذف نمود.

شیوع بیماری های ناشی از آب که هنوز در سرتا سر دنیا به طور متداول رخ می دهد در اثر تصفیه ناکافی آب ایجاد می گردد. در بعضی مواقع منبع آلودگی شناخته شده نیست. به عنوان مثال شیوع گاستریانتریتیس در یکی از شهرهای کالیفرنیا در دهه ۱۹۶۰ حدود ۱۸ هزار نفر را آلوده ساخت. همه ی بیماری ها ناقل سالمونلا تیفی موریوم بودند و منابع تأمین آب مورد اتهام قرار گرفتند، چون سالمونلا در چند نمونه آبی یافت شد.

این یافته محدودیت استفاده از شاخص کالیفرم به عنوان شاخص سلامت منابع آبی را نشان می دهد، چئن باکتری های کالیفرم در حد غیر مجاز در شبکه توزیع یافت نشد.

موجود دیگری که عامل اسهال است به گروه اپسیلون ، کامپیلو باکتر ججانی ، تعلق دارد. این ارگانیزم از طریق طیور آماده شده یا حیوانات اهلی خصوصاً سگ منتقل می شود. این ارگانیزم عامل همده اسهال در اطفال است. هلیکوباکتر پیلوری، که مشابهت زیادی با کامپیلوباکتر ججانی دارد به عنوان عامل زخم معده شناخته شده است و منابع آبی ، یکی از مسیرهای مظنون این بیماری شناخته می شوند.

یک بیماری نسبتاً جدید ناشی از آب ، بیماری لژیونر می باشد که دارای منشأ جلبکی است.

تقریباً همه بیماری های با منشأ آبی و مرتبط با جلبکها ، ریشه در عفونت توسط دینوفلاژله ها دارند. در عین حال ، بیماری ایجاد شده در حیواناتی که از برکه های آبی مقدار زیادی از سینوباکتری ها مصرف کرده اند متداول می باشد.

به طور کلی دینوفلاژله ها به صورت مستقیم به انسان ها آسیب وارد نمی سازند ولی از طریق ماهیان سخت پوست عمل می کنند. گونیائولاکس عامل ایجاد جریان جزر و مد قرمز رنگی است که در سواحل کالیفرنیا و فلوریدا رخ می دهد. رشد ناگهانی این موجودات در اثر زیر و روشن شدن مواد مغذی و دمای تابستانی غالباً باعث ایجاد رنگ قرمزی در آب می شود. این موجودات سمی تولید می کنند که بعضی مواقع برای ماهیان کشنده بوده و به وسیله ماهیان سخت پوست تغلیظ می شود. مصرف ماهیان یا ماهیان سخت پوست آلوده شده به این سم می تواند بیماری شدیدی ایجاد نماید.

به همین دلیل مصرف ماهیان سخت پوست در فصل تابستان معمولاً مجاز نمی باشد. اگرچه مغذی شدن آبهای ساحلی بر اثر فعالیتهای انسانی در بعضی از مواقع عامل وقوع جریان قرمز است، شواهد کمی وجود دارد که این پدیده عامل غیر طبیعی داشته باشد.

مشکل جدیدی که به وجود آمده فیستریا پیسی دیدا (*Pfiesteria Piscidida*) می باشد که در سال ۱۹۹۱ کشف شد. این جلبک تک سلولی ، ۲۴ فرم حیاتی مختلف دارد که یکی از آنها سمی تولید می کند که میلیاردها ماهی را در سواحل کارولینای شمالی از بین برد. پس از آن مرگ و میر ماهیان در اثر رشد فیستریا در نقطه دیگری رخ داد و باعث ایجاد دغدغه و انجام مطالعات جدیدی شد. فرضیه ای که بیشتر پشتیبانی می شود رشد فرم فیستریای سمی در اثر تخلیه پساب کشاورزی حاوی مواد غذایی از دامپروریها است.

گزارشهای بهداشتی نشانگر این است که سموم قیستریا می تواند عامل مشکلات سلامتی نظیر ضعف حافظه ، تنگی نفس و حساسیتهای پوستی شود. مطالعات زیادی برای فهم ماهیت اینگونه بیماری های جدید ناشی از آب در حال انجام است.

بیماری های مرتبط با پروتوزوئرها در سرتاسر جهان مشهور بوده و در حال حاضر شاید مهم ترین مشکل ناشی از منابع آبی در کشورهای در حال توسعه باشد.

آمییبیاسیس مدت زیادی است که به عنوان مشکل مرتبط با آب شرب و مواد غذایی مصرفی در نواحی معتدل شناخته شده است. آمارها نشان می دهد ۱۰ تا ۲۵٪ جمعیت های بومی کشورهای نواحی معتدل حامل این عوامل بیماری زا هستند.

بیماری جدید ناشی از پروتوزوئرها ، ژیاوردیاسیس ، به عنوان یک بیماری در دهه ۱۹۶۰ شناخته شد که در اثر آلوده شدن منابع آبی در منطق سردسیر نظیر آمریکا ، کانادا و روسیه می باشد. بین ۱۹۶۵ تا ۱۹۸۱ ، ۵۳ موزرد وقوع ژیاوردیاسیس ناشی از آب که حدود ۳۰ هزار نفر را آوده ساختند ایالت متحده آمریکا گزارش شد. روش عمده انتقال از طریق آب کیست مرحله استراحت ژیاوردیا لامبیای تاژک دار می باشد.

رشد و نمو کیست ها در مجاری روده ای رخ داده و باعث ایجاد اسهال ، تشنج روده ای و تهوع می شود. کیست های ژیاوردیا در مقابل فرآیندهای تصفیه حاوی انعقاد ، فیلتراسیون و ضوعفونی می توان از بین برد. حیواناتی چون موش و خرس از حامل های عمده سلول ها و کیست های ژیاوردیا بوده و درنواحی کوهستانی آبهای به ظاهر بسیار تمیز را آلوده می سازند. به همین دلیل ژیاوردیاسیس غالباً تب خرسی نامیده می شود.

بیماری جدید دیگری نیز ناشی از پروتوزوئرها می باشد کریپتواسپوردیوم می باشد، که تا کنون عامل ایجاد بزرگترین اپیدمی ناشی از آب شده است.

کریپتواسپوردیوم پاتوژن روده ای متداولی در گاوهای شیرده است و حضور ناگهانی آن در منابع آبی تا حدی ناشی از باران های بهاری و آبرفت ناشی از زمین های کشاورزی بود که بارگذاری این ارگانیزم را در سیستم های تصفیه آب افزایش داد. همزمان فرآیندهای انعقاد - فیلتراسیون به صورت بهینه عمل نمی کردند و امکان از بین بردن کدورت وجود نداشت. کیست های این ارگانیزم در مقابل کلریناسیون مقاومت می کنند و بدین طریق ، باید به شیوه انعقاد و فیلتراسیون آن را حذف نمود. به همین خاطر بعضی از فرآیندهای تصفیه آب در حال تغییر است تا امکان حذف کدورت بیشتری را از طریق فیلتراسیون بتوانند انجام دهند.

برخی عوامل بیماری زا که به وسیله آب انتقال می یابند

بیماری	عامل بیماری	منبع ارگانیزم	علائم بیماری
گاستروآنتریت	عوامل مختلف بیماری زا	مدفوع حیوانات یا انسان	اسهال حاد و استفراغ
حصبه	سالمونلاتیفوزا	مدفوع انسان	تورم روده ،بزرگ شدن طحال،بالا رفتن حرارت بدن،کشنده
اسهال میکروبی	شیگلا	مدفوع انسانا	اسهال،به ندرت کشنده
وبا	ویبریوکما	مدفوع انسان	استفراغ،اسهال شدید،سرعت از دست

رفتن آب و مواد معدنی بدن، مرگ و میر بالا			
پوست زرد، بزرگ شدن کبد، درد شکم، مرگ و میر کم، بیماری حدود ۴ ماه طول می کشد	مدفوع انسان	ویروس	هپاتیت عفونی
اسهال خفیف و موزمن	مدفوع انسان	آنتامباهیستولیتیکا	اسهال آمیبی
اسهال، دل پیچه، تهوع و ضعف عمومی - بیماری از ۱ تا ۳۰ هفته طول می کشد، کشنده نمی باشد	مدفوع حیوانات اهلی و وحشی	ژیاردیالامبیا	ژیاردیازیس
اسهال خونی شبیه اسهال ناشی از آنتامباست	مدفوع انسان	بالانتیدیوم کلی	بالانتیدیازیس

اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) :

ازدیاد و تکثیر فراوان جوامع میکروبی موجب به مصرف رسیدن اکسیژن محلول در آب می گردد. اگر فعالیت باکتری ها یش از حد افزایش یابد، کاهش اکسیژن مهیا در آب می تواند به حدی برسد که سبب مرگ ماهی ها گردد.

محیط آبی که اکسیژن کافی نداشته باشد از نظر موجوداتی که به اکسیژن بیشتر از حد موجود نیاز دارند، آلوده محسوب می شود. مقدار اکسیژن لازم برای این تجزیه بیوشیمیایی را اصطلاحاً تقاضای بیوشیمیایی اکسیژن (BOD) می گویند. BOD که یک معیار معمول قابل سنجش در مدیریت کیفیت آب است، بر اساس میلی گرم در لیتر اکسیژن مصرفی طی روز در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری می شود. حدود ۳۳٪ از BOD محیط های آبی بخصوص رودخانه ها مربوط به فعالیت های کشاورزی است. وقتی BOD زیاد باشد اکسیژن محلول چنان پایین می افتد که حیات موجودات آب را تأمین نمی کند.

بر اساس تعریف شورای کیفیت محیط زیست ، آستانه هشدار آلودگی آب جایی است که اکسیژن محلول از ۵ میلی گرم در لیتر کمتر باشد. اگر مقدار مواد آلی زیاد شود و تجزیه آنها به سرعت صورت گیرد تقریباً تمام اکسیژن محلول در آب به مصرف می رسد. در این صورت تخمیرهای غیرهوازی و فعل و انفعالات احیاء کننده رخ می دهد که نتیجه آن تولید سولفورها، H_2S ، CH_4 و NH_3 خواهد بود. فعل و انفعالات مذکور غالباً در آبهای روان صورت می گیرد.

اضافه شدن دائمی مواد غذایی معدنی ناشی از مواد آلی نهایتاً می تواند منجر به ایجاد پدیده اختناق دریاچه ها یا محیط های آبی شود. در این حالت در دریاچه ها و یا برکه ها بیوماس فیتوپلانکتون ها افزایش می یابد و به موازات آن از شفافیت آب کاسته می شود لذا پلانکتون ها در قشرهای سطحی آب تراکم بیشتری حاصل می کنند.

تراکم آن ها در سطح آب موجب افزایش مقدار مواد آلی می شود که این خود موجب ازدیاد موجودات هتروتروف گردیده و در نتیجه اکسیژن محلول آب کاهش می یابد. بدین ترتیب به دنبال

آلودگی اولیه که در اثر ازدیاد مواد آلی از خارج آمده رخ می دهد، آلودگی ثانوی که دارای مبدأ داخلی است صورت می گیرد.

بخش دوم : آلودگی هوا

هوا مایه زندگی است و نیاز به آن بیش از نیاز به آب و غذا می باشد. مقدار متوسط هوایی که یک انسان بالغ در یک شبانه روز تنفس می کند تقریباً ۱۵ کیلوگرم است در حالیکه غذا و آب مورد مصرفش به ترتیب ۱,۵ و ۲,۵ کیلوگرم می باشد. در اهمیت هوا همین بس که آدمی می تواند بدون غذا تقریباً ۵ هفته و بدون آب حدود ۵ روز زنده بماند ولی بدون هوا بیش از چند دقیقه قادر به ادامه حیات نخواهد بود.

هوا مخلوطی از گازهای مختلف است که قسمت های اعظم آن را گازهای نیتروژن و اکسیژن تشکیل می دهد. هوای سالم و طبیعی، به طور تقریب شامل ۷۸ درصد نیتروژن، ۲۱ درصد اکسیژن، ۰,۹۳ درصد آرگون، ۰,۰۳ درصد گاز کربنیک و مقادیر بسیار جزیی از گازهای نئون، هلیوم، کریپتون، زنون، رادون، ازن، هیدروژن و غیره است که ضروری ترین عامل ادامه حیات انسان ها می باشد.

هوایی که این همه برای زندگی آدمی ضروری است و تأثیرش در تندرستی انسان غیرقابل انکار است، متأسفانه در اثر عوامل طبیعی به ویژه فعالیت های آدمی همواره در معرض آلودگی ها قرار گرفته است.

با توجه به اهمیت هوای پاک و خطرات ناشی از آلوده بودن آن ، در این فصل به بررسی مختصری در مورد منابع و عوامل آلوده کننده هوا، اثرات آلودگی هوا بر روی انسان، نباتات، حیوانات و مواد مختلف و روش های مبارزه با آلودگی هوا می پردازیم.

آلودگی هوا عبارت است از وجود یک یا چند ماده آلوده کننده در هوای آزاد به مقدار و مدتی که کیفیت آن را به طوری که مضر به حال انسان، حیوان، گیاه و یا آثار و ابنیه باشد تغییر دهد.

منابع عمده آلودگی هوا عبارتند از منابع طبیعی و مصنوعی. منابع طبیعی اغلب بدون دخالت مستقیم انسان ها است و منابع مصنوعی برعکس به دست بشر به وجود آمده و آلودگی های ناشی از آن حاصل فعالیت های آدمی است.

منابع گیاهی و حیوانی مانند گرده گل ، ذرات بیولوژیک و گازهای ناشی از فساد و تخمیر مواد ، چنانچه در فضای اطراف منتشر گردند در آلوده نمودن هوا مؤثرند.

میکروارگانیزم های موجود در هوا به دو دسته تقسیم می شوند:

۱. باکتری ها : مهم ترین باکتری های موجود در هوا کوکسی های گرم منفی هستند باکتری های میله

ای اسپورزا میکروکوکسی، *coryne* باکتری ها، استرپتومایسس و اکتینومایسس ها.

۲. قارچها: اسپرژیلوس - پنی سیلیوم - فوزاریوم - کلادوسپوریوم - مخمرهای آینه ای

به منظور پی بردن به باکتری های موجود در هوا آزمایش زیر انجام می شود.

ابتدا در یک پیلت استریل محیط Nutrient agar ایجاد کرده و آن را بدون درپوش به مدت ۴۸ ساعت در معرض هوا قرار می دهیم اگر در محیط کوکسی گرم منفی یا باکتری میله ای اسپورزا وجود داشته باشد کلنی سفید رنگ ایجاد می شود.

در صورتی که در محیط میکروکوکسی و یا Croylene باکتریوم موجود باشد کلنی های رنگی تولید می شود اما اگر استرپتومایسس یا اکینومایست وجود داشته باشد کلنی های محدب و ضخیم ایجاد می گردد.

باید توجه داشت باکتریهای دارای رنگدانه در هوای محیط بهتر و بیشتر زندگی می کنند زیرا رنگ دانه های آنها از اثرات مضر نور و UV از آنها حفاظت می کند. همچنین باکتری های گرم مثبت به علت داشتن دیواره سلولی ضخیم و ساده بیشتر در هوا زنده می مانند.

باکتری های موجود در هوا هیچ مکانیسم فعالی جهت انتشار در هوا ندارند و توسط موارد زیر در محیط فعال می شوند.

۱. گرد و غبار: گرد و غبار باعث انتقال و حمل و نقل آن ها در محیط می شود.

۲. ذرات ریز آب در محیط باعث پراکندگی آن ها می شود.

۳. سلول های مرده پوست که توسط انسان و حیوانات وارد محیط می شود و باعث پراکنده شدن آن ها می شود.

مهم ترین قارچ های موجود در هوا دو قارچ آسپرژیلوس و پنی سیلیوم است قارچ ها نیز همانند باکتری ها مکانیسم فعالی برای انتشار در محیط ندارند قارچ ها دارای اسپورهای ریز و خشک هستند

که در هوا منتشر می شوند . این اسپورها هم سبک هستند و هم چنین تحت تأثیر شرایط دمایی و رطوبتی قرار نمی گیرند.

قارچ کلادوسپوریوم تحت دو مکانیسم متورم شدن و خوابیدن عکس العمل نشان داده و اسپورهای خود را در فضا پراکنده می کند.

مخمرهای آینه ای دسته ای از مخمرهای حقیقی هستند که در رطوبت نسبی بالای هوای شب اسپورهای خود را رها می کنند.

پس بیشترین قارچ موجود در شب در هوا از این نوع است. و بیشترین قارچ موجود در هوا در روز کلادوسپوریوم است.

وجه تسمیه آن به مخمرهای آینه ای به این دلیل است که وقتی آن را در محیط کشت عصاره مالت رشد می دهند به هر صورتی در محیط کشت قرار گیرد کلنی همان شکلی به ما می دهد.

نکته قابل توجه آن است که سرعت کشته شدن میکروارگانیسم ها در شب همواره بیشتر از سرعت کشته شدن میکروارگانیسم ها در روز است.

دلیل این مسئله مشخص نیست اما ممکن است نور روز دارای اثر مخرب در کشته شدن موجودات بیولوژیک باشد.

بخش سوم : آلودگی خاک

از دیدگاه جهانی پس از آب و هوا ، خاک سومین جزء عمده محیط زیست تلقی می شود. تا زمانی که بشر با شکار امرار معاش می کرد ، نیازی به تفکر درباره طبیعت و ارزش خاکی که زیر پایش بود نداشت ولی همین که به جای شکار اقدام به کاشتن کرد و طبیعت خاک ، اثر مستقیمی در زندگانش بر جای نهاد ، مجبور شد تا درباره خاک نیز فکر کند.

بعدها که با گذشت زمان بینش عمومی نسبت به ارزش خاک و دنیای نهفته در آن فزونی یافت ، خاک مفهوم عمیق تری پیدا کرد و بقای میلیون ها انسان گرسنه به آن وابسته گردید. گرچه بشر هم اکنون بر این امر که خاک حیات بخش بوده و ناجی میلیون ها انسان گرسنه است اعتقاد کامل دارد لیکن باافراط در آن چه تمدن مینامد، علاوه بر آلوده نمودن آب و هوا ، موجبات آلودگی خاک ها را نیز فراهم نموده است.

آلودگی خاک معمولاً نتیجه عادات غیربهداشتی، فعالیت‌های مختلف کشاورزی و روش‌های غلط دفع مواد زائد جامد و مایع می‌باشد. به علاوه ریزش عوامل آلوده‌کننده هوا در اثر نزولات جوی نیز در ایجاد آلودگی خاک می‌تواند مؤثر واقع گردد.

خاک در اثر بی‌مبالاتی‌های به شدت به وسیله مواد شیمیایی از جمله فلزات سنگین و فرآورده‌های صنعت نفت آلوده شده و از این طریق وارد زنجیره غذایی، آب‌های سطحی یا زیرزمینی گشته و وارد بدن انسان می‌گردد.

در غالب کشورهای جهان به ویژه در کشورهای صنعتی آلودگی خاک به میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا هنوز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

علی‌رغم پیشرفت‌هایی که در سطوح مختلف توسط انسان در قرن اخیر رخ داده است لیکن هنوز در مجاورت شهرهای بزرگ و مدرن توده وسیعی از مردم یافت می‌شوند که سطح زندگی، میزان تحصیلات و آگاهی و بالاخره وضع اقتصادی و اجتماعی آن‌ها از تغییرات بسیار اندکی برخوردار بوده و بالاحص ادرار و مدفوع و سایر ترشحات هنوز به نحوی است که چرخش عفونت ناشی از عوامل بیماری‌زای منتقله به وسیله خاک محفوظ مانده است.

در بسیاری از نقاط دنیا به دلیل کمبودهایی که در توزیع کودهای شیمیایی وجود دارد، هنوز از مدفوع انسانی به عنوان کود با ارزش استفاده می‌شود.

در مناطقی که کمبود آب محسوس است احیاء و استفاده مجدد از فاضلاب در غالب موارد به عنوان یک منبع اضافی آب در جهت آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد و چنانچه مراقبت‌های لازم در این زمینه اعمال نگردد این عمل برای سلامتی و بهداشت مخاطره‌آمیز است.

در برخی مناطق که نظارت دقیق در دفع فاضلاب نمی شود و هنوز نقل و انتقال روی فاضلاب خام صورت می گیرد مشکلات بهداشتی فراوانی را موجب می شود به عنوان مثال یکی از علل شیوع وبا در خاورمیانه مصرف محصولات کشاورزی و سبزیجات آبیاری شده با فاضلاب خام می باشد. گرچه در موارد مشکوک سبزیجات به صورت پخته مصرف می شود ولی می توان تصور نمود که سطوح ظروف و آشپزخانه ممکن است در مراحل تهیه این سبزیجات آلوده شود و منجر به آلوده ساختن سایر مواد غذایی که به صورت خام مصرف می شود گردد.

بنابراین آن چه گذشت در بین آلوده کننده های خاک ، آن چه بیش از همه مورد نظر است ، آلودگی های بیولوژیکی است که به شرح مختصر در باره ی آن در این فصل می پردازیم.

آلودگی خاک به وسیله عوامل بیولوژیکی بیماری زا

عوامل بیولوژیکی را که سبب آلودگی خاک شده و موجب بروز بیماری در انسان می گردند می توان به ۳ گروه زیر تقسیم نمود:

۱. اورگانیزم های بیماری زای دفع شده انسان که به وسیله تماس مستقیم با خاک آلوده و یا مصرف میوه و سبزیجات روئیده شده در خاک آلوده ، به انسان منتقل می شود (انسان - خاک - انسان).

در این دسته باکتری های بیماری زای روده ای، بعضی از پروتوزوئرها و برخی از کرم ها مانند آسکاریس و کرم قلابدار قرار دارند. انتشار عوامل فوق به علت دفع غیر بهداشتی مدفوع انسانی یا مصرف آن ها به عنوان کود و یا آبیاری مزارع با فاضلاب ها می باشد.

در نتیجه خاک و محصولات غذایی به دست آمده از مزارع با عوامل بیماری زای بیماری هائی از قبیل وبا ، شبه وبا، حصبه ، شبه حصبه، اسهال باسیلی آلوده شده و انسان را بیمار می کند.

راه سرایت به انسان از طریق آب آلوده ، تماس مستقیم شخص به شخص ، غذای آلوده ، تماس مگس با مدفوع انسانی و اغذیه انجام می شود.

۲. اورگانیزم های بیماری زای حیوانات که در اثر تماس مستقیم افراد با خاک آلوده به مواد دفعی حیوانات ، به انسان منتقل می گردد (حیوان - خاک - انسان).

تعدادی از بیماری های مشترک انسان و دام مانند لپتوسپیوز ، سیاه زخم، تب کیو، لارو کرمهای مهاجر ، که خاک نقش اساسی در انتقال آن ها را به عهده دارد در این دسته جای دارند.

توزیع لپتوسپیروزیس با شرایط خاص بهداشت محیط به ویژه حیوان ناقل ، آب ، گل و لای انسان در رابطه است. حیوانات ناقل گاهی عامل بیماری را به حد وفور از طریق ادرار دفع می کنند که اگر در محیط آب یا گل و شل که از نظر PH خنثی و یا کمی قلیایی باشد می توانند برای هفته ها زنده بمانند.

حیوانات حساس و انسان وارد شده در این محیط ها در معرض عامل بیماری را قرار گرفته و ممکن است موجب بروز عفونت با واکنش های غیر آشکار و یا حاد و کشنده گردد.

لپتوسپیورها معمولاً از طایفه پوشش مخاط و یا پوست بدن مرطوب و خیس و یا جراحت وارد بدن می گردد. کارگرانی که در مزارع کشاورزی در زمینه آبیاری و یا در شالیزارها و مزارع نیشکر کار می کند در غالب موارد آلوده می شوند.

اسپور باسیل سیاه زخم (باسیلوس آنتراسیس) در برابر مواد شیمیایی و عوامل زیست محیطی مقاوم بوده، می تواند در برخی از خاک ها و همچنین محصولات دامی نظیر پوست خام ، مو و پشم سال ها زنده باقی بماند و در شرایط مناسب باعث انتقال بیماری گردد.

عامل بیماری زای تب کیو که نوعی ریکتزیا است ممکن است در زمین و یا گرد و خاک یافت شود و باعث آلودگی و بیماری گردد.

لارو مهاجر پوستی در مناطق گرمسیر که کرم قلابدار سگ و گربه شیوع فراوان دارد یک عفونت متداول نزد انسان به شمار می رود . انسان از طریق وارد شدن لارو کرم قلابدار به داخل پوست بدن آلوده شده و مهاجرت آن موجب درماتیت با شدت متغیر می گردد.

عفونت بیشتر در بین افرادی است که با فضولات حیوانی در تماس هستند. بچه هائیکه در سواحل دریا ، چمن ها و محل های بازی که لارو کرم وجود دارد مشغول بازی هستند در معرض خطرند. در بعضی مواقع ضد عفونی خاک توصیه می شود.

۳. اورگانیزم های بیماری زا که به طور طبیعی در خاک یافت می شوند و انسان در اثر تماس مستقیم با این قبیل خاک ها ، آلوده می شود (خاک - انسان). مهم ترین بیماری هائی که در این دسته جای دارند شامل قارچ ها ، کزاز و بوتولیسم می باشند.

اکثر قارچهائی که به طور طبیعی به صورت ساپروفیت روی خاک و یا رستنی ها رشد می کنند تحت شرایط خاصی بیماری زا شده و بافت های خاصی را مورد حمله قرار می دهند.

کزاز بیماری حادی است که در اثر توکسین ناشی از رشد بی هوازی باسیل کزاز در محل جراحات ممکن است ایجاد شود. عامل بیماری کزاز (کلستریدیوم تتانی) از طریق مدفوع حیوانات آلوده به ویژه اسب ها دفع می شود و اولین منبع آلودگی ممکن است خاک ، گرد و غبار ، مدفوع انسان یا حیوان باشد که متعاقب جراحی بدن و تماس با این منابع باعث انتقال بیماری می گردد.

بوتولیسم در غالب موارد یک نوع مسمویت کشنده است که به وسیله توکسین باکتری کلستریدیوم بوتولینوم ایجاد می شود. مخزن عامل بیماری خاک و روده حیوانات می باشد. سم در اثر رشد بی هوازی اسپور در محیط غذایی ایجاد می شود که منبع اصلی مسمویت به شمار می رود. بیماری معمولاً در اثر مصرف مواد غذایی کنسرو شده که به طور کامل هنگام تهیه استریل نشده است و یا مواد غذایی کنسرو شده که قبلاً با خاک آلوده به کلستریدیوم بوتولینوم تماس داشته است اتفاق می افتد.

لازم به یادآوری است چنانچه قبل از به کارگیری فضولات آلی در خاک ، از عدم آلودگی آن ها اطمینان حاصل گردد ، استفاده از آن ها در کمک به افزایش تولید و بهبود حاصلخیزی خاک کاملاً چشمگیر خواهد بود.

فصل دوم : پالایش زیستی

مقدمه

کلیه ارگانیزم ها با استفاده از انرژی ذخیره شده در مولکول های آلی و غیر آلی یا انرژی تابشی موجود نظیر نور خورشید رشد می کنند. برای به دست آوردن انرژی ، ارگانیزم ها مواد شیمیایی را از طریق واکنش های اکسیداسیون و احیاء تبدیل می کنند. بعضی از این انرژی ها برای تکثیر ارگانیزم ها استفاده می شود. در بیوتکنولوژی زیست محیطی واکنش های اکسیداسیون / احیاء و تولید بیومس جدید توسط میکروارگانیزم ها مواد آلاینده را حذف می نماید.

نمونه هایی از فواید زیست محیطی که می تواند توسط سیستم میکروبی حاصل شود شامل موارد زیر است :

- تصفیه فاضلاب با استفاده از لجن فعال
- تبدیل زائدات آلی به متان به عنوان یک سوخت مفید
- تبدیل مواد آلی فساد پذیر به ترکیبات غیر آلی بی ضرر
- تجزیه آلاینده های سمی موجود در خاک و آب ها

فقط شناخت واکنش های تولید کننده و مصرف کننده انرژی میکروارگانیسم ها می توان شرایطی ایجاد کرد که حاصل آن حفاظت از محیط زیست و بهبود آن باشد.

بیوگاز (Biogas)

بحران انرژی و کمبود آن در اثر محدودیت ذخائر نفتی دانشمندان را بر آن داشته تا اخیراً با استفاده از انرژی های حاصل از نور خورشید ، باد ، آب ، اتم و نیز انرژی های بیولوژیکی این کمبود را جبران نمایند. یکی از موفق ترین مطالعات جهت به دست آوردن نیروی جدید و طبیعی ، کاربرد مواد زائد حیوانی و پس مانده های مواد آلی آن هاست که هم اکنون نتیجه این تحقیقات به صورت متدهای بسیار ساده و ارزان تحت عنوان بیوگاز ارائه شده است.

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و حتی در بسیاری از نقاط ایران مسئله کمبود سوخت همیشه وجود داشته است. مثلاً روستائیان برای ادامه حیات خود با مسائلی بسیار ساده و ابتدائی دست به گریبان بوده و پراکندگی مراکز جمعیت و نبودن راه های ارتباطی صحیح و قابل اطمینان نیز

ابعاد بیشتری به مسائل آن ها از جمله کمبود انرژی بخشیده است. علاوه بر اینکه کمبود انرژی الکتریسیته هنوز برای مراکز صنعتی کشور نیز وجود دارد در بسیاری از روستاهای ایران برای گرم کردن ، آشپزی و روشنائی غالباً از نفت و گاز و بسیاری از آن ها نیز از سوزاندن فضولات دامی و یا هیزم انرژی مورد نیاز خود را تأمین می کنند.

به طور تقریبی هر ساله در حدود ۱۵ میلیون تن مواد بیولوژیکی ((هیزم- کاه - شاخ و برگ درختان و ضایعات و فضولات حیوانی)) در ایران به عنوان سوخت مصرف می شوند که سوخت ان ها صدمات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد می سازد.

در خلال جنگ های جهانی دوم در کشورهای اروپائی ، طرح بیوگاز برای تأمین انرژی های مورد نیاز خصوصاً برای مناطق دور از شهرها و مراکز جمعیت مورد توجه قرار گرفت ولی با خاتمه جنگ و ارزانی انرژی های فسیلی از قبیل ذغال سنگ و نفت این تکنولوژی به زودی به فراموشی سپرده شد و دوباره در سال های ۱۹۶۰ در اروپا و سپس آسیای شرقی مورد توجه قرار گرفت.

به طور کلی بیوگاز در اثر تخمیر بی هوازی مواد آلی به دست می آید . مواد زائد بیولوژیکی خصوصاً فضولات دامی ، زباله خانگی ، ریشه و ساقه گیاهان در مخزن در بسته ای تحت عمل تخمیر قرار گرفته ، پوسیده شده و تولید گاز قابل اشتعالی می نماید.

این گاز که به نام بیوگاز معروف شده است مخلوطی از ۶۰ الی ۶۵ درصد گاز متان و ۳۰ الی ۳۵ درصد اکسید دو کربن می باشد و به آن گاز مرداب و یا گاز چاه فاضلاب نیز گفته می شود زیرا در مرداب ها و در چاه های فاضلاب قدیمی زیاد دیده شده و حتی باعث انفجاراتی نیز شده است. متان که منشأ انرژی و قابلیت اشتعال بیوگاز می باشد همان گازی است که در شبکه های گاز رسانی

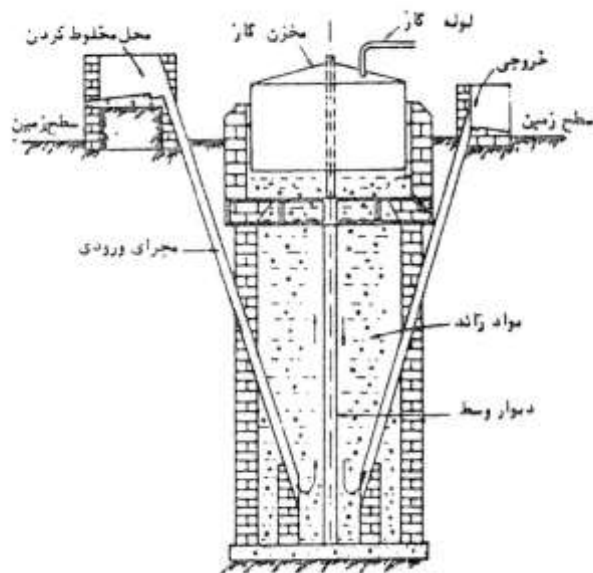
شهری جاری است و به صورت طبیعی نیز در منابع زیر زمینی وجود دارد . بیوگاز بدون رنگ و بو بوده و به سادگی قابل اشتعال می باشد . هر هزار فوت مکعب آن معادل ۶۰۰ فوت مکعب گاز طبیعی انرژی تولید می کند.

اگرچه کلیه مواد آلی بیولوژیکی قابلیت تخمیر و تولید بیوگاز را دارا می باشند ولی فضولات دامی و انسانی برای این عمل مناسب ترند . بنابراین در نقاطی که امکان نگهداری حیوانات و دامداری وجود دارد از قبیل روستاها و یا حتی دامداری ها و مرغداری ها مقداری از انرژی مورد نیاز را می توان به کمک تخمیر فضولات و ضایعات حیوانی و انسانی تأمین نمود.

از قدیم روستائیان آسیائی و حتی روستائیان بعضی از نقاط ایران از فضولات دامی به عنوان منبع سوخت استفاده می کرده اند و متأسفانه هنوز نیز بالاجبار سنت های قدیمی را حفظ نموده اند. به این ترتیب که فضولات دامی به صورت توده ای قرص شکل در آمده و این کلوخ ((پهن)) را برای سوخت مصرف می کنند. ولی پهن همچون هیزم دارای بازده بسیار کمی در تولید انرژی حرارتی می باشد خصوصاً هنگامیکه در فضای باز و محصور نشده سوزانیده شود ولی با وجود اینکه تنها ۶۰ درصد از مواد آلی قابل اشتعال در اثر تخمیر تبدیل گاز می شوند این گاز دارای بازدهی معادل ۶۰ درصد انرژی اولیه است درحالیکه فضولات جامد تنها ۱۱ درصد بازده حرارتی دارند. از این جهت انرژی حاصله از سوخت گاز به مراتب بیشتر از انرژی حاصله از سوخت مستقیم فضولات حیوانی است.

چون فعالیت باکتری های غیرهوازی متان زا که عامل تخمیر مواد آلی بیولوژیکی و تولید بیوگاز کی باشند در درجه حرارت های بین ۳۵-۵۰ درجه سانتی گراد بیشتر می باشد لذا واکنش تولید بیوگاز در مناطق گرم و تابستان ها بهتر و با سرعت بیشتری انجام می گیرد.

عمل تخمیر در مخازنی به نام هضم کننده و یا تخمیر کننده انجام می گیرد و به طور متوسط از هر متر مکعب حجم مفید مخزن هضم کننده در حدود ۱۵۰ لیتر بیوگاز تولید می شود. زمان توقف مواد بیولوژیکی در مخزن هضم کننده و به عبارت دیگر زمان لازم برای کامل شدن واکنش فوق بسته به درجه حرارت محیط از ۳۰ تا ۹۰ روز متغیر است.

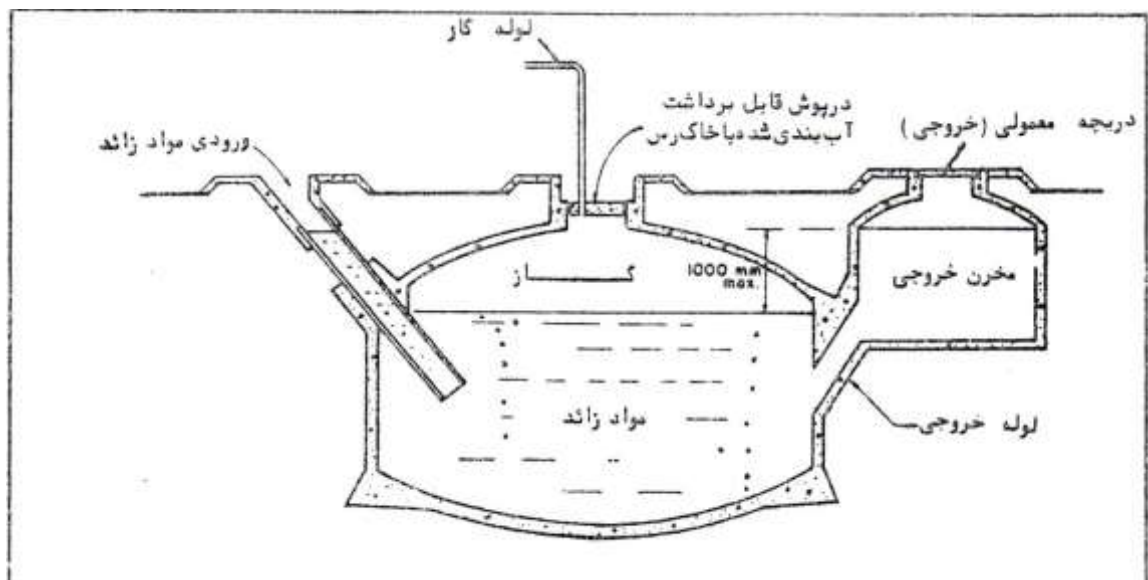


شکل : مخزن تخمیر برای تولید بیوگاز از انواع متداول در روستاهای هند با سرپوش متحرک.

شکل بالا یک مخزن تخمیر از نوع متداول در روستاهای هند می باشد. مواد قابل تخمیر با مقدار هم وزن خود آب مخلوط شده و به وسیله مجرای به قسمت تحتانی مخزن وارد می شوند. مجرای دیگری برای تخلیه مواد تخمیر شده در نظر گرفته شده که هر چند روز یک بار برای تخلیه به کار برده می شود.

مخلوط کردن محتویات داخل مخزن به واکنش تخمیر کمک کرده و زمان واکنش را کاهش می دهد ولی به طور کلی در طراحی مخزن تخمیر باید توجه داشت که مخزن کاملاً سرپوشیده باشد تا مانع فرار گاز به خارج و نفوذ هوا به زیر سرپوش باشد. در سیستم متداول در هند، انباره گاز به صورت شناور در نظر گرفته می شود که در نتیجه با ازدیاد فشار گاز، انباره گاز بالا و با مصرف گاز به پائین حرکت می کند.

در سیستم روستائی متداول و مورد قبول واقع شده در چین، انباره گاز به طور ثابت و غیر متحرک طراحی شده و تنها به کمک اختلاف سطح مایع داخل مخزن، فشار گاز کنترل می گردد. (شکل زیر)



شکل: دستگاه بیوگاز ساخت چین با سقف ثابت

به طور کلی برای ساخت و یا بهره برداری از مخزن تخمیر نیازی به تخصص زیاد و تکنولوژی پیشرفته نیست و این نکته برای بسیاری از کشورهای دنیای در حال توسعه که باید از تکنولوژی های ساده تر استفاده نمایند حائز اهمیت می باشد.

بیوگاز علاوه بر ایجاد انرژی امتیازات مهم دیگری نیز داراست که اهم آن ها عبارتند از :

۱. حفظ جنگل ها ، زیرا با جایگزین شدن بیوگاز با هیزم، نیازی به قطع درختان جنگلی برای تأمین هیزم نخواهد بود و بیوگاز تولید شده در مقایسه با سوزانیدن مستقیم این مواد ، انرژی بیشتری در اختیار قرار می دهد.

۲. سوزانیدن گاز به مراتب ساده تر از سوزانیدن هیزم می باشد به علاوه دود هم تولید نشده و مسأله آلودگی هوا مطرح نخواهد بود . همچنین جمع آوری و قطع هیزم هم لزومی نخواهد داشت و از این رو نیروی انسانی کمتری برای تهیه این انرژی مصرف می شود.

۳. مواد تخمیر شده از مخزن تخمیر از نظر ازت و فسفر غنی بوده و نه تنها خاصیت کودی فضولات دامی از بین نمی رود بلکه فشرده تر و غنی تر در مواد تخمیر شده کود محیط بسیار نامناسبی برای رشد پشه و مگس و انگل های مختلف خواهد بود.

۴. به علت سوزانیده نشدن مواد گیاهی زائد از قبیل شاخ و برگ درختان ، کاه و پوسته برنج، به دامداری نیز کمک خواهد شد زیرا این مواد را به عنوان علوفه و خوراک دام می توان مصرف نمود.

۵. تخم علف های هرز موجود در کودهای حیوانی در اثر تخمیر از بین می روند و در نتیجه مصرف مواد تخمیر شده به عنوان کود باعث رشد گیاهان ناخواسته نخواهد شد.

۶. در صورت تولید و مصرف بیوگاز صرفه جوئی قابل توجهی در مصرف سایر اشکال انرژی از قبیل نفت و برق به وجود خواهد آمد که این امتیاز مثبت خود باعث نیرو رسانی به نقاط بیشتری خواهد شد.

تصفیه بیولوژیکی فاضلاب به روش لجن فعال Activated Sludge

تصفیه بیولوژیکی فاضلاب به کمک لجن فعال اولین بار در سال ۱۹۱۳ در منچستر توسط Anderson و Lockett ابداع شد و به زودی این روش در سایر ممالک نیز مورد استفاده قرار گرفت به طوری که امروزه تصفیه با کمک لجن فعال مهم ترین و اساسی ترین واحد در تصفیه خانه های فاضلاب به شمار می رود.

در این روش فاضلاب را در حوضچه ای وارد می سازند که زمان ماند یا توقف فاضلاب در آن در حدود ۶ تا ۸ ساعت است.

در این حوضچه مقدار زیادی میکروارگانیسم های فعال به صورت لجن فعال افزوده شده است و به طور مستمر به کمک عمل هوا دهی ، میزان اکسیژن مورد نیاز تأمین می شود. در این حوضچه مواد آلی محلول و غیر محلول تجزیه شده ، به گاز کربنیک و آب و احیاناً آمونیاک تبدیل می شوند. اگر حوضچه خوب طراحی شده باشد حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد مواد آلی از فاضلاب جدا خواهد شد.

Escritt عوامل زیر را برای اطمینان از تصفیه بیولوژیکی به طریقه لجن فعال ذکر نموده .

✓ لجن فعال غنی از میکروارگانیسم، به اندازه کافی وجود باشد.

✓ سطح کافی از فاضلاب باید در تماس با هوا باشد.

✓ اختلاط و به هم زدن کافی حین هوادهی و افزایش لجن فعال به عمل می آید.

✓ زمان هوادهی مخلوط فاضلاب و لجن فعال کافی باشد.

مخلوط فاضلاب و لجن فعال را سپس به حوضچه ته نشینی ثانویه هدایت می نمایند.

میکروارگانیسم ها و مواد آلی هضم شده در این حوضچه رسوب می کنند که قسمتی از لجن حاصله

را برای تأمین لجن فعال مجدداً به حوضچه لجن فعال برگشت داده و مازاد آن را دفع می کنند.

پساب باقی مانده در قسمت فوقانی حوضچه ته نشینی را نیز جهت دفع نهایی به حوضچه ضد

عفونی کننده هدایت می کنند. در زیر برخی از محسنات و معایب این روش بیان شده است.

محسنات:

محسنات تصفیه بیولوژیکی با کمک لجن فعال در مقایسه با سایر روش های تصفیه بیولوژیکی به

قرار زیر است.

۱. فاضلاب تصفیه شده خروجی صاف ، روشن، بی بو و بی رنگ بوده و دارای قدری اکسیژن محلول

است. از نظر کیفیت فاضلاب خروجی این روش تا حدودی قابل مقایسه با فاضلاب خروجی از

صافی های ماسه ای است.

۲. در طی جریان تصفیه هیچگونه بوی زننده به مشام نمی رسد. به علاوه امکان رشد و نمو و تکثیر مگس و حشرات نیز به حداقل می رسد.

۳. لجنی که در این نوع تصفیه به دست می آید به علت تبدیل مواد ازتی موجود در فاضلاب به نیترات و نیتريت، ارزش باروری زیادتری از نظر زراعتی پیدا می کنند.

۴. فاضلاب تصفیه شده خروجی را در هر نوع منبع طبیعی آب می توان وارد کرد.

۵. در این روش حدود ۹۰ درصد از BOD و مواد جامد معلق فاضلاب خام از بین می رود.

معایب:

از جمله معایب تصفیه بیولوژیکی با کمک لجن فعال در مقایسه با روش های مشابه ، نکات زیر قابل بررسی است:

۱. تصفیه با کمک لجن فعال احتیاج به نگهداری دائمی و بالطبع به کار گماردن افراد آزموده و مطلع دارد. به همین جهت در شهر هائی که تأمین افراد متخصص میسر نیست استفاده از این روش پسندیده نمی باشد.

۲. انعطاف پذیری تصفیه خانه کمتر است بدین معنی که با تغییر مقدار فاضلاب ورودی و کیفیت آن ، درجه تصفیه نیز تغییر می کند.

۳. مخازن نگهداری آن زیاد است.

۴. بی آب کردن لجن حاصله از این روش به طور کلی مشکل تر انجام می گیرد.

تولید کمپوست

بنابر یک سنت قدیمی انسان از دیرباز از بخشهای غیرمأکول گیاهان به شیوه های مختلف استفاده نموده است. بطور مثال برای تهیه محل خواب حیوانات و یا کاهگل کردن بام خانه ها. به هر حال این نوع مواد می توانند همراه با ادرار و مدفوع حیوانات دوباره به خاک بازگردانده شوند و نتیجتاً در یک سطح وسیع باعث حفظ ازت و حاصلخیزی خاک گردند. در کشورهای پیشرفته تر و با جمعیت شهری، این وضع امکان پذیر نمی باشد. در روستاها حبوبات و غلات به مقدار زیاد کاشته می شوند که ضایعات فراوانی برای دفع بر جای می گذارند. پرورش و تکثیر حیوانات نیز موجب افزایش فضولات و ضایعات حیوانی است که بالقوه حامل آلودگی بالائی است. به همین دلیل پژوهش های گیاهی، امکان دستیابی به محصولی پایدار توسط فرآیندهای اکسیداسیون بیولوژیکی را به دست می دهد. محصول جدید به سرعت با اکوسیستم به حالت تعادل می رسد و اختلالات ناشی از پسماندهای خام را شامل نمی شود.

عمل تولید کمپوست، فرآیندی گرمازا از نوع اکسیداسیون بیولوژیکی می باشد، در این فرآیند موادآلی توسط یک توده میکروبی در محیطی گرم، مرطوب و هوازی تجزیه می شود. ذرات آلی در طول تجزیه دچار تغییرات فیزیکی و شیمیائی شده و این روند تا بدست آمدن محصول نهایی ادامه می یابد. این محصول در کشاورزی به عنوان کود و حاصلخیزکننده آلی و غنی کننده خاک کاربرد دارد.

پسماندهایی گوناگون در فرآیند کمپوست قابل استفاده هستند این مواد طیفی وسیع از مخلوط های ناهمگون مواد آلی و معدنی موجود در مواد زائد شهری تا ترکیبات همگون تری مانند کودهای زمین

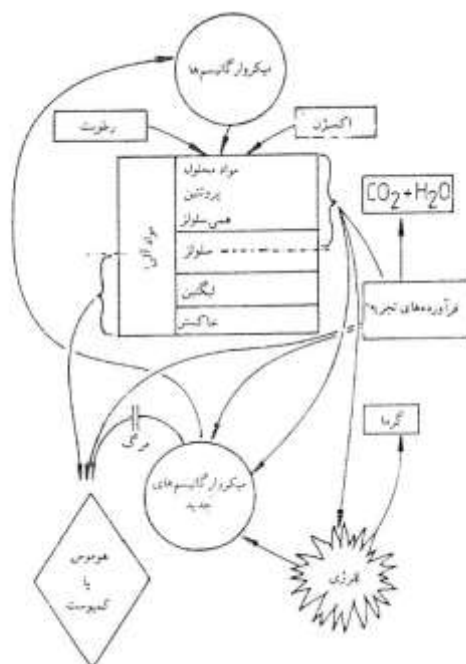
های زراعی، پسماندهای زراعی، لجن فاضلاب و کود انسانی را شامل می شوند. در طول مرحله تشکیل کمپوست مواد زائد احتیاج به اکسیژن زیادی دارند تا به کمک آن مواد آلی به مواد پایدار همچون دی اکسید کربن و آب تبدیل شوند و گرمای حاصل به فعل و انفعالات شیمیائی مراحل تشکیل کمپوست کمک نماید. در حالت طبیعی عمل تجزیه به کندی صورت می پذیرد. این عمل را می توان با انباشته کردن مواد و حفظ دمای تسریع کرد. تسریع عمل تجزیه به طریق فوق را کمپوست می نامند. عوامل مهم مؤثر در این فرآیند نسبت مناسب کربن به نیتروژن و خرد کردن مواد مختلف برای ایجاد حالت مناسب برای هوادهی است. کودها، لجن های فاضلاب و بسیاری مواد زائد کشاورزی نسبت کربن به ازت آن کم است ولی از رطوبت بسیار بیشتری برخوردارند و هوادهی به آنها مشکل است. این مواد به محیطی خشک و جاذب رطوبت نیاز دارند تا کربن بیشتر و زمینه مساعدتری ایجاد نماید. پوشال (کاه) غلات یکی از بهترین مواد در این مورد است زیرا حتی زمانی که خیس باشند دارای ساختمانی سخت و جامد است ولی سایر اجسام حجیم مانند تراشه چوب، فضولات، برگها، و تکه پاره های لاستیک اتومبیل نیز بکار گرفته می شوند.

اصول فرآیند

مراحل تشکیل کمپوست از فعل و انفعالاتی پیچیده مواد آلی، میکروارگانیسم ها، رطوبت و اکسیژن تشکیل می گردد. مواد زائد بطور طبیعی آغشته به مجموعه ای از میکروارگانیسم ها هستند. هنگامی که مقدار رطوبت و غلظت اکسیژن به سطح مطلوبی برسد، فعالیت میکروبی افزایش می یابد.

میکروارگانسیم ها برای رشد خود علاوه بر اکسیژن و رطوبت به منبع کربن، ترکیبات مغذی مانند ازت، فسفر و پتاسیم و بعضی عناصر شیمیائی نیاز دارند که این احتیاجات اغلب توسط مواد زائد تأمین می گردد. میکروارگانسیم ها از مواد زائد به عنوان منبع تغذیه یا در جهت تکثیر خود سود می - برند و دی اکسید کربن متصاعد می سازند. علاوه بر آن آب، برخی مواد آلی و مقداری انرژی نیز در نتیجه اکسیداسیون بیولوژیکی حاصل می شود که در متابولیسم مورد استفاده قرار می گیرد و باقیمانده به صورت گرما خارج می شود.

محصول نهائی مواد مغذی گیاهی، شامل مواد زائد مقاوم آلی و توده میکروارگانسیم های مرده و بعضی میکروارگانسیم های زنده خواهد بود. (شکل)



میکروبیولوژی

تولید کمپوست یک فرآیند میکروبی مستمر و پویا است که توسط فعالیت متوالی گروه های مختلف میکروبی صورت می پذیرد. هر یک از گروه های میکروبی در طول مدت محدودی عمل می کنند (جدول).

جدول آرگانسیم های دخیل در فرآیند تولید کمپوست

فلور ذره بینی (گیاهان بسیار باکتریها	بسیار ریز با تعداد بسیار زیاد،
کوچک)	دارای گونه های متعدد کروی،
	میله ای رشته ای، بعضی تولید
	اسپور می کنند. اندازه آنها از ۸-
	۱ میکرومتر متغیر است.
اکتینومیست ها	دارای رشته های شاخه ای
	ظریف، تحت شرایط محیطی
	گرم و تقریباً خشک ازدیاد پیدا
	می کند. اندازه رشته ها از ۲-
	۰/۵ میکرومتر می باشد.
قارچها، کپک ها و مخمرها	موجودات بزرگتری می باشند.
	معمولاً ایجاد رشته واسپور می
	کنند. تنوع گونه ای بسیار است.

گونه های حرارت دوست حائز

اهمیت هستند. اندازه آنها ۳-۵۰

میکرومتر می باشد

شرایط مرطوب را ترجیح دهند.

جلبک ها

اندازه آنها بین ۱۰-۱۰۰

میکرومتر می باشد.

فوق العاده کوچک است، برای

ویروس ها

زندگی نیاز به میزبان زنده دارد.

اندازه آنها بین ۰-۱ میکرومتر

می باشد و با ذمی به طول ۰/۲

میکرومتر می باشند.

توسط مویا زائده هایی حرکت

فون ذره بینی (جانوران بسیار پروتروزوئرها

می کنند. تعدادی از باکتریها

کوچک)

تغذیه می کنند. اندازه آنها بین

۵-۸ میکرومتر متغیر می باشد.

متعلق به قارچ های رده بالا، در

غیر ذره بینی (گیاهان بزرگتر) قارچ های بزرگ

توده کمپوست رشد می کنند و

آنها در فضای بالای توده

کمپوست قرار می گیرد. اندازه

سر حدود ۲۵ میلیمتر می باشد.

حدود ۲۰۰۰ گونه باکتری و ۵۰ گونه قارچ در هر جنس وجود دارد. گونه ها می توانند بر حسب درجه حرارت محیطی که در آن عمل می کنند، تقسیم بندی می گردند، سرمادوست درجه حرارتی کمتر از ۲۰ درجه سانتی گراد را ترجیح می دهند و معتدل دوستها درجه حرارتی بین ۲۰-۴۰ درجه سانتی گراد و گرمادوستها دمایی بیش از ۴۰ درجه سانتی گراد را ترجیح می دهند. ارگانسیم هایی که در مراحل نهایی کمپوست نشوونما می یابند عموماً، معتدل دوستها می باشند.

در هر گرم کمپوست نمناک تعدادی معادل 10^8 یا 10^9 باکتری وجود دارد که بسیار کوچکند ($8\mu\text{m}$ -) (۱) و در مجموع نیمی از وزن توده میکروبی را تشکیل می دهند. بعضی از اشکال مختلف اندوسپورها وجود دارند که می توانند گرما و خشکی قابل ملاحظه ای را تحمل نمایند. آکتینومیسستها بسیار کندتر از سایر باکتریها و قارچ ها تکثیر می یابند و در مراحل اولیه کمپوست رقباي مؤثری نیستند. این میکروباها در مراحل بعدی کمپوست بیشتر پدیدار می شوند و در اثر تکثیر نهایتاً به شکل لایه خاکستری به قطر ۱۰ سانتی متر در زیر توده کمپوست دیده می شوند. وجود این گروه به مقدار قابل ملاحظه ای از باکتریها کمتر است و تعداد آنها 10^5 - 10^8 عدد در هر گرم از کمپوست مرطوب است. قارچ ها در فساد و تجزیه سلولز نقش مهمی دارند، و شرایط محیط توده های کمپوست باید طوری باشد که فعالیت این ارگانسیم ها را تعدیل و بهینه نماید. درجه حرارت نقش قابل ملاحظه ای ایفا می

نماید، زیرا در شرایطی که حرارت بیش از ۵۵ درجه سانتی گراد افزایش می یابد، قارچها تلف می شوند و با پایین آمدن حرارت مجدداً رشد آنها از قسمتهای سردتر شرع می شود.

مطالعه بر روی گروه باکتریها، اکتینومیست و قارچ ها در طول مرحله تشکیل کمپوست توسط تعدادی از دست اندرکاران به عمل آمده است. چانگ یانگ و هودسن فرضیاتی درباره تغییرات در تعداد ارگانسیم ها در ظل تبدیل شلتوک گندم به کمپوست ارائه داده اند. هایز و لیم نیز فرضیه ای آزمایشی بر روی تغییرات گروه ارگانسیم در مرحله تشکیل کمپوست گندم و شلتوک برنج جهت تهیه کود بمنظور پرورش قارچ ارائه داده اند. براین اساس در ابتدای مراحل تشکیل کمپوست آنان دریافتند که باکتریهای هوازی و گرمادوست بر سایر ارگانسیم ها غلبه یافته ولی در مراحل بعدی این باکتری ها کاهش یافته و اکتینومیست ها افزایش می یابند.

فرمر و وود و آتکی و وود، به تهیه اطلاعات در زمینه توالی میکروبی گروه گسترده ای از باکتریهای مزوفیلیک، اکتینومیست و قارچ ها در حین تشکیل کمپوست پرداخته اند تا بتوانند به کودی مناسب جهت پرورش قارچ خوراکی دست یابند. بر تولدی و همکارانش گزارشی از تغییرات میکروبی در مدت تشکیل کمپوست از مواد زائد جامد شهری (۶۰٪) و لجن فاضلاب (۴۰٪) در سیستم توده ایستا با تزریق هوا ارائه نموده اند. (در طول بیش از ۵۰ روز از مرحله تشکیل کمپوست افزایش قارچ سلولولیتیک و اکتینومیست ها و کاهش همزمان تعداد سایر باکتریها مشاهده شده است. قارچ بدست آمده از سیستم توده ایستا مشتمل بر انواع گرمادوست در ۵۰ درجه سانتی گراد و انواع معتدل دوست

در ۲۸ درجه سانتی گراد بود. افزایش قارچ لیگنینولیتیک گزارش شد. آشفته‌گی مواد به علل متفاوت نیز باعث اختلاط در رُشد میکروبها در توده می شود.

ویروس‌ها از اُرگانیسم‌های بسیار مهم اند زیرا عامل بیماری گیاهان، حیوانات و انسان هستند. ویروس‌ها اُرگانیسم‌هایی غیرسلولی اند و از سلول، باکتریهای رشته‌ای و تک‌یاخته کوچکترند، ذرات ویروس برای تکثیر خود نیازمند یک ارگانیسم میزبان هستند. بعضی از انواع ویروس‌ها نیاز به میزبان معینی دارند. ماده آلوده به ویروس تعداد زیادی از ویروسهای بیماری‌زا در جریان کمپوست شدن از دست می دهد.

پروتوزوئرها ارگانیسم‌های تک سلولی ساده اند و اغلب آنها در خاک از ماده آلی پیش ساخته مانند باکتری و جلبک تغذیه می نمایند، فقط بخش معینی از باکتری‌ها مستعد این عمل هستند و بقیه مثل مخمرها کاملاً نامناسب اند. چنین بنظر می رسد که پروتوزوئرها جهت کنترل تعداد باکتری‌ها مؤثرند. در شرایطی که اوضاع زیست محیطی از قبیل رطوبت و درجه حرارت برای رُشد نامناسب باشد پروتوزوئرها می تواند به شکل اسپور درآمده و شرایط مختلف را در مدت زمان قابل ملاحظه‌ای تحمل نمایند.

همچنان که دمای توده کمپوست از بیشترین مقدار رو به کاهش می گذارد شرایط برای رشد طیف وسیعی از جانوران خاکی مساعد می شود، این جانداران از سایر موجودات، ضایعات حیوانی و باقیمانده موادآلی تغذیه می نمایند. آنها به طور طبیعی به محیط با هوادهی خوب، و رطوبت ثابت و درجه حرارت بین ۷-۱۳ درجه سانتی گراد نیاز دارند. بسیاری از جانداران خاک‌زی، در توده

کمپوست نقش جدی در خرد کردن مواد دارند. شکستن ماده به اجزاء کوچک تر سطح بیشتری را در معرض حمله جانداران میکروبی قرار می دهد، همچنین در مخلوط نمودن اجزاء گوناگون خاک نقش مؤثری دارند. گرمای خاکی در درجه حرارت آب و هوایی گرم نقش مهمی را در مراحل نهایی کمپوست بازی می کنند و در ترکیب ماده آلی خاک نیز نقش دارند.

فون میکروبی به ساختن موادی که از حیث ازت غنی هستند و به آسانی تجزیه می شوند، اقدام می نمایند.

مواد زائد آلی اعم از آنکه ناشی از مصارف شهری، صنعتی یا کشاورزی باشند، همگی آمیزه ای از قندها، پروتئین ها، چربی ها، سلولزها، لیگنین و مواد معدنی با غلظت و تراکم متفاوت هستند (جدول). گیاه شامل موادی است که بسته به سن، نوع و محیط زیست آن متفاوت است. ماده سبزینه تازه شامل آب، پروتئین و مواد محلول در آب به زیادی می باشد.

جدول : مواد تشکیل دهنده پسماندهای آلی

وزن خشک %	اجزاء مختلف
۲-۳۰	مواد محلول در آب گرم و سرد (قند ، نشاسته، آمینو اسید، اوره و نمک های آمونیاکی)
۱-۱۵	مواد محلول در اتر یا الکل (چربی، روغن، موم)

۵-۴۰	پروتئین
۱۰-۳۰	همی سلولز
۱۵-۶۰	سلولز
۵-۳۰	لیگنین
۵-۲۵	خاکستر

هنگامیکه پسماندهای آلی به منظور کمپوست سازی رویهم انباشته می شوند، اثرات عایق بندی مواد موجب حفظ و بالا رفتن حرارت توسط فعالیت های بیولوژیکی می گردد. فرآیند بعدی کمپوست ممکن است به سهولت به چهار مرحله زیر تقسیم گردد:

۱-مزوفیلیک ۲- ترموفیلیک ۳-خنک شدن ۴- کامل شدن

در شروع کمپوست شدن، مواد زائد دارای درجه حرارت محیط هستند و حالت اسیدی خفیفی دارند. در اولین مرحله یا مرحله مزوفیلیک، میکروارگانیسم ها به سرعت تکثیر می یابند و درجه حرارت به ۴۰ درجه سانتی گراد می رسد و با تولید اسیدهای آلی اسیدیته توده افزایش می یابد، در درجه حرارت بالاتر از ۴۰ درجه سانتیمتر مزوفیل های طبیعی به تدریج می میرند و حرارت دوست ها غالب می شوند. این کیفیت باعث فزونی درجه حرارت به طرف ۶۰ درجه سانتی گراد می شود و این زمانی است که قارچ ها از فعالیت باز می ایستند. در بالای ۶۰ درجه سانتی گراد، واکنش به وسیله اکتینومیستها و باکتریهای تولید کننده هاگ ادامه می یابد. PH ماده در اثر آزادسازی محلول آمونیاک

در اثنای شکستن مولکول های پروتئین قلیائی می شود. در فاز گرمادوست، موادی که آمادگی بیشتری برای تجزیه دارند مانند نشاسته، چربی ها و پروتئین ها به سرعت مصرف می شوند و با حضور مواد مقاوم میزمام واکنش نیز کاهش می یابد. میزان تولید انرژی با مقدار انرژی کاسته شده از توده کمپوست مساوی است و در این حالت درجه حرارت به نقطه اوج می رسد. پس از آن توده کمپوست به مرحله سرد شدن وارد می شود. در پاره ای مواقع به ویژه در کمپوست کردن مواد زائد مانده، حرارت چندین بار به اوج خود میرسد.

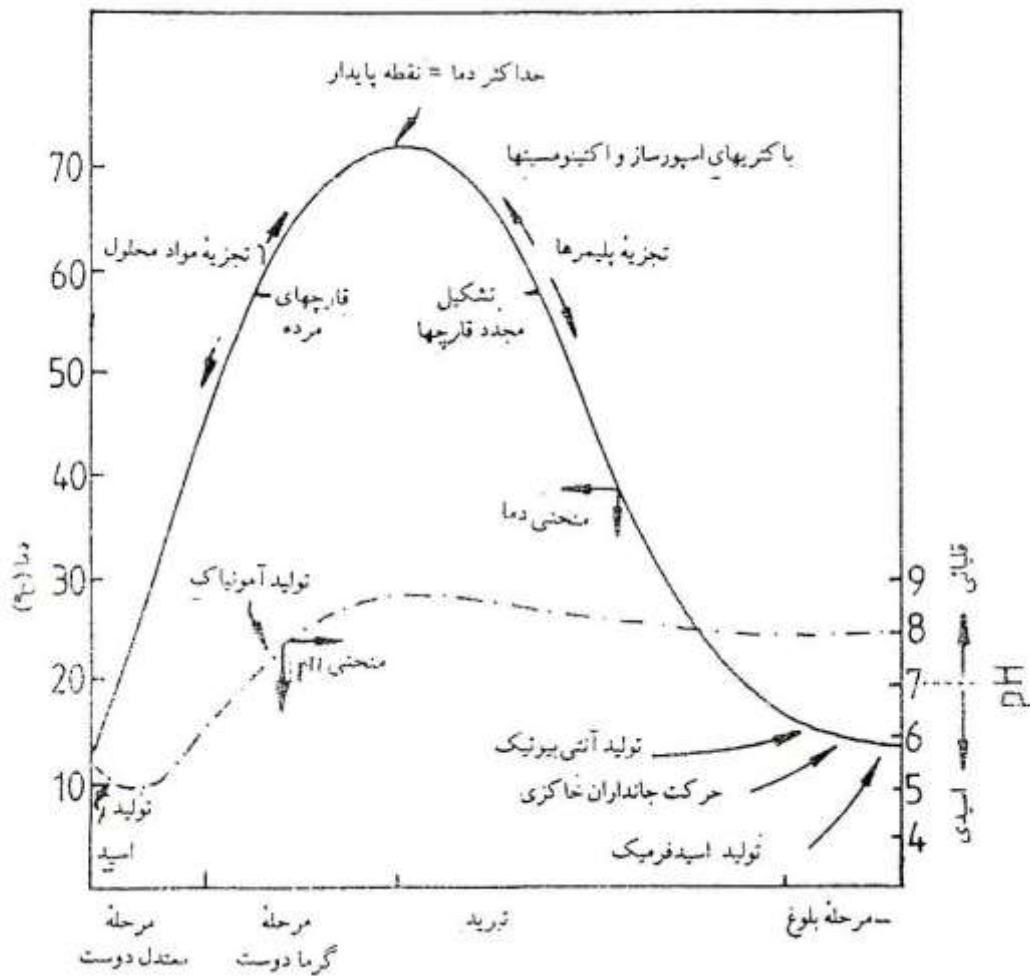
در این مرحله توده ای که به خوبی بهم زده شده است به مرحله پایداری رسیده و موادی که در این توده به آسانی قابل تغییرند تجزیه می شود و بخش اعظم BOD مصرف می گردد. این ماده دیگر برای حشرات و سایر جانوران موذی قابل توجه نبوده و بوی بد نیز نمی دهند. زیرا ازت قابل دسترسی و سولفور در میکروارگانیسم های جدید جمع شده اند.

در طول مرحله سرد شدن که به دنبال مرحله بالا رفتن و اوج گیری حرارت اتفاق می افتد، PH به طور جزئی تنزل می یابد ولی همچنان قلیائی باقی می ماند. قارچ های گرمادوست تهاجم دوباره به توده را بهمراه اکتینومیسیتها از نقاط سردتر آغاز می کنند و به زنجیره بلند پلی ساکاریدها، و همی سلولزها حمله ور می شوند و آنها را به قندهای ساده تجزیه می کنند. سپس این مواد توسط جمعی از میکروارگانیسم ها به مصرف می رسد. در این شرایط میزان انرژی آزاد شده خیلی کمتر است و درجه حرارت توده کمپوست نیز کاهش می یابد.

سه مرحله مزوفیلیک، ترموفیلیک و سرد شدن به سرعت سپری می شود و در طول چند روز یا هفته ها تکمیل می گردد. بسته به سیستم کمپوست مرحله آخر یعنی کامل شدن در طول چند ماه صورت می پذیرد که طی آن حجم و حرارت توده کاهش می یابد. فعل و انفعالات پیچیده شیمیائی بین بافت های گیاهی توده زباله و پروتئین حاصل از میکروارگانیسم های مرده انجام می گیرد که منجر به ساخت اسیدهیومیک می شود. در این حالت حرارت مواد افزایش نمی یابد و تحت تأثیر موجودات بی هوازی قرار نمی گیرند و ازت نیز از خاک جذب نمی کند. PH نهایی کمپوست مختصر قلیائی است.

درجه حرارت بالا غالباً عامل ضروری جهت تهیه یک کمپوست خوب است. در حقیقت، تجزیه در درجه حرارت خیلی بالا متوقف می گردد زیرا حرارت فوق العاده زیاد مانع رشد میکروارگانیسم ها می گردد. فقط تعداد کمی از گونه ها در بالای ۷۰ درجه سانتی گراد فعالیت نشان می دهند. آستانه توقف تجزیه در حدود ۶۰ درجه سانتی گراد است و از این رو در تهیه سریع کمپوست از درجات حرارت بالا به مدت طولانی باید اجتناب نمود.

شکل : تغییرات درجه حرارت و PH در یک توده کمپوست



تولید فرآیند کمپوست یکی از موارد جالب و اخیر استفاده از کمپوست، دفع بوی بد از توده در حال کمپوست شدن است. مواد شیمیایی که دارای بود ناخوشایند هستند، جذب کمپوست شده و توسط میکروارگانیسم ها تجزیه می شوند.

بیشتر پسماندهای آلی اجتماعات انسانی و حیوانی، کود انسانی، لجن فاضلاب خام و حتی هضم شده، مازاد کشتارگاهها، کودهای حیوانی و فضولات آلوده به عوامل بیماریزا هستند. مواد آلی و مغذی مورد نیاز گیاه در این پسماندها وجود دارد، که انتقال آن به خاک ضروری می باشد.

بیشتر عوامل بیماریزا و انگل ها کشته می شوند ولی محدودی از باکتریها، گونه هایی از باسیل ها هستند که اسپور تولید می کنند و عامل بروز بیماری سیاه زخم می باشند، همینطور گونه های کلستریدیوم که عامل بیماری کزاز، بوتولیسم و قانقاریا می باشند. این ارگانیسرها توانایی زنده ماندن در فرآیند کمپوست را دارا می باشند.

در چنان کمپوست پاتوژن های تولید کننده اسپور زنده حذف شدن قرار می گیرند. در حالیکه در چنان شرایط سختی پاتوژن های تولید کننده اسپور زنده می مانند لذا احتمال حضور آنها در خاک بسیار زیاد است و فرآیند کمپوست امکان نابودی این ارگانیسرها را بیشتر از محیط خاک فراهم نمی کند.

نقش میکروارگانیسرها در حذف آلودگی های نفتی از آب ها

مبارزه با آلودگی های نفتی از زمان پیدایش این ماده سیاهرنگ اما گرانبها، بخشی از پژوهش های علمی را به خود اختصاص داده که در گذشته به مراتب کمتر و امروزه به طور روزافزون، توجه متخصصان و کارشناسان را به خود جلب کرده است.

در میان راهکارهای ارایه شده با نتایج هرچه بهتر و سریعتر، استفاده از میکروارگانیسرها روشی است که با عنوان پاکسازی زیستی یا تجزیه زیستی **Bioremediation** در اکثر کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می گیرد.

نفت خام با بیش از ۳۴۰ فراورده یکی از اصلی ترین منابع انرژی و نیروی محرکه اقتصادی جهانی است و ایران ۹ درصد از کل مخازن نفت جهان را در اختیار دارد. نفت خام، کمپلکس پیچیده ای از

مخلوط صدها نوع ترکیب مختلف شامل هیدروکربنها، نیتروژن، گوگرد و وانادیوم است که قسمت هیدروکربنی شامل ترکیبات آروماتیک، آلیفاتیک و آسفالتن است. آلودگی های نفتی تقریباً یک پیامد اجتناب پذیر از افزایش سریع جمعیت و مصرف انرژی است که بر پایه تکنولوژی نفت قرار دارد. طی سالهای گذشته تمام توجه کارشناسان به آلودگی های نفتی اقیانوس ها ناشی از تصادف نفت کش ها معطوف شده بود که بزرگترین آن در سال ۱۹۶۷ در آبهای انگلستان رخ داد.

در سال ۱۹۷۵ در کارولینای جنوبی از یک مخزن نفت خام در حدود هزار گالن نفت به آب دریا نشت کرد. همچنین در سال ۱۹۹۱ بیش از ۵ تن نفت خام در آبهای خلیج فارس ریخته شد که سبب نابودی گیاهان و اکوسیستم های ساحلی خلیج فارس شد. خلیج فارس به دلیل تردد کشتی های نفت کش، حفر چاه های متعدد و استخراج نفت در آن، سالانه حدود ۱۶۰ هزار تن نفت و مواد نفتی را در خود جای می دهد و به عنوان یکی از آلوده ترین دریاهای جهان شناخته می شود. به طور کلی وقایعی که به برخی از آنها اشاره شد، سبب شد تا توجه بیشتری به ساخت و ابداع روشهای متعددی برای حذف آلودگی های نفتی در محیط زیست ارائه شده که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- جمع آوری دستی آلودگی های نفتی از سطح آب

۲- محصور کردن آلودگی های نفتی به وسیله وسایل فیزیکی

۳- استفاده از موادی مانند پر و کاه که ذرات نفت را جذب می کند.

۴- آتش زدن

۵- استفاده از حلال های دو قطبی

۶- پاکسازی زیستی یا تجزیه زیستی و یا Bioremediation

پاکسازی یا تجزیه زیستی

۲۵ درصد از نفت رها شده در آب از طریق تبخیر از بین می رود و بقیه به وسیله عمل اکسایش نوری و اکسایش میکروارگانیزم ها شکسته می شود که به این عمل **Bioremediation** یا تجزیه زیستی گفته می شود. حضور میکروارگانیزم های تجزیه کننده هیدراتهای کربن در آب دریا و خاکها سبب شده که تجزیه به عنوان یکی از موثرین روشهای حذف آلودگی های نفتی معرفی شود و **Bioremediation** کاربرد سیستم های بیولوژیک برای نابود کردن یا کم کردن غلظت مواد سمی نظیر هیدروکربن های نفتی را تسریع می کند. این عمل در حضور اکسیژن و مواد غذایی به خصوص نیتروژن و فسفر تسریع می شود. فراورده های حاصل از تجزیه زیستی معمولاً CO_2 و مواد آلی کوچک با سمیت بسیار کم است.

روش های متعددی در این فرایند نقش دارند که از جمله مهمترین آنها می توان به **Biovention**- **Bioaugmentation**-**Bio-stimulation**-**Bioreactor** اشاره کرد. انواع روش های فوق در کشورهای صنعتی نظیر آمریکا، ژاپن، آلمان، انگلستان، کره جنوبی و روسیه به طور معمول استفاده می شود و در سایر کشورهای به خصوص حوزه خلیج فارس در مرحله تحقیقاتی است. از محدودیت های این روش ها می توان به محدودیت در تعیین میزان نفتی که از چاه استخراج می شود حاوی مقدار زیادی ترکیبات گوگردار می باشد. درصد این گوگرد به موارد مختلفی ربط دارد که از

آن جمله می توان به سنگین بود نفت اشاره کرد. نفتی که از قسمت های بالایی چاه بدست می آید درصد گوگرد کمتری نسبت به قسمت های پایینی دارد.

گوگرد همراه با نفت در اثر سوختن تولید SO_2 می نماید. معمولاً هرچه سوخت های فسیلی سنگین تر باشند از احتراق آن ها SO_2 بیشتری تولید می شود. به عنوان مثال سوختن هر تن زغال سنگ با درصد گوگرد، ۳۸ کیلوگرم SO_2 تولید می کند. این گاز بیشتر پس از انتشار در هوا ترکیباتی ایجاد می کند که برخی از آنها به صورت باران های اسیدی به روی زمین برمی گردند. اینگونه باران ها مشکلات زیادی را برای زمین های کشاورزی و اکوسیستم های جنگلی و آبی ایجاد می کنند. با توجه به آلودگی های شدیدی که ترکیبات گوگردار برای محیط زیست بوجود می آورند، سازمان های محیط زیست محدودیت های ویژه ای را برای صنایع پالایش نفت در نظر می گیرند.

عملیات سولفورزدایی و روش های بیولوژیکی

از قدیم عملیات سولفورزدایی را به کمک روش های شیمیایی انجام می دادند. سولفورزدایی شیمیایی هزینه های زیادی را به صنایع نفت تحمیل می کند. از سوی دیگر روش های شیمیایی قادر نیستند تمامی گوگرد موجود در نفت را جدا سازند.

به همین دلیل از مدت ها قبل دانشمندان نفت و محیط زیست در فکر تکمیل این فرآیند بوده اند. فکر جداسازی گوگرد به کمک روش های بیولوژیکی تقریباً از پنجاه سال پیش شکل گرفت و این فکر با یافتن میکروارگانیسم هایی که قادر به جداسازی سولفور از ترکیبات نفتی بودند فوت یافت. تحقیقات انجام شده در این زمینه بسیار گسترده است.

پیشرفت های بیوسولفورزدایی

هم اکنون بیوکاتالیست هایی طراحی شده اند که قادرند در مدت کوتاهی سولفور را از ترکیبات نفتی به طور کامل جدا کنند. این کار هم اکنون توسط شرکت «بیوسیستم انرژی» آمریکا صورت پذیرفته و پیشرفت های زیادی را در این زمینه بوجود آورده است.

بیوکاتالیست مورد استفاده، یک باکتری به نام رودوکوکوس IGTS8 می باشد. اکثر تحقیقات بر این امر متمرکز شده تا بتوانند ماده نفتی را به عنوان محیط کشت این میکروارگانیسم تهیه کنند و از این طریق از صرف بسیاری هزینه ها جلوگیری بعمل آورند.

باید گفت که در شرایط کنونی تنها بکارگیری روش های بیولوژیکی جهت سولفورزدایی مقرون به صرفه نیست. از آنجا که ما می توانیم درصد زیادی از گوگرد را با کمک روش های شیمیایی که مقرون به صرفه تر می باشند جدا کنیم بنابراین عاقلانه تر آنست که از روش بیولوژیکی به عنوان مکمل روش شیمیایی استفاده کنیم. در صورتی که از این دو روش به صورت مکمل استفاده شود. هزینه های عملیاتی به میزان قابل توجهی کاهش می یابند.

شرکت بیوسیستم انرژی آمریکا ادعا کرده است که قادر به سولفورزدایی ۵۰ هزار بشکه نفت می باشد. باید گفت که شرکت های پیشرو در این زمینه خاص بسیار بسته عمل کرده اند و از انتشار هر گونه اطلاعاتی خودداری می نمایند.

مثال هایی از کاربرد بیوتکنولوژیکی در صنعت نفت

استفاده از بیوتکنولوژی در صنعت نفت، مبحث نسبتاً جدیدی می باشد که در سال های اخیر در دنیا مطرح شده است. در مطلب زیر، مهندس محبعلی، رئیس واحد میکروبیولوژی پژوهشگاه صنعت نفت، به تشریح توانمندی های بیوتکنولوژی در این صنعت پرداخته است.

در ارتباط با کاربرد بیوتکنولوژی در صنعت نفت می توان دو جنبه را مدنظر قرار داد:

ارتقای کمی

ارتقای کیفی

نمونه بارز از بحث ارتقای کمی، موضوع MOER یا Microbial Enhanced Oil Recovery

می باشد. مبحث ظریف تر در استفاده از توانمندی های بیوتکنولوژی در صنعت نفت، ارتقای کیفی محصولات نفتی می باشد؛ چون جنبه های مختلفی در این زمینه وجود دارد که هرکدام ظرافت های خاص خود را می طلبد. از مهمترین این جنبه ها می توان به حذف هترو اتم های گوگرد و نیتروژن اشاره نمود. در ذیل به بحث پیرامون هر یک از مباحث فوق پرداخته می شود.

استفاده از MOER در ازدیاد برداشت مخازن نفت

MOER در واقع افزایش برداشت از مخازن نفتی با استفاده از میکروارگانیسم ها می باشد. از

آنجایی که پس از استخراج اولیه و ثانویه نفت، قسمت اعظم آن (حدود ۸۰ درصد) در چاه ها باقی

می ماند. لذا روش های مختلفی به منظور استخراج مابقی نفت بوجود آمده است که از آن جمله می توان از MOER نام برد.

شرایط فیزیکی چاه های نفت، عامل محدود کننده استفاده از MEOR

از آنجایی که شرایط فیزیکی چاه های نفت با هم فرق می کند، نمی توان برای همه آنها از یک نوع میکروارگانیزم استفاده کرد. لذا برای هر چاه بایستی میکروب خاص خود را بکار برد.

همچنین اهمیت استفاده از MEOR در چاه های کم عمق بدلیل دمای کمتر مخازن، بیشتر است. به عنوان مثال در آمریکا چون عمق چاه های نفت کم است، MEOR کاربرد زیادی می تواند داشته باشد. ولی شرایط استفاده از MEOR در مخازن نفت کشور ما به علت عمق بیشتر که طبیعتاً دمای بیشتری هم دارد حادتر می باشد و استفاده از میکروب ها را مشکل تر می سازد. لذا در این مورد بایستی به دنبال باکتری های مقاوم به حرارت گشت. به عامل محدودکننده دما باید فاکتورهای افراطی دیگر از جمله فشار، نمک و ... افزود.

صنایع نفت جهان روزانه بیش از ۶۰ میلیون بشکه (معادل ۲۲ میلیارد بشکه در سال) نفت خام را تصفیه می کنند. سرمایه گذاری در امر پالایش نفت خام با استفاده از تکنولوژی رایج، طی دهه آینده معادل ۳۵ میلیارد دلار برآورد شده است و سالانه ۱۰ میلیارد دلار صرف هزینه های حذف گوگرد خواهد شد و به این ترتیب گوگردزدایی در دهه های آینده به بزرگترین بازار در امر پالایش تبدیل خواهد گردید.

استفاده از لجن فاضلاب بر زیست پالایی خاکهای آلوده به نفت خام

ایران یکی از بزرگ ترین تولیدکننده های نفت در جهان است و حدود ۹ درصد از نفت جهان را در اختیار دارد. میزان تولید فعلی نفت ایران حدود ۴ میلیون بشکه در روز است. رشد روزافزون فعالیتهای صنعتی از یک سو و عدم رعایت الزامات زیست محیطی از سوی دیگر سبب شده است تا در چند دهه اخیر مقادیر هنگفتی از آلایندهای هیدروکربنی به واسطه عواملی نظیر دفع و دورریز نامناسب فاضلابها و ضایعات مراکز صنعتی، پخش آلاینده ها توسط نیروگاهها، نشت آلاینده از مخازن نفتی زیرزمینی و ایستگاههای سوختگیری، تصادفات تانکرها و نفتکشها و غیره، وارد محیط زیست شوند.

از طرف دیگر با توجه به محدود بودن منابع خاک و آب زیرزمینی، آلودگی خاک یکی از مهم ترین معضلات زیست محیطی کشور است. به این منظور شیوه هایی چون روشهای مستقیم مهندسی و یا پاکسازی طبیعی یعنی بدون دخالت انسان در اصلاح این کنترل، کاهش یا حذف آلودگی از محیط زیست با استفاده از افزایش فعالیتهای بیولوژیکی محیط است. زیست پالایی یک روش مفید برای اصلاح خاکهای آلوده به نفت است. در این روش موجودات زنده ذره بینی از مواد هیدروکربنی به عنوان منبع غذا و انرژی استفاده کرده و آنها را به مواد ساده تر و غیررسمی مانند آب و دی اکسیدکربن تبدیل می نمایند. حاصل این فرآیند کاهش کل هیدروکربن های نفتی موجود در خاک است. در واقع زیست پالایی حد واسط بین روشهای مهندسی و روشهای طبیعی است و شامل دخالتهای انسانی از جمله تکنولوژی های کشاورزی مانند شخم زدن و کوددهی است که به منظور

ارتقاء شرایط مناسب زیستی برای موجودات زنده ذره بینی خاک و در نتیجه افزایش تجزیه و کاهش آلودگی های خاک انجام می گیرد. علاوه بر این با استفاده از روشهای تسریع کننده تجزیه مواد آلاینده مثل کاربرد مواد آلی نیتروژن دار و فسفردار و شخم زدن به منظور تهویه بهتر خاک. افزایش فعالیت میکروبی تسریع می گردد. لازم به ذکر است که باکتری و قارچ ها تنها گونه های بیولوژیکی دارای توانایی متابولیسمی برای استفاده از کبن نفت در سنتز سلولی خود هستند. نامکونگ و همکاران در سال ۲۰۰۰ در زیست پالایی خاکهای آلوده به گازوئیل دریافتند که مخلوط کردن خاک آلوده با لجن فاضلاب به نسبت ۱: ۰/۵ بیشترین تجزیه آلاینده را نشان می دهد. گوگی و همکاران در سال ۲۰۰۳ در زیست پالایی خاکهای آلوده به نفت خام در محل ریزش نفت مشاهده کردند که هوادهی، کاربرد مواد آلی دارای نیتروژن و فسفر و تلقیح میکروبی باعث تجزیه ۷۵ درصد از آلاینده ها شده است.

هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی اثرات افزایش لجن فاضلاب به عنوان کودآلی بر تحریک فرآیندهای بیولوژیکی و میزان پالایش زیستی نفت خام در خاکهای آلوده به این ماده بود.

مواد و روشها

آلوده کردن مصنوعی خاک

خاک اولیه از مزرعه دانشگاه شهید چمران انتخاب شد که در طول سالیان طولانی بدون کشت بوده است. نتایج آنالیز شیمیایی، فیزیکی و میکروبیولوژی نشان داد که این خاک از نظر حاصلخیزی، خاکی کاملاً فقیر است. خاک اولیه پس از خشک شدن در هوا، از الک دو میلی متری عبور داده شد و

سپس نفت خام چاه شماره ۶۹ میدان نفتی مارون که نفتی پارافینی است به مقدار ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم روی خاک اسپری گردید تا خاکها به طور کاملا همگن و یکنواخت به نفت آلوده شوند. پس از آلوده سازی، کل خاک روی هم انباشته شد و به منظور توزیع یکنواخت و جذب سطحی نفت روی ذرات خاک، به مدت دو هفته نگهداری شد. سپس خاکها به وزن های ۵ کیلوگرمی تقسیم و در ظروف مخصوص ریخته شد.

تیماردهی و برداشت نمونه ها

لجن فاضلاب شهری تصفیه شده از ایستگاه تصفیه فاضلاب غرب اهواز فراهم شد. سپس لجن کوبیده شد و از الک دو میلی متری عبور داده شد و در ۳ سطح تیماری ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار (۲۰۰، ۱۰۰، ۰ گرم لجن فاضلاب در ۵ کیلوگرم خاک) با خاک درون ظرف مخلوط گردید و برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. خاکهای تیمار شده در گلخانه تحت شرایط نور و دمای کنترل شده بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و در طول ۱۰ هفته فرایند زیست پالایی درجا بررسی شدند. در این مدت زمان به منظور ایجاد شرایط محیطی مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم های تجزیه کننده نفت خام، رطوبت نمونه های خاک در حد ۱۵ تا ۲۰ درصد رطوبت وزنی تنظیم شد. به منظور رفع کمبود اکسیژن و ایجاد شرایط هوازی، خاکها ۲ بار در هفته به هم زده شدند.

جدول : نتایج تجزیه شیمیایی ، فیزیکی و میکروبیولوژی خاک اولیه

هدایت الکتریکی در عصاره اشباع	۵دسی زیمنس بر متر
PH در گل اشباع	۷,۵

ماده آلی	۰,۵۷ درصد
ازت	۰,۰۲ درصد
فسفر قابل جذب	۳ میلی گرم بر کیلوگرم
پتاسیم قابل جذب	۶,۰۲ میلی گرم بر کیلوگرم
سدیم محلول	۴۶ میلی اکی والان در لیتر
کلسیم محلول	۲۵ میلی اکی والان در لیتر
منیزیم محلول	۱۰,۲ میلی اکی والان در لیتر
بی کربنات، سولفات، کلر محلول	۵۵,۲۵,۱,۴۵,۵ میلی اکی والان بر لیتر
ظرفیت تبادل کاتیونی	۱۰,۴ سانتی مول بار مثبت بر کیلوگرم
بافت خاک	رس ماسه ای
تعداد باکتری های تجزیه کننده هیدرو کربن	۶×10^3 سلول در واحد بر گرم خاک

آنالیز نمونه ها

آنالیزهای میکروبیولوژی

تهیه محیط کشت بوشنل هاس

در ابتدا محیط کشت بوشنل هاس به ترتیب زیر و طبق روش ونوسا و ورن در سال ۱۹۹۶ تهیه

گردید.

۱-سولفات منیزیم ۰/۲ گرم در لیتر

۲-کلرید کلسیم ۰/۰۲ گرم در لیتر

۳-مونوفسفات پتاسیم ۱ گرم در لیتر

۴-فسفات آمونیوم دو عاملی ۱ گرم در لیتر

۵-نترات پتاسیم ۱ گرم در لیتر

۶-کلرید فریک ۰/۰۵ گرم در لیتر

که با کلرید سدیم ۲ درصد وزنی تکیل شد. سپس با استفاده از اتوکلاو در درجه حرارت ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه استریل گردید.

شمارش باکتری های هتروتروفیک تجزیه گر نفت

به منظور شمارش باکتری های هتروتروف تجزیه گر هیدروکربن از روش $2MPN$ استفاده شد. در این روش ابتدا کلیه وسایل مورد استفاده استریل شد و پس از آماده سازی محیط کشت، از نمونه خاک مورد نظر که در زمان مناسب جمع آوری شده بود، ۳ گرم وزن شد و با ۱۰ میلی لیتر از محیط بوشنل هاس به خوبی مخلوط گردید تا به صورت دوغاب درآید. بعد از نیم ساعت، ۱ میلی لیتر از دوغاب به ۹ میلی لیتر محیط کشت اضافه شد و به همین ترتیب غلظتهای 10^{-1} تا 10^{-12} تهیه شد. از هر غلظت ۳ تکرار تهیه شد به صورتی که برای هر نمونه خاک ۳۶ لوله آزمایش تهیه گردید. بعد از رقیق سازی، معرف ریسازورین به میزان ۹۰ میکرولیتر به لوله ها اضافه شد و پس نفت خام استریل شده به مقدار ۰/۲ میلی لیتر به هر لوله اضافه گردید و لوله های آماده شده به مدت ۲ هفته در

انکوباتور نگهداری شد. لازم به ذکر است که هدف از استریل کرن نفت، حذف هرگونه فلور باکتریایی خارج از خاک و بررسی اثر لجن بر افزایش باکتری های تجزیه کننده نفت در خاک بود. پس از دو هفته بررسی مرتب لوله ها، هنگامی که تغییر رنگ آبی به صورتی (نشان دهنده رشد باکتری هتروتروفیک) مشاهده شد، لوله ها از انکوباتور خارج شده و باکتری ها براساس جدول MNP شمارش شدند.

آنالیزهای تغییرات نفت

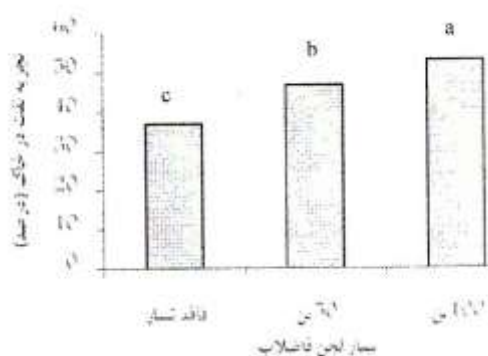
به منظور آنالیز تغییرات نفت، ابتدا نفت موجود در نمونه ها توسط دستگاه سوکسیله و با استفاده از حلال آلی کلروفرم از نمونه ها استخراج شد و پس از آسفالتن گیری در مقادیر میکرولیتری به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق گردید. دستگاه GC مورد استفاده در این تحقیق مدل ۲۰۱۰ ساخت شرکت وینکی بود که در آن شناسایی پیک ها توسط آشکارگر FID انجام می شد. ستون موئینه به طول ۲۵ متر، دمای اولیه ۵۰ درجه سلسیوس و دمای نهایی ۳۲۰ درجه سلسیوس بود. افزایش دما در دستگاه به ازای هر دقیقه، ۵ درجه سلسیوس تنظیم شد. گاز حامل، هلیوم بود و از هوای فشرده و گاز هیدروژن برای شعله آشکارگر FID استفاده گردید.

به منظور اندازه گیری کل کربن آلی و مقدار ازت کل به ترتیب از دستگاه راکمی ایوال ۶ و روش کجداال استفاده گردید.

نتایج

در تحقیق حاضر افزایش لجن فاضلاب به عنوان کودآلی و هوایی خاک در طول زیست پالایی همزمان با افزایش رشد باکتری های هتروتروف، اثر معنی داری بر تجزیه نفت داشت به طوری که آلودگی در خاک بین ۴۵ تا ۶۰ درصد کاهش یافت. در تیمار ۱۰۰ تن لجن فاضلاب در هکتار (۲۰۰ گرم لجن در ۵ کیلوگرم خاک) تجزیه نفت بیشتر از تیمار ۵۰ تن لجن فاضلاب در هکتار (۱۰۰ گرم لجن در ۵ کیلوگرم خاک) بود. نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار لجن فاضلاب بر تجزیه نفت به روش دانکن در سطح ۵ درصد حاکی از تفاوت معنی دار شاهد با نمونه های تیمار شده از لحاظ آماری بود. (شکل)

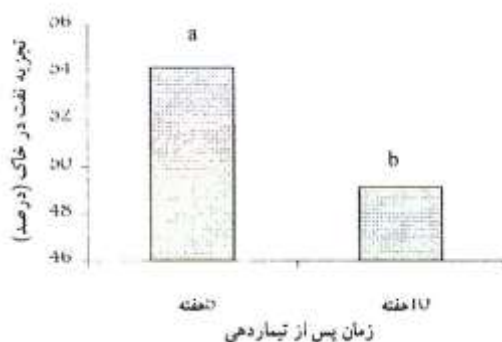
شکل : متایسه میانگین تأثیر تیمار لجن فاضلاب بر تجزیه نفت در خاک



لذا تجزیه نفت در نمونه های فاقد تیمار از نمونه های تیمار شده به شکل معنی داری کمتر بود. همچنین میزان تجزیه نفت در نمونه های تیمار شده با ۱۰۰ تن لجن فاضلاب به صورت معنی داری بیشتر از نمونه های تیمار شده با ۵۰ تن لجن فاضلاب بود. اسپینورا و دندوون در سال ۲۰۰۳ نشان دادند که افزایش مواد آلی مانند لجن فاضلاب به خاک آلوده به علت وارد کردن حجم زیادی از مواد غذایی باعث تسریع زیست پالایی گازوئیل و تجزیه TPH می شود. اثر زمان نیز بر تجزیه نفت

در سطح ۵ درصد معنی دار شد و با گذشت زمان از تیماردهی، میزان تجزیه نفت کاهش یافت. (شکل)

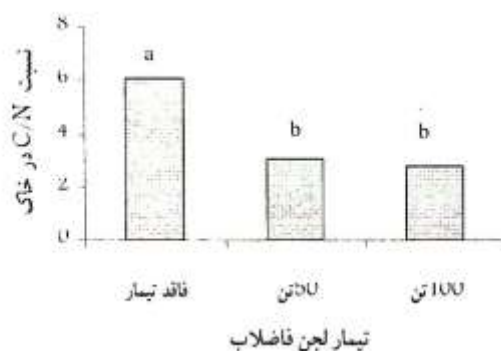
شکل : مقایسه میانگین اثر زمان بر تجزیه نفت در خاک



این مشاهده کاملاً با نتایج رشد باکتری مطابقت دارد. بیشترین رشد باکتری در هفته پنجم بود که در این زمان به علت حضور نرمال آلکان های سریع تجزیه شونده و وفور مواد غذایی معدنی، فعالیت باکتری ها و در نتیجه تجزیه نفت حداکثر بود. با گذشت زمان، ترکیبات نفتی سخت تجزیه شونده، بلندزنجیره و دارای کمبود نیتروژن باقی ماند و رشد باکتری و تجزیه نفت کاهش یافت.

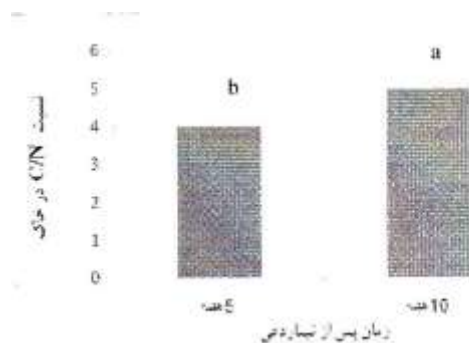
نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی دار بین اثر تیمارهای مختلف لجن فاضلاب بر نسبت C/N خاک را نشان داد. نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن حاکی از بالاتر بودن معنی داری نسبت C/N در شاهد نسبت به نمونه های تیمار شده بود. حال آن که بین ۲ تیمار ۵۰ و ۱۰۰ تن از این لحاظ اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد. (شکل)

شکل : مقایسه میانگین تأثیر تیمار لجن فاضلاب بر نسبت C/N در خاک



در نمونه شاهد، کمبود مواد مغذی معدنی، رشد باکتری های تجزیه کننده هیدروکربن و در نتیجه تجزیه نفت را محدود می کند و نسبت C/N بالا می رود. در نتیجه نسبت C/N از ۶ در نمونه های شاهد به حدود ۳ در نمونه های تیمار شده رسید. با گذشت زمان از تیماردهی، نسبت C/N کاهش معنی داری یافت و در هفته پنجم این نسبت کمتر از هفته دهم بود. (شکل)

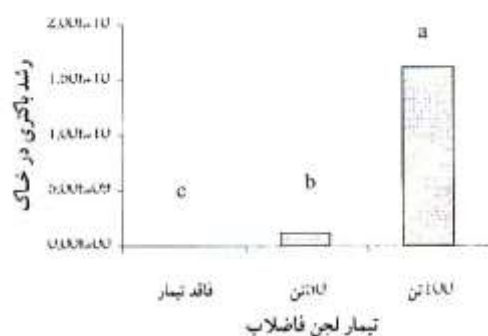
شکل: مقایسه میانگین اثر زمان بر نسبت C/N در خاک



در هفته پنجم مواد غذایی کافی در دسترس باکتری ها بود اما با گذشت زمان کمبود عناصر معدنی ظاهر شد و رشد باکتری و تجزیه نفت را محدود ساخت.

تجزیه و آریانس نتایج به دست آمده از تیماردهی خاکهای آلوده به نفت خام با لجن فاضلاب نشان داد که کاربرد تیمار لجن فاضلاب اثر معنی داری در سطح پنج درصد بر رشد باکتری در خاک داشت و بین نمونه های تیماردهی شده با شاهد تفاوت معنی دار بود. (شکل)

شکل : مقایسه میانگین تأثیر تیمار لجن فاضلاب بر رشد باکتری در خاک

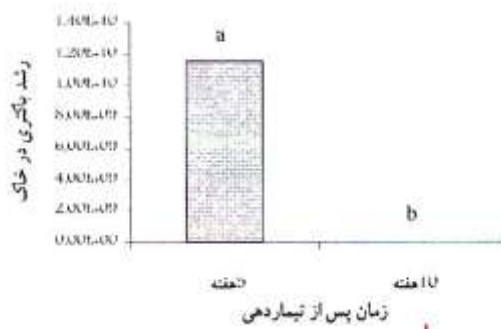


لجن فاضلاب در طی فرآیند معدنی شدن، مواد غذایی را در محلول خاک آزاد می کند و با ایجاد شرایط تغذیه ای مناسب باعث افزایش رشد باکتری های هتروتروف تجزیه کننده نفت، تجزیه نفت و کاهش نسبت C/N در خاک می شود.

رامسی و همکاران در سال ۲۰۰۰ در مطالعه اثر زیست پالایی بر جمعیت میکروبی در رسوبات نفتی مشاهده کردند که هوادهی مداوم و افزایش کود، باعث تحریک قابل ملاحظه رشد باکتری های تجزیه کننده هیدروکربن در خاک می شود. وانگستل و همکاران در سال ۲۰۰۱ در زیست پالایی خاکهای آلوده به نفت، افزایش معنی داری را در جمعیت باکتری ها گزارش کردند.

در تحقیق حاضر در زمان ۵ هفته به علت حضور نرمال آلکان ها و شرایط محیطی و غذایی مناسب، رشد باکتری و تجزیه نفت بالا بود اما با گذشت زمان در ۱۰ هفته ترکیبات آروماتیک و آسفالت ها باقی مانده و کمبود عناصر غذایی رخ داد که باعث کاهش فرآیند زیست پالایی شد. (شکل)

شکل: مقایسه میانگین اثر زمان بر رشد باکتری در خاک

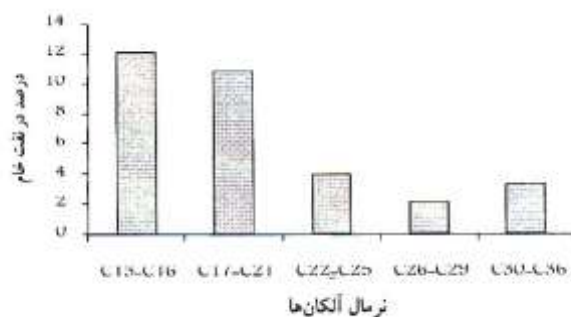


کیم و همکاران در سال ۲۰۰۷ نیز گزارش دادند که اثر کوددهی بر تحریک بیولوژی باکتری های بومی خاک، با گذشت زمان کاهش می یابد که در تطبیق با نتایج این تحقیق بود.

اثر تیمار لجن فاضلاب بر تغییر غلظت نرمال آلکان ها در نفت خام

نفت خام چاه شماره ۶۹ میدان نفتی مارون ۳ که به عنوان آلاینده نفتی در این تحقیق به خاکها اسپری شد پس از استخراج از خاک با استفاده از دستگاه سوکسیله و آسفالتن گیری بیتومن باقیمانده، در مقادیر میکرولیتری به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق گردید. پس از ارائه پیک GC، سطوح زیر منحنی هر کدام از نرمال آلکان ها محاسبه شد. (شکل)

شکل: درصد نرمال آلکان ها در نفت خام چاه شماره ۶۹



پرسیتان و فیتان به عنوان استانداردهای داخلی استفاده شدند زیرا این ترکیبات که معرف آلکان های شاخه ای هستند به علت ساختمان مولکولی شان نسبت به نرمال آلکان های مجاور یعنی C18, C17 در برابر تجزیه زیستی بسیار مقاوم هستند.

نرمال آلکان ها، به منظور سهولت بررسی تغییرات براساس نزدیکی ترکیب شیمیایی در ۶ دسته به ترتیب زیر تقسیم بندی شدند:

<C13, C13-C16, C17-C21, C22-C25, C26-C29, C29-C36

دسته اول که نرمال آلکان های کوچک تر از C13 را شامل می شود به علت فرار بودن در هیچ یک از پیک های حاصل از تزریق نمونه ها به دستگاه GC مشاهده نشد به همین دلیل نیز در نمودارها بررسی نشده است.

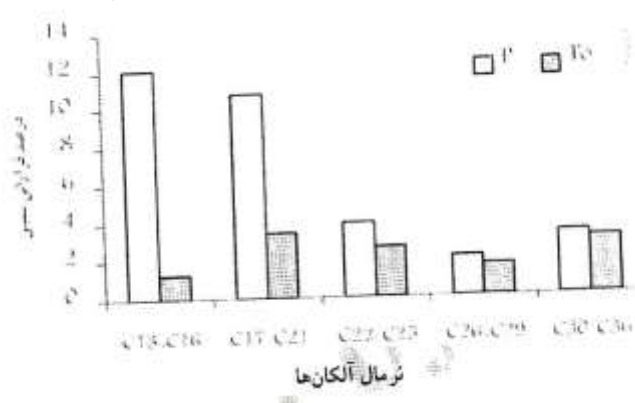
دسته C13-C16 حدود ۱۲ درصد از کل نفت خام و بیشترین حجم نرمال آلکان ها را تشکیل داده در حالی که دسته C26-C29 کمترین حجم و تنها ۴ درصد کل نفت خام را تشکیل داده است. طبق ترکیب نفت خام که شامل بنزین (C4-C10) نفت سفید (C11-C12) گازوئیل (C13-C20) روغن موتور (C21-C40) و پس مانده (C40) است. در این نمونه، گازوئیل ۲۳ درصد و ایزوپرنوئیدهای غیرحلقوی پرسیتان و فیتان به ترتیب ۱/۳۴ درصد و ۱/۵۵ درصد از کل نفت را تشکیل می دهند.

نمونه شاهد در طی ۱۰ هفته زیست پالایی، تیمار غذایی دریافت نکرد ولی تحت رطوبت و شرایط هوایی مناسب قرار گرفت. مقایسه درصد نرمال آلکان های نمونه های شاهد با نفت خام اولیه نشان

داد که دسته هیدروکربن های کوچک تر از C22 تغییرات شدیدی کردند به طوری که در دسته C13-C16 حجم نرمال آلکان ها از ۱۲ درصد در نفت به حدود ۲ درصد در نمونه شاهد رسید.

(شکل)

شکل: مقایسه درصد نرمال آلکان ها در نمونه شاهد (T0) با نفت خام اولیه (P)



دسته C17-C21 در شاهد به نصف حجم اولیه در نفت خام رسید اما در ۳ دسته هیدروکربن های بزرگ تر از C22، تغییرات حجم بسیار اندک بود. نتایج حاکی از آن بود که مقدار قابل دسترس دسته پارافینی C13-C21 در خاک به علت کوتاه بودن طول زنجیره هیدروکربنی و جذب شدن بر سطح ذرات کلوئیدی پس از اسپری نفت به خاک، کاهش یافت، اما در سایر دسته ها با طول شدن زنجیره شان میزان جذب سطحی به وسیله کلوئیدهای خاک، کاهش زیادی نشان داد. ایزوپرنوئیدهای غیرحلقوی پریستان و فیتان نیز در شاهد نسبت به نفت اولیه به ترتیب ۵۱ درصد و ۴۹ درصد تغییر حجم یافتند که نشانگر تجزیه زیستی بالا در خاک است. این نتایج با تحقیقات گیلر و همکاران در سال ۲۰۰۲ و داس و ماکرج در سال ۲۰۰۰ مطابقت دارد.

در اثر اعمال تیمار ۵۰ تن لجن فاضلاب در هکتار (۱۰۰ گرم لجن فاضلاب در ۵ کیلوگرم خاک) دسته های C26-C29t C17-C21 تغییرات مشخصی داشتند به طوری که تجزیه در این دسته ها از حدود ۲۵ درصد در ۵ هفته به ترتیب به ۵۳ درصد و ۴۶ درصد در ۱۰ هفته رسید. بقیه دسته های C25-C22, C26-C29, C17-C21, C30-C36, C13-C16 نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۶۵، ۵۳، ۴۳، ۴۶ و ۵۷ درصد کاهش حجم را نشان دادند. آنچه در کلیه پیک ها حاصل گردید تجزیه بیولوژیکی کم دسته C25-C22 بود که نشان دهنده تمایل کمتر باکتری های هتروتروف مورد بررسی به مصرف و تجزیه این دسته است. این امر مربوط به ساختمان زنجیره ای این دسته می باشد. بیشترین تغییرات حجم در نرمال آلکان های C13-C16 دیده شد که ۶۱ درصد کاهش داشتند. در دسته های پارافینی متوسط، تغییرات کمتر بوده و بین ۲۵ تا ۳۷ درصد کاهش وجود داشته که نسبت به زمان اولیه بسیار واضح و حاکی از تجزیه نرمال آلکان های بلند زنجیره در این مدت زمان بود.

بر اثر کاربرد لجن فاضلاب به عنوان یک ماده مغذی برای میکروارگانیسم های خاک، تجزیه نفت افزایش واضحی داشت و دسته های نرمال آلکان C30-C36, C26-C29, C13-C16 توسط باکتری های هتروتروف به خوبی مورد تجزیه قرار گرفتند و بیش از ۹۰ درصد تجزیه نسبت به شاهد مشاهده گردید. اما تغییرات در پارافین های متوسط زنجیره همانند نتایج تیمار ۵۰ تن لجن فاضلاب، حدود ۵۰ درصد کاهش نسبت به شاهد نشان داد. این امر گویای عدن تمایل باکتری های هتروتروف تجزیه کننده هیدروکربن برای تجزیه نرمال آلکان های فرد در این پارافین ها بود که مربوط به منشأ اولیه آنهاست. با گذشت مدت زمان ۱۰ هفته از اعمال تیمار لجن فاضلاب به عنوان کودآلی، تجزیه

میکروبی دسته C30-C36 به گونه معنی داری از ۲ درصد به ۶۲ درصد افزایش یافت که نشان دهنده افزایش تمایل میکروب ها برای تجزیه نرمال آلکان های بلند زنجیره بود. تجزیه دسته -C13 C16 حدود ۷۴ درصد بود. دسته های میانی C26-C29, C22-C25, C17-C21 به ترتیب ۳۷، ۲۲ و ۶۹ درصد تجزیه شدند.

نتیجه گیری

۱-نسبت C/N از حدود ۶ در نمونه شاهد به حدود ۳ در نمونه های دریافت کننده تیمار غذایی کاهش یافت که نشان دهنده تجزیه نفت در این تیمارها و کاهش مقدار کربن آلی و نسبت C/N در این نمونه ها بود.

۲-تیمار اعمال شده باعث تجزیه ۴۵ تا ۶۰ درصد آلودگی نفتی در خاک شد.

۳-جمعیت باکتری های هتروتروفیک تجزیه کننده هیدروکربن در پی تیمارهای غذایی به کار رفته در این تحقیق افزایش چشمگیری پیدا کرد و از مقدار $10^3 \times 6$ کلونی در واحد بر گرم خاک در نمونه شاهد به $10^{10} \times 2$ در نمونه های تیمار شده با لجن فاضلاب رسید.

۴-تجزیه نفت و افزایش جمعیت میکروبی در هر دو تیمار در هفته پنجم بیشتر هفته دهم بود زیرا در پنج هفته اول تیماردهی به علت حضور نرمال آلکان های سریع تجزیه شونده و وفور مواد غذایی معدنی، فعالیت باکتری ها و کاهش نفت بیشتر بود اما با گذشت زمان، ترکیبات نفتی سخت تجزیه شونده، بلند زنجیره و دارای کمبود نیتروژن باقی مانده و رشد باکتری و در نتیجه تجزیه نفت کاهش

یافت. بنابراین به طور کلی می توان این گونه بیان کرد که اعمال تیمار لجن فاضلاب به خاکهای آلوده به نفت به مدت زمانی پنج هفته یک تیمار بهینه است.

حذف فلزات سنگین با استفاده از میکروارگانیزم ها

فلزات سنگین در عرصه جذب زیستی در سه دسته: فلزات سمی (مانند Hg, Pb, Zn, Cr, Cd, As, Co, Sn و غیره)، فلزات قیمتی (مانند Pd, Pt, Ag, Au و غیره)، رادیو نوکلئوئیدس (مانند U, Ra, Am غیره)، که معمولاً وزن مخصوص شان بالاتر از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب است، طبقه بندی می شوند (۲۴، ۵). سرب فلزی نرم و سنگین به رنگ آبی مایل به خاکستری است. فلز سرب توسط انواع صنایع مانند سرامیک سازی، شیشه سازی، صنایع نساجی، باتری سازی، ساخت گلوله های سربی برای ریختن حروف چاپ و غیره وارد محیط می شود. سرب از طریق هوا، آب و غذا وارد بدن انسان می شود. به نظر می رسد که آثار و علائم مسمومیت با سرب مربوط به توانایی آن برای چسبیدن به گروه سولفیدری پروتئین آنزیم های متعدد لازم برای تولید هم (Heme) به وسیله این ماده مهار می شوند. هم چنین سرب پیریمیدین ۵- نوکلئوتیداز (موثر در شکستن RNA) را غیرفعال کرده، و در نتیجه باعث تجمع RNA ریوزومی می گردد. سرب از تولید ۱ و ۲۵- دی هیدروکسی ویتامین D جلوگیری می کند. اولین اعضای که تحت تاثیر سرب قرار می گیرند، مغز، دستگاه عصبی محیطی، مغز استخوان، کلیه، و کبد هستند. به علت افزایش مصرف و ثابت ذاتی بالا، آلودگی فلزات سنگین امروزه به یکی از مهم ترین معضلات محیط زیست تبدیل شده است. روش های متعارف برای زدودن یون های فلزی از محلول های مایع به تفصیل مطالعه شده است، به عنوان

مثل ته نشینی شیمیایی (chemical precipitation)، تعویض یونی (exchange ion)، تصفیه الکتروشیمیایی (treatment electrochemical)، تکنولوژی های غشائی (technologies membrane)، جذب روی کربن فعال (on activated carbon adsorption) و غیره.

اما روش ته نشینی شیمیایی و عملیات الکتروشیمیایی بی نتیجه هستند، به خصوص هنگامی که غلظت یون فلزی در محلول مایع کمتر از ۱ تا ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر باشد، هم چنین آنها مقدار زیادی لجن را که با اشکالات فراوانی همراه است را تولید می کنند. تبادل یونی، تکنولوژی های غشائی و فرآیند جذب کربن فعال به شدت گران می باشند، مخصوصاً هنگام جمع شدن مقدار زیادی آب و فاضلاب حاوی فلز سنگین در غلظت کم، از این رو آن ها نمی توانند در مقیاس بزرگ استفاده شوند. فرآیند دیگر جذب زیستی می باشد، که مواد طبیعی مختلف با منشا بیولوژیکی را مورد استفاده قرار می دهد، مانند باکتری، قارچ، مخمر، جلبک و غیره. این جذب کننده های طبیعی می توانند غلظت یون فعلی سنگین موجود در محلول را از میزان ppt تا ppb کاهش دهند. آنها به طور موثر می توانند یون های فلز منحل شده را از محلول های رقیق پیچیده با راندمان بالا به سرعت جدا کنند. بنابراین جذب زیستی یک انتخاب مناسب برای تصفیه فاضلاب کمپلکس با حجم بالا و غلظت کم است.

جذب فلزات سنگین توسط سلول های میکروبی نتیجه مکانیسم های جذب زیستی و تجمع زیستی است. اصطلاح جذب زیستی، قابلیت بیوماس زنده، غیرفعال و مرده در متصل شدن به فلزات سنگین یا آلاینده های موجود در محلول های رقیق تعریف کردند. عمدتاً مسئول این خاصیت دیواره سلولی

است. اصطلاح تجمع زیستی، به به وجود آمدن جذب به طور متابولیکی توسط سلول های زنده فعال مربوط است. گزارش شده تجمع زیستی فلزات سنگین در سلول های مخمر از طریق دو مرحله است. اولین مرحله سریع و غیروابسته به متابولیسم است و مستلزم اتصال به سطح دیواره سلولی است. در غالب موارد قابلیت اتصال فلز ساکارومایسس سرویزیه و قارچ به بار الکتریکی نسبت داده می شود که از تفکیک به طور ضعیف گروه های اسیدیک کربوکسیل و دیگر گروه هی عملکردی مانند گروه های آمینو سازنده دیواره سلولی به وجود آورند. دومین مرحله جذب آهسته تر و وابسته به متابولیسم، اندوختن مقادیر زیادتری از کاتیون های فلزی، نسبت به جذب زیستی توسط بیومس غیرزنده است. به هر حال فلزات سنگین برای میکروارگانسیم ها سمی هستند. به علت میل ترکیبی زیادشان به ایجاد کمپلکس با اجزاء تشکیل دهنده غشاء باعث آسیب به یک پارچگی و کاهش عملکردش می شود. مخمرها به دلیل بقاء و رشد در مکان های آلوده به فلزات سنگین و ظرفیت بالای اتصال فلز به دیواره سلول و میزان بالای جذب درون سلولی، نسبت به سایر میکروارگانسیم ها برای حذف فلزات سنگین از ارجحیت برخوردار هستند. هدف از این تحقیق بررسی حذف فلزات سنگین توسط میکروارگانسیم می باشد.

مواد و روش ها

میکروارگانسیم و شرایط رشد

از پساب کارگاه سفید کاری مس، آب ورودی به تصفیه خانه فاضلاب، آب جوی کنار پمپ بنزین در شهر قم و پساب حاوی سرب از کارخانه ای واقع در شهر صنعتی البرز قزوین نمونه گیری انجام شد.

از هر نمونه رفت ۱ تا 10^{-9} تهیه و سپس از رقت ۱۰۰ میکرولیتر برداشته و در پلیت های حاوی محیط اختصاصی سابورود دکستروز آگار کشت داده و در انکوباتور با دمای ۲۸ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت گرماگذاری گردید، سپس کلنی های پلیت ها مورد بررسی قرار گرفت. از کلنی ها، کلنی های محدب، دارای سطح صاف، کناره کامل، کدر، مات یا براق، با قوام کره ای و به رنگ کرم لام تهیه و در زیر میکروسکوپ سلول های بیضی شکلی با جوانه های چند قطبی مشاهده گردید. برای شناسایی مخمر ساکارومایسس سوریزیه علاوه بر بررسی ویژگی های ماکروسکوپی میکروسکوپی از تست تخمیر کربوهیدرات هم استفاده شد.

قابلیت تخمیر کربوهیدرات

برای تست تخمیر از محیطی که حاوی پیتون، عصاره مخمر، برومر تیمول بلو (محلول ۱/۶٪)، محلول کربوهیدرات استفاده گردید. قندهای گلوکز، D- گالاکتوز، مالتوز، ساکاروز، ترهالوز، لاکتوز، سلوبیوز، اینولین، نشاسته، گزیلور به کار برده شد.

بررسی میزان جذب

ابتدا از کشت تازه سویه های مخمر کشت پانچی روی محیط سابورود دکستروز آگار تهیه و پلیت ها به مدت ۲۴ ساعت ۲۸ درجه سانتی گراد در گرماگذاری شدند. بعد از زمان مذکور روی پلیت ها محلول استریل آگار ۲٪ حاوی ۱۵ میکرو مولار سرب اضافه و به مدت ۲۴ ساعت در ۲۸ درجه سانتی گراد گرماگذاری گردید. بعد از زمان فوق الذکر پلیت ها را به صورت افقی و بدون درب ورودی دسیکاتور حاوی ظرفی که مقداری HCl ۱۰٪ و ۳ گرم سولفید سدیم بوده قرار داده شد. به

علت واکنش HCl با سولفید سدیم دسیکاتور از گاز H₂S اشباع گردید. گاز H₂S حاصل با سرب واکنش داده و رسوب سیاه رنگ PbS تولید گردید. بعد از یک ساعت مجاورسازی در اطراف کلنی های سویه که توانایی جذب سرب داشتند هاله شفاف و آن های که توانایی جذب سرب نداشتند رسوب سیاه رنگ PbS ظاهر شد. با این روش بهترین سویه ها جذب کننده فلز سرب جدا گردید. در روش کمی ۰/۵ گرم از رسوب ۵ سویه ۰/۱ مخمر که معادل با ۰/۱ گرم وزن خشم بود، به طور جداگانه به ارلن هایی که حاوی ۵۰ میلی لیتر محلول نترات سرب (II) با رقت ۱۰۰ ppm و pH در حدود ۴/۵ اضافه و به مدت ۲ ساعت در شیکر انکوباتور با حرکت دورانی معادل با ۱۲۰ rpm و دمای ۲۸ درجه سانتی گراد گرماگذاری شد. پس از گذشت زمان مذکور، نمونه های در ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه در ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ و غلظت فلز در فاز رویی حاصل از سانتریفیوژ هر یک از سویه ها به منظور بررسی میزان جذب سرب، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مورد سنجش قرار گرفت.

محاسبه میزان جذب فلز سرب

جهت محاسبه میزان جذب فلز سرب توسط بیومس سویه های مخمر ساکارومایسس سرویزیه در طی تمامی آزمایش ها، بر طبق معادله $q = V(C_i - C_f)/S$ عمل شد. که q میزان جذب فلز توسط بیومس (mg/g), C_i غلظت اولیه یون سرب در محلول (mg/l), C_f غلظت نهایی یون سرب در محلول (mg/l), V حجم محلول فلزی که با بیومس مجاور سازی شده (l), S مقدار بیومس اضافه شده بر مبنای وزن خشک (گرم) است.

بررسی فاکتورهای محیطی بر جذب فلز سرب

اثر pH بر جذب فلز سرب

برای این منظور ابتدا محلول فلزی سرب در محدوده pH ۵/۵ - ۲/۵ تهیه و به علت رسوب یون های سرب در مقادیر بالاتر pH آزمایش ها در مقادیر بالاتر pH انجام نشد. این آزمایش برای تمام pHها در شرایط کاملاً یکسان از نظر درجه حرارت (۲۸ درجه سانتی گراد = T)، دور شیکر-انکوباتور (۱۲۰ rpm) انجام شد. بعد از پایان زمان مجاورت در هر آزمایش، با همان شرایط هر نمونه سانتیفریوژ و میزان فلز باقی مانده در محلول توسط اسپکتروفتومتر جذب اتمی تعیین گردید.

اثر غلظت های مختلف سرب

غلظت های مختلف سرب ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰ rpm را در ۵۰ میلی لیتر محلول فازی ریخته و آن را به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده و در دمای ۲۸ درجه سانتی گراد، دورشیکر-انکوباتور (۱۲۰ rpm) و pH ۴/۵ تهیه شد.

تثبیت ساکارومایسس سرویزیه توسط حامل های مختلف

تثبیت سلول مخمر درون آگار

برای تثبیت سلول درون ژل آگار، ابتدا محلولی از آگار (آگار در آب دیونایز) با غلظت ۳٪ ساخته، سپس محلول استریل گردید. بعد از سرد شدن محلول آگار به آن سوسپانسیون مخمر ۵٪ اضافه و سپس مخلوط را درون پلیت استریل ریخته و پلیت در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار داده شد. بعد از بستن ژل آن را توسط تیغ استریل به ابعاد ۵ میلی متر برش داده شد.

سپس تکه های حاوی سویه مخمر را در درون ارلن استریل که حاوی ۵۰ میلی لیتر محلول ۵۰۰ ppm سرب است ریخته و آن را درون شیکر-انکوباتور با دور ۱۲۰ rpm و دمای ۲۸ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شد. بعد از پایان زمان مجاورت در هر آزمایش، تکه ها توسط کاغذ صافی جمع آوری شده و سپس محلول باقی مانده در نمونه پس از رقت مناسب به منظور سنجش میزان جذب سرب توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مورد بررسی قرار گرفت.

تثیت سلول مخمر درون آلزینات کلسیم

در این آزمایش، محلول سدیم آلزینات ۳٪ w/v تهیه شد. سپس محلول آلزینات سدیم با سوسپانسیون مخمر ۵٪ مخلوط و هم زده تا یکنواخت گردد. مخلوط آلزینات-سلول با استفاده از سرنگ ۲۰ میلی لیتر به آرامی ۲۰ میلی لیتر به داخل محلول ۰/۲ مولار کلرید کلسیم چکانده شد. گویه های تشکیل شده برای ۲ ساعت در محلول باقی مانده تا پایدار شوند. و بعد از زمان مذکور گویه ها توسط آب دیونایز استریل دوبار شستشو داده تا کلسیم آزاد شسته شود. میانگین اندازه بیدها ۳ میلی متر بود. گویه های حاوی سلول های مخمر را درون ارلن استریل که حاوی ۵۰ میلی لیتر محلول ۵۰۰ ppm سرب ریخته و آن را درون شیکر-انکوباتور با دور ۱۲۰ rpm و دمای ۲۸ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شد. بعد از پایان زمان مجاورت در هر آزمایش، گویه ها توسط کاغذ صافی جمع آوری شده و به منظور سنجش میزان جذب سرب از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی استفاده شد.

همه سویه های جدا شده ساکارومایسس دارای کلنی های به قطر متوسط ۳ میلی متر، محدب، دارای سطح صاف، کناره کامل، کدر، مات یا براق، با قوام کره ای و به رنگ کرم بودند. با کهنه شدن کشت، رنگ کلنی از کرم روشن به کر مایل به قهوه ای تغییر کرد. و در زیر میکروسکوپ نوری سلول های کروی یا بیضوی تک یا دارای جوانه مشاهده شد. (شکل)

شکل: مخمر جوانه زده



شکل: کلنی های ساکارومایسس سرویزیه در محیط کشت SDA



عدم توانایی جذب فلز سرب

شکل : سویه هایی که توانایی و

را دارند.

										(سویه جدا شده از تصفیه خانه)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	سویه شماره ۳ (سویه جدا شده از سفیدکاری مس)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	سویه شماره ۴ (سویه جدا شده پمپ بنزین)

در اطراف کلنی سویه هایی که توانایی جذب سرب داشتند هاله شفاف و آن های که توانایی جذب

فلز را نداشتند رسوب سیاه رنگ PbS مشاهده شد و از بین سویه های جداسازی شده، سویه شماره

۱ بیشترین میزان جذب را نشان داد. (جدول)

جدول: میزان جذب سرب توسط سویه های جدا شده از پساب برای غلظت ۱۰۰ppm سرب

نمونه	سویه شماره ۱	سویه شماره ۲	سویه شماره ۳	سویه شماره ۴
میزان جذب (mgg ⁻¹ dw)	۴۸	۸,۷۵	۶,۵	۵,۹

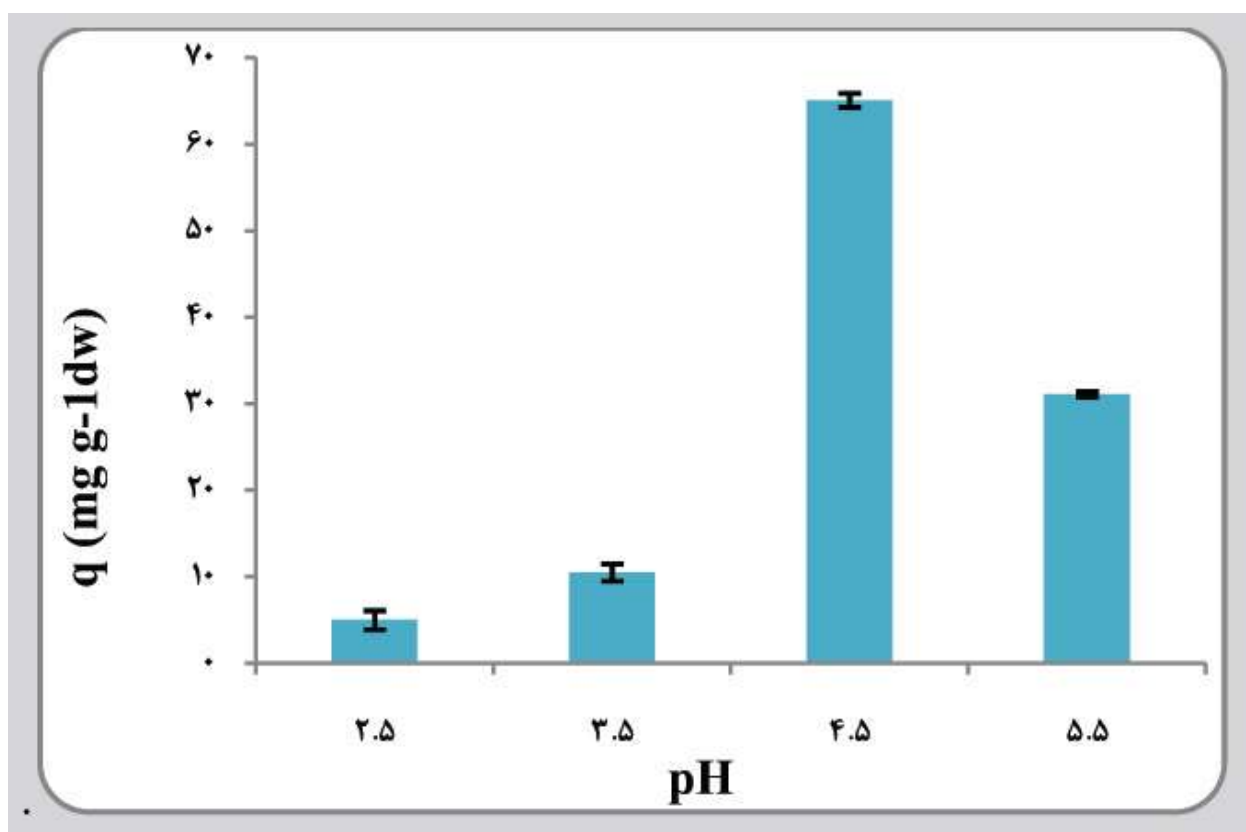
با بررسی نتایج به دست آمده از اسپکتروفتومتری جذب اتمی مشخص گردید که با افزایش pH از

۲/۵ به ۴/۵ میزان جذب افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان جذب فلز سرب در pH ۴/۵

مشاهده شد. در مقادیر $pH > 4/5$ میزان جذب کاهش یافت. (نمودار)

نمودار: اثر PH های مختلف بر روی جذب یون سرب به وسیله سویه (۱)

دما: ۲۸C - زیست توده: ۰,۱ gdw - غلظت محلول سرب: ۵۰۰ PPM - دوره شیکر: ۱۲۰ rpm

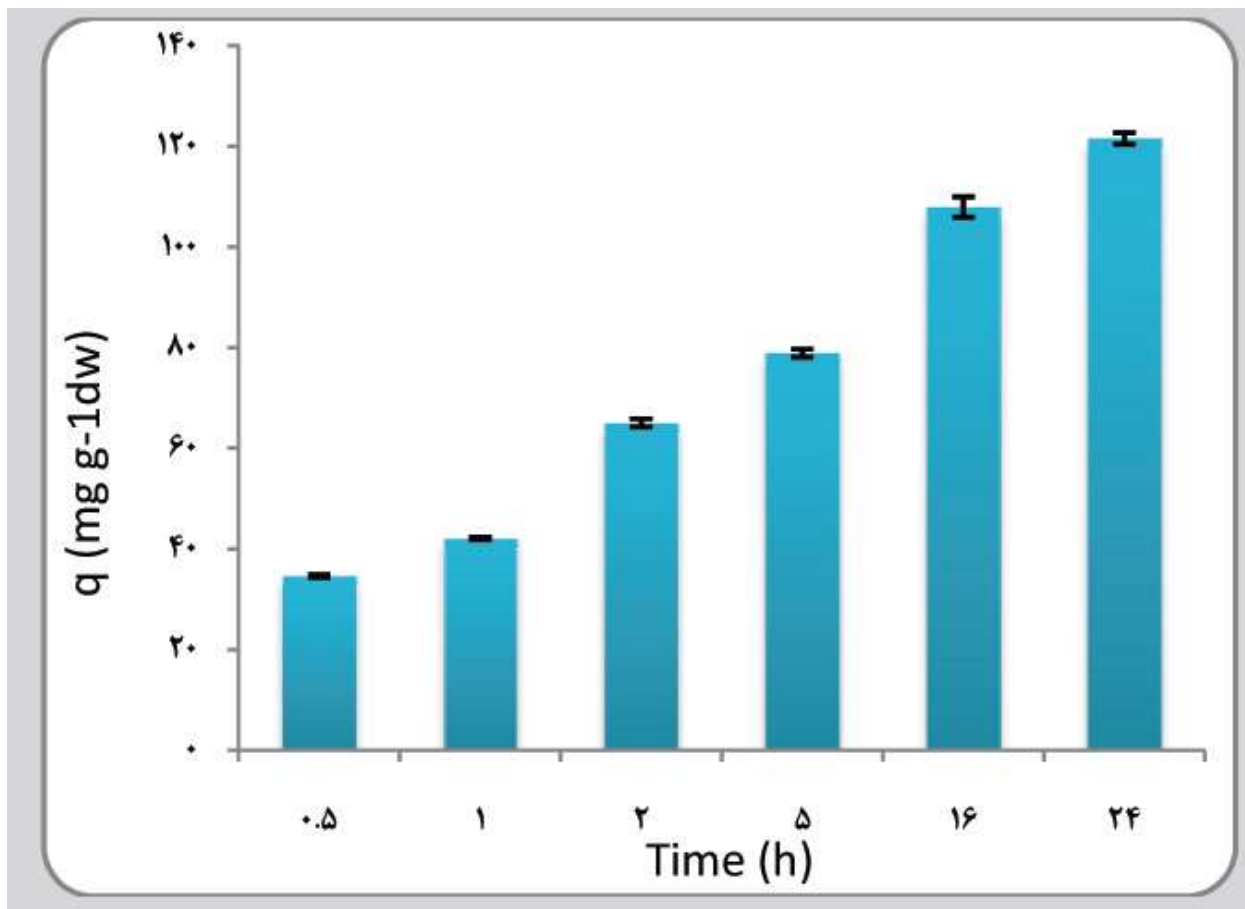


با بررسی نتایج به دست آمده مشخص گردید که میزان جذب سرب توسط سویه با افزایش زمان

تماس از ۰/۵ تا ۲ ساعت میزان جذب به سرعت افزایش یافت، در حالی که با طولانی شدن زمان

تماس از ۲-۲۴ ساعت به تدریج بر میزان جذب افزوده گردید. (نمودار)

نمودار: اثر زمان های تماس مختلف بر روی جذب یون سرب به وسیله سویه (۱)



در این تحقیق میزان جذب سرب به وسیله ساکارومایسس سرویزیه آزاد کمتر از تثبیت شده با آگار و تثبیت شده با آگار کمتر از آلزینات کلسیم گزارش گردید. (جدول)

جدول: میزان جذب و درصد جذب فلز سرب در سلول های تثبیت شده در آلزینات، آگار و آزاد در

زمان تماس ۲ ساعت

آلژینات	آزاد	ثبیت شده	نوع مخمر
—	۶۵/۱	۱۶۴	میزان جذب فلز (mg g ⁻¹ dw)
۱۴۵/۲۵	۶۵/۱	—	

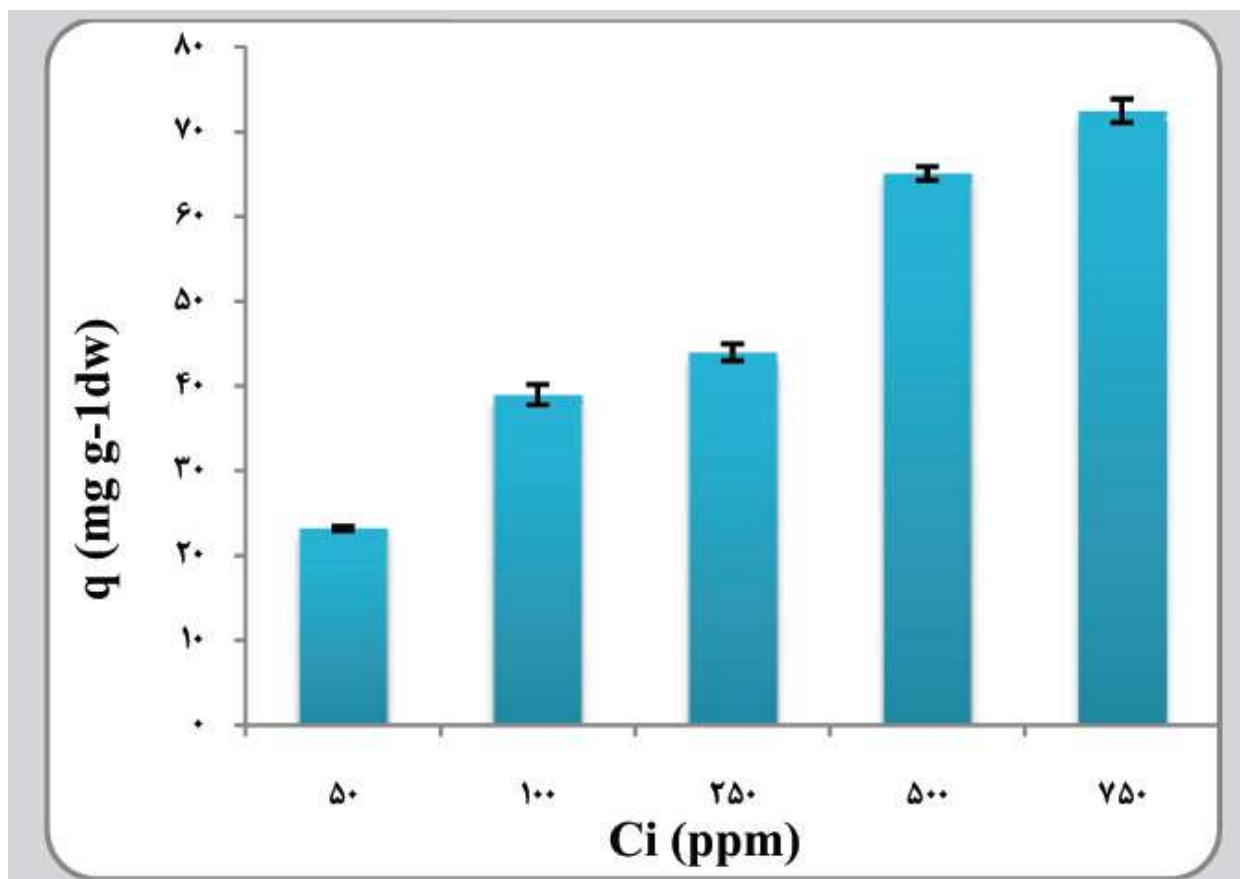
افزایش pH از ۲/۵ به ۴/۵ میزان جذب افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان جذب فلز سرب در ۴/۵pH مشاهده شد. در مقادیر ۴/۵ > pH میزان جذب کاهش یافت. در pHهای پایین میل ترکیبی یون های هیدرونیوم [H₃O⁺] پروتون به لیگاندهای دیواره سلولی نسبت به یون های فلزی زیادتر می باشد، در حالی که در pH بالاتر مانند ۵، میل ترکیبی کاتیون های دی والانث مثبت فلزی نسبت به پروتون بیشتر است. در مقادیر بالاتر از pH ۵/۵ به علت افزایش غلظت یون های OH در محلول، سرب به صورت Pb(OH)₂ رسوب می کند. با توجه به آن چه گفته شد با افزایش pH سیستم جذب توانایی جذب کاتیون های فلزی افزایش می یابد، البته این افزایش به صورت یک رابطه خطی نمی باشد. از طرف دیگر، مقادیر بالای pH می تواند باعث ته نشینی کمپلکس های فلزی شود بنابراین باید در طول آزمایش از افزایش pH جلوگیری شود.

با افزایش غلظت اولیه یون فلزی اثر نیرو گرادیان غلظت یون فلزی نیز افزایش می یابد. اگر غلظت یون های فلزی در محلول زیادتر شود، سایت های فعال مخمر به وسیله یون های فلزی بیشتری احاطه می گردد، در نتیجه فرایند جذب بیشتر انجام می شود. با توجه به آن چه گفته شد میزان جذب فلز با افزایش غلظت های اولیه یون های فلزی افزایش می یابد.

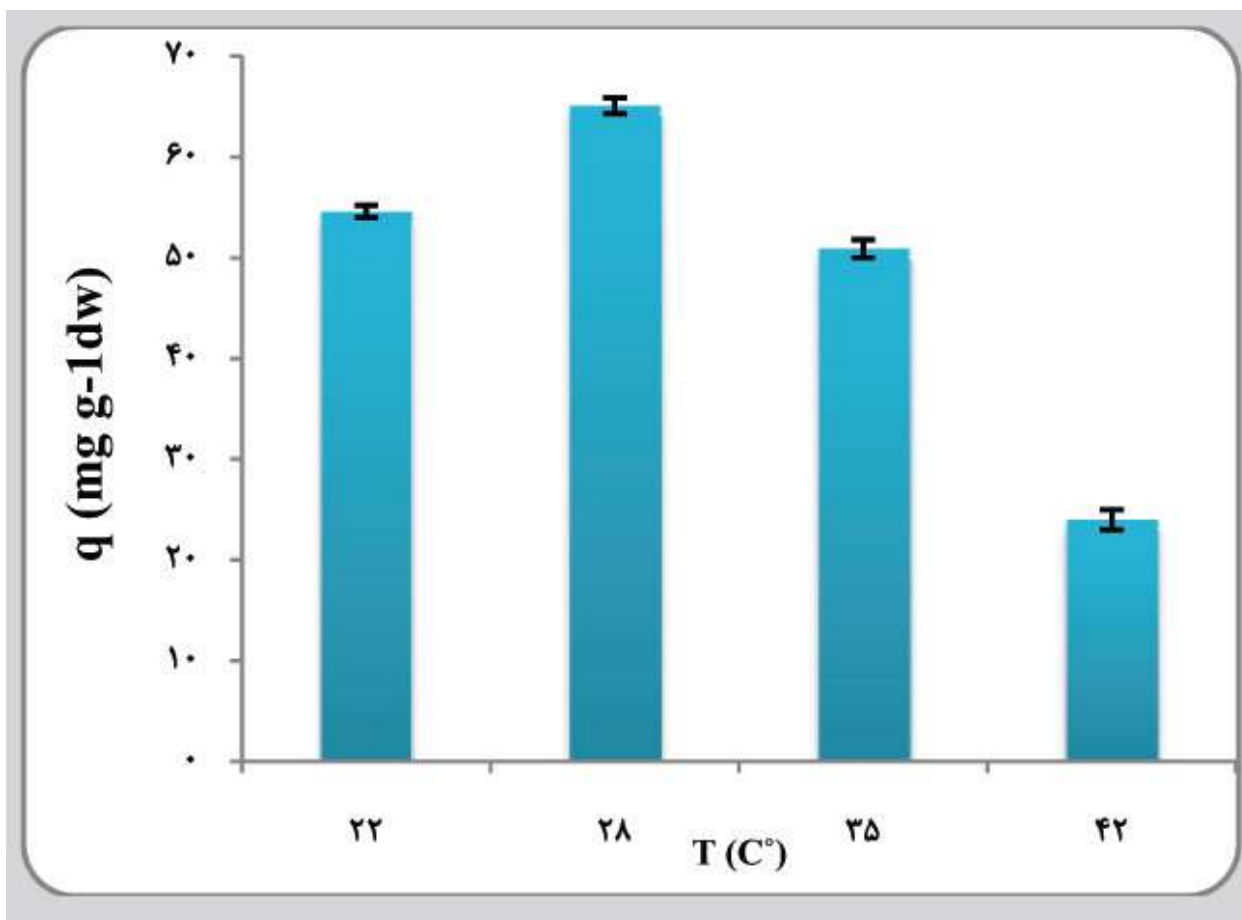
با افزایش غلظت بون های سرب از ۲۵۰-۷۵ ppm میزان جذب فلز سرب به وسیله ساکارومایسس سرویزیه تثبیت شده افزایش یافته، اما با افزایش غلظت یون های سرب از ۲۵۰-۳۵۰ ppm میزان جذب فلز به مقدار جزئی افزایش داشت.

فاکتور دما (در محدود دمای مشخص) روی جذب زیستی یون های فلزی تاثیر دارد. واکنش های جذب به طور طبیعی گرمازا هستند بنابراین با کاهش دما توانایی جذب زیستی افزایش می یابد. هنگامی که دما خیلی بالا است، به علت واپیچش بعضی از سایت های اتصال فلز موجود در سطح سلول، جذب فلز کاهش می یابد. معمولاً به علت هزینه بالا بهره برداری فرآیند جذب زیستی در دمای بالا انجام نشده است.

نمودار: اثر غلظت های مختلف محلول سرب بر روی جذب یون های سرب به وسیله سویه (۱)



نمودار: اثر دماهای مختلف بر روی جذب یون سرب به وسیله سویه (۱)



تصفیه بیولوژیکی پساب های حاوی فلز سمی روی (Zn^{2+}) به وسیله جلبک دریایی

فلزاتی نظیر نیکل، کادمیوم، سرب، مس و روی از طریق فعالیت های صنعتی باعث آلودگی محیط زیست می گردند، به این جهت آلودگی فاضلاب به وسیله یون های فلزی سمی یک مشکل نیست، انباشت این فلزات سمی و سنگین در خاک های مرغوب کشاورزی، آن ها را بدون استفاده نموده و این امر به دلیل جذب بیولوژیک این فلزات توسط گیاهان و در نتیجه، انباشت در زنجیره غذایی می باشد. رایج ترین روش های فیزیک و شیمیایی جهت جداسازی این فلزات عبارتند از: ته نشینی، اکسید و احیاء شیمیایی، تعویض یونی، اسمز معکوس، جداکننده های غشایی، واکنش الکتروشیمیایی

و تبخیر می باشند. زمانی نگرانی های انسان زیاد می گردد که روش های تصفیه موجود برای چنین پساب هایی، نتوانند با قوانین استاندارد زیست محیطی تطبیق کند، به جهت این که اغلب روش های مذکور، هنگامی که غلظت های فلز سنگین در محیط های آلوده در دامنه ۱۰-۱۰۰ ppm باشند، غیر موثر و یا غیر اقتصادی بوده ولی غلظت های مجاز، کمتر از ۱ ppm می باشد. در چند دهه اخیر، تحقیقات دامنه داری روی اتصال فلزات توسط باکتری، مخمرها، قارچ ها و جلبک ها صورت گرفته شده است. در نتیجه، جذب بیولوژیک، به ویژه جذب فلزات سمی به وسیله جلبک ها می تواند یک آتر ناتيو موثر در حجم های زیاد اما با آلودگی کم فلزات سمی باشد. نقش کلیدی اصلی در جذب فلزات سنگین و سمی را آلزینات بر عهده دارد که حدود ۱۰٪ تا ۴۰٪ وزن خشک دیواره الگ را تشکیل می دهد. مکانیسم جذب زیستی به وسیله بیومس زنده و غیرزنده، باکتری ها، پلی ساکارید و انواع متفاوت فراورده های بیولوژیک مطالعه شده است. هدف از این پژوهش بررسی میزان تصفیه ی بیولوژیکی پساب های حاوی فلز روی توسط جلبک قهوه ای فوکوس و تأثیر عوامل فیزیکی بر روی میزان جذب روی می باشد.

مواد و روش ها

جلبک جاذب بیولوژیک: در این تحقیق از جلبک دریایی فوکوس سراتوس جمع آوری شده از ساحل آتلانتیک در شهر پورنیک فراسنه به عنوان ماکروآلگ، برای جذب یون های فلزی استفاده شد. برای تاثیر نوع آب آگ ها در ۲ گروه مجزا آب معمولی و آب مقطر طبقه بندی نموده شد. در مرحله بعدی جلبک های هر گروه را در ۶۰ درجه سانتی گراد خشک و برش داده و در نهایت پارتیکل های

به قطر ۰/۳۵۵-۰/۵ میلی متر تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. در طی این مرحله تغییرات سطح جلبک در هر گروه با میکروسکوپ الکترونی نگاره مورد بررسی قرار گرفت.

اثر pH

مطالعه تاثیر pH محلول روی راندمان جذب فلز روی توسط فوکوس سراتوس در این بخش صورت گرفته است. بدنی منظور سوسپانسیون ۱ گرم بر لیتر از فوکوس سراتوس و ۴ میلی گرم روی به مدت ۱۲ ساعت در pHهای ۲ تا ۱۲ تیمار شدند.

آنالیز یون ها:

آنالیز یون روی قبل و بعد از هر آزمایش به وسیله دستگا اسپکترومتر Atomic absorption مدل ۲۰۰۰ Perkin Elmer Analyst اندازه گیری شد.

اثر حرارت

برای مطالعه اثر درجه حرارت بر روی میزان جذب روی، ۰/۰۹ گرم از فوکوس سراتوس در ۱ لیتر محلول ۲۳ میلی گرم بر لیتر روی $pH = 5/5$ به مدت ۱۴ ساعت در دماهای ۱۰-۴۰ درجه سانتی گراد غوطه ور و پس از گذراندن از مرحله فیلتراسیون، میزان جذب یون های روی را با اسپکتروفتومتر اتمی اندازه گیری شد.

مطالعه سینتیک جذب

آزمایش های مربوط به سیستیک جذب روی توسط آلگ در یک راکتور بیچ کوچک ۲ لیتری با میزان ۰/۰۹ گرم از فوکوس انجام و برای تنظیم pH در حدود 5 ± 0.2 از HCl , NaOH استفاده شده است.

مطالعه ایزوترم جذب

برای بررسی ایزوترم جذب یون روی توسط فوکوس سراتوس از معادله لانگمویر استفاده شد.

مدل لانگمویر

$$Q_m b_L C_C / 1 + b_L C_C$$

غلظت روی در محلول در حالت تعادل C_e

$$(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ or } \text{g} \cdot \text{L}^{-1})$$

غلظت روی در روی جاذب در حالت تعادل q_m

$$(\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{ or } \text{g} \cdot \text{g}^{-1})$$

ثابت تعادل b_L

$$(\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ or } \text{L} \cdot \text{g}^{-1})$$

نتایج:

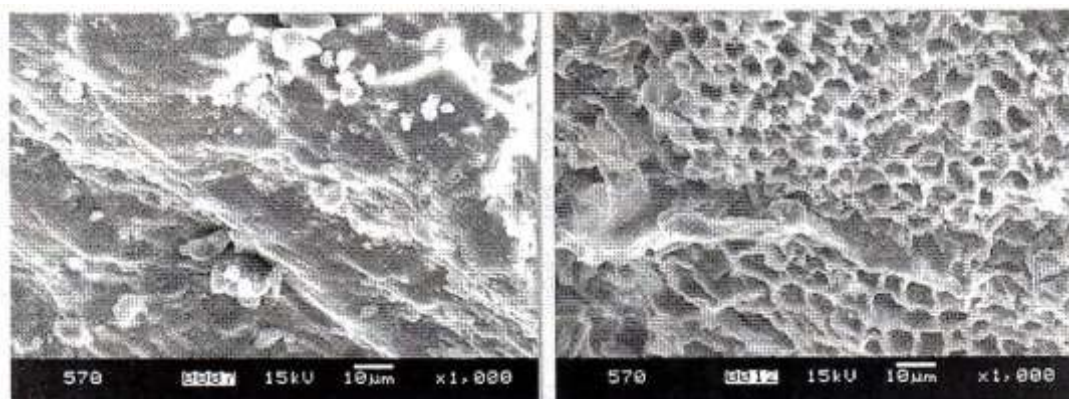
خواص سطحی ویژه: بر طبق مشاهدات میکروسکوپی فراساختار سطح فوکوس سراتوس در گروه

آب مقطر نسبت به آب طبیعی، آب مقطر دارای شیارهایی عمیق تر با قطر کانال بیشتری به نسبت آب

معمولی می باشد. (شکل)

شکل: فرا ساختار فوکوس سراتوس با میکروسکوپ الکترونی اسکینینگ

سمت چپ: گروه آب طبیعی - سمت راست: گروه آب مقطر



اثر pH بر جذب روی

برای بررسی این موضوع، ظرفیت جذب در دوازده pH مطالعه گردید. میزان جلبک برای فلز روی

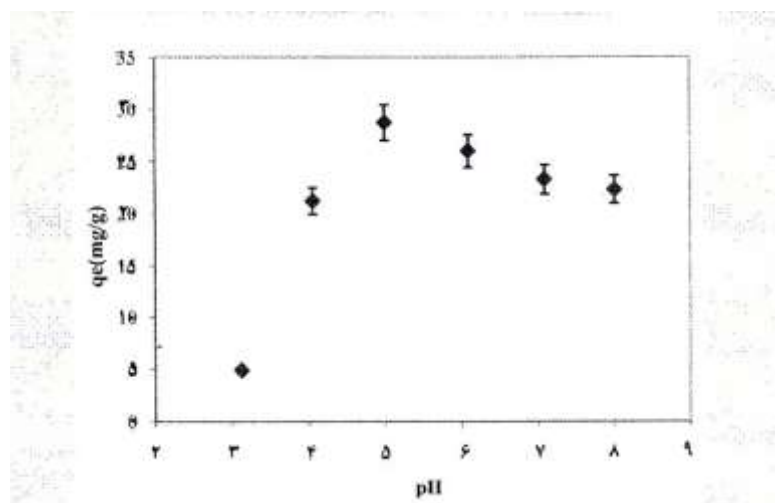
در pH کمتر از ۴ یعنی ۱، ۲ و ۳ اندک و در حدود ۵ میلی گرم در گرم وزن خشک سلول می باشد.

در pH = ۴ ظرفیت جذب افزایش قابل ملاحظه ای یافته و بیشترین مقدار ظرفیت جذب فلز روی در

pH = ۵ مشاهده شد. (نمودار)

نمودار: اثر PH محلول بر روی میزان جذب فلز روی

اثر درجه حرارت بر جذب فلز روی



در درجه حرارت های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ درجه سانتی گراد میزان جذب تقریباً به یک اندازه می باشد.

آزمایش های سینتیک

سینتیک یون روی از طریق بیومس فوکوس سراتوس در ۲۵ درجه سانتی گراد در گروه آب مقطر با زمان تعادل حدود ۳۰۰ دقیقه و pH ۵/۵، و در گروه آب طبیعی مقدار جذب کاهش معنی دار داشته است.

آزمایش های ایزوترم

منحنی ایزوترم انجام شده در محلول واجد $pH = 5 \pm 2$ تثبیت یون روی در جذب توسط آلگ با توجه به نمودار شماره ۴ می باشد. براساس مدل لانگمویر برای یون روی حداکثر جذب برابر ۰/۷۱ میلی مول بر گرم می باشد و علت افت جذب در آب معمولی به حضور ۴۷ میلی گرم بر لیتر از

کلسیم در آب معمولی بر می گردد، که با یون روی رقابت می کند. میزان جذب در آب معمولی

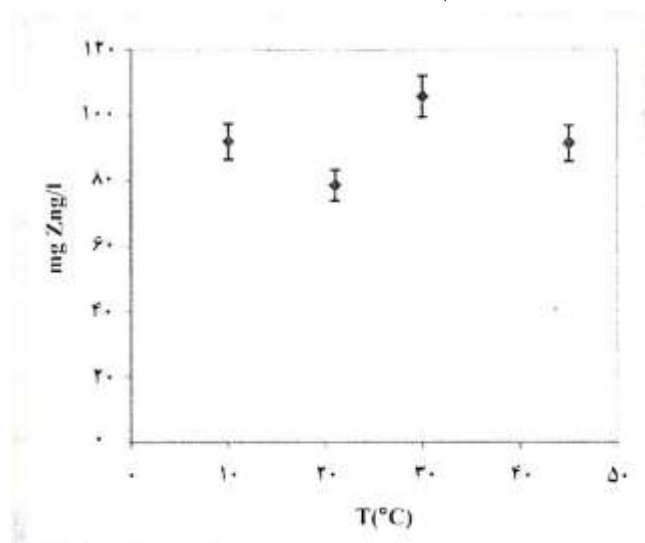
۰/۳۵ میلی مول بر گرم می باشد.(جدول)

جدول : پارامترهای لانگمویر در رابطه با ایزوترم جذب روی توسط آلگ فوکوس سراتوس

	Q_m (mmol/g)	B_L (L/mmol)	R^2
Zn^{+2}	۰,۷۰۸	۳۹,۱۶	۰,۹۸۱

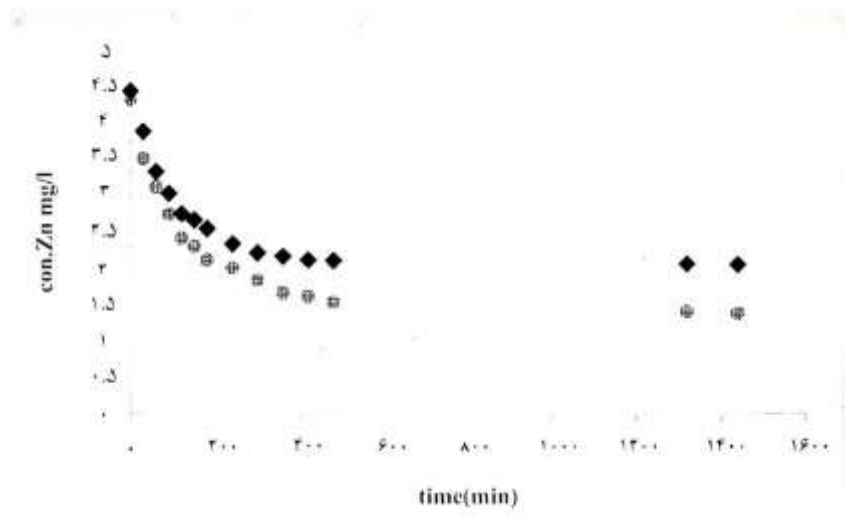
نمودار: اثر درجه حرارت بر روی میزان جذب فلز روی (۱۰ تا ۴۵) (زمان تماس ۱۴

ساعت، PH برابر ۵،میزان آلگ ۰,۹ گرم بر لیتر)



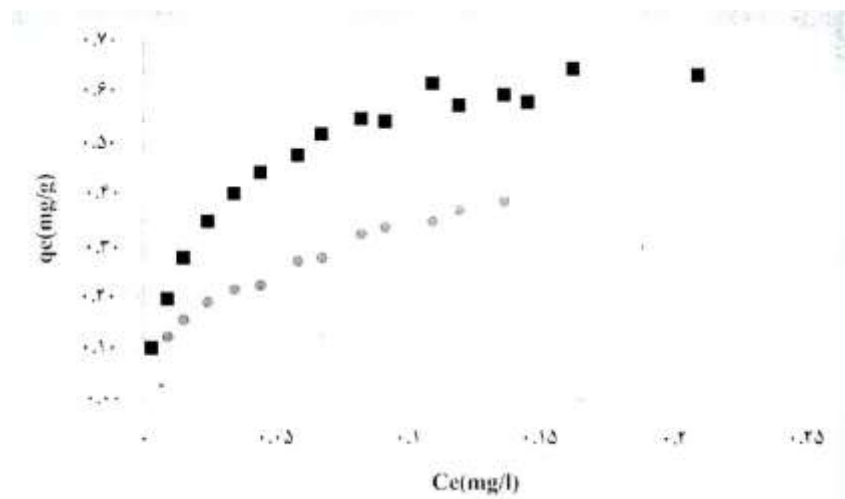
نمودار: سینتیک تثبیت یون روی به وسیله آلگ در آب مقطر (مربع) و در آب شیر معمولی

(دایره) (غلظت اولیه روی، 5mg/l و غلظت آلگ 0.09g)



نمودار : ایزوترم تثبیت یون روی، در آب مقطر(مربع)وآب معمولی (دایره)غلظت آلگ

0.09mg/l و غلظت فلز 0.387mmol/l – 0.11



نتایج

استفاده از میکروب ها جهت جذب فلزات سنگین مسبوق به سابقه است ولی در مقایسه با جاذب جلبک هم بازده کمتری دارد و هم مقرون به صرفه نیست. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان می دهد، که توانایی جذب فلز روی ۰/۷۱ میلی مول بر گرم می باشد که در مقایسه با جاذب های دیگر بیولوژیک و شیمیایی و فیزیکی برتری دارد. Volesky و همکاران با مطالعه جذب روی توسط قارچ *Saccharomyces cervisiae* مقدار جذب فلز روی حدود ۰/۶۵ میلی مول بر گرم گزارش نمودند. Hafez و همکاران گزارش کردند جذب قارچ *Aspergillus flavus* ۰/۵۴ میلی مول بر گرم می باشد، هم چنین Ahmady – asbchin و همکاران جذب فلز روی به وسیله باکتری – *75 bacillus sp.strain MGL* را مطالعه و میزان جذب حدود ۰/۴۳ میلی مول بر گرم گزارش نمودند. Savvaidis و همکاران (۱۹۹۲) میزان جذب باکتری *Pseudomonas aeruginosa* حدود ۰/۲۱ میلی مول بر گرم اعلام نمودند. این میزان در مقایسه با کار Pracher در سال ۲۰۰۴ بر روی جلبک قهوه ای *Palmaria palmate* که در pH ۶/۶-۷ مطالعه شده و میزان جذب فلز روی در آن ۰/۴۵ میلی مول بر گرم می باشد کمتر می باشد. با مطالعه این جاذب ها به این نتیجه رسیدیم که جلبک ها به دلیل مقدار بالای آلزینات در سطح خود جاذب بهتری باشد.

در آینده ایران جز کشورهای خواهد بود که با بحران آلودگی آب ها ، خاک و هوا به دلیل افزایش جمعیت شهرنشین و ارتقای سطح صنعت و کشاورزی رو به رو خواهد شد.

استفاده از روش های نوین به منظور پالایش محیط زیست به دلیل منابع محدود مورد توجه قرار گرفته است.

آلودگی مدفوعی و ورود کله های نفتی به آب ها ، ورود آفت کش ها و علف کش به خاک و ایجاد آلودگی بیولوژیکی در لایه های سطح آن ، آلودگی هوا به وسیله قارچ ها و باکتری ها و ... امروزه به دشت افزایش یافته است.

استفاده از روش های فیزیکی مانند تبادل یون ، الکترودیالیز، اسمز معکوس، روش های شیمیایی مانند احیاء شیمیایی ، الکترولیز و تبادل یونی و ... در گذشته بسیار مرسوم بوده است امروزه با توجه به راندمان به نسبت کم و هزینه های بالا و سایر مشکلات جانبی متدهای دیگری جایگزین این شیوه ها شده اند.

روش های بیولوژیک یکی از روش های نوین در زمینه رفع آلودگی محیط زیست می باشد.

که این روش شامل استفاده از قارچ ها ، جلبک ف باکتری ها ف مخمر و سلول های گیاهی جهت حذف آلودگی می باشد.

با توجه به اینکه در سال های اخیر ایران در حال اوج گیری در زمینه بیوتکنولوژی است عقلانی به نظر می رسد که در سمت و سودهی برنامه های کلان محیط زیست در کشور از بیوتکنولوژی به عنوان یک پشتیبان بهره جست.

اکنون جا دارد همگام با تحولات جدید در مهندسی و علوم ، دانشگاه ها به طور جدی به پژوهش های بیوتکنولوژی مشغول شوند تا حداقل ما هم بتوانیم مرزهای دانش روز را به نسل های آینده تحویل دهیم و در شکل های جدید هستی سهمی داشته باشیم، هرچه زودتر به خود آییم و عمق معجزه آسای اندیشه بشر را دریابیم و تز کوتاه بینی و افکار فرسوده فاصله بگیریم.

منابع

اصول تصفیه آب ، محمد رضا ملاردی، کاظمرفوئی،مبتکران سال ۸۸

اکولوژی ، دکتر محمدرضا اردکانی ، دانشگاه تهران ، ۱۳۸۶

بیوتکنولوژی زیست محیطی ، دکتر ایوب ترکیان ، مهدی احمدی، دانشگاه شریف ۱۳۸۵

مبانی بهداشت محیط ، دکتر شریف پناهی ، دانشگاه تهران ، دی ماه ۱۳۷۶

آلودگی آب ، استیوبارکر، مجید عمیق (مترجم) ، پیدایش سال ۸۸

فصلنامه علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان ، شماره ۴

Moslemi, M. R., Vosoughi, M., Pak, A., and Jafarzadeh, M.T. (2005). "The effect of environmental factors on biological remediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil." *J. of Water and Wastewater*, 55, 15-23 (in Persian).

Schaefer, M., and Juliane, F. (2007). "The influence of earthworms and organic additives on the biodegradation of oil contaminated soil." *J. Applied Soil Ecoogy.*, 36, 53-62.

Espinoza, Y.R., and Dendooven, L. (2003). "Dynamics of carbon, nitrogen and hydrocarbons in dieselcontaminated soil amended with biosolids and maze." *J. Chemosphere.*, 54, 379- 386.

Van Gestel, K., Mergaert, J., Swings, J., Coosemans, J., and Ryckebore, J. (2003). "Bioremediation of diesel oil-contaminated soil by composting with biowaste." *J. Environmental Pollution*, 125 (3), 361-368.

Atlas, R.M., and Bartha, R. (1973). "Fate and effects of polluting petroleum in the marine environment". *Residue Rev.*, 49 (2), 49-83.

Das, K., and Murkherjee, A.K. (2007). "Crude petroleum-oil biodegradation efficiency of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* isolated from a petroleum-oil contaminated soil from North-East India." *J. of Bioresource Technology*, 98 (10), 1339-1345.