کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه ریزی

دوره چهارم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۲

صص ۲۶-۱۵

مطالعه و ارزیابی مشتقات ازت موجود در فاضلاب شهرک صنعتی سمنان پس از نفوذ در اعماق خاک

علی سلامت منش[۱]
a.salamatmanesh@semnaniau.ac.ir

چکیده:

ازت و ترکیبات آن عمده‌ترین موادی هستند که در فاضلاب‌های صنعتی وجود داشته، و در آن دارای منشاء مختلفی هستند بطوریکه می‌توانند به گونه‌های دیگر ازت نیز تبدیل شده و فرم‌های مختلفی از آن را بوجود آورند. ترکیبات ازت در اثر فرایندهای نیتریفیکاسیون، دی نیتریفیکاسیون، معدنی شدن، تثبیت به فرم آلی، تبخیر بصورت گاز و... تغییر شکل می‌یابد و پس از نفوذ فاضلاب صنعتی در لایه‌های خاک، نیترات گونه‌ای از ازت است که در اثر نفوذ قابلیت انتقال به اعماق خاک را داشته و با تراوش به آب‌های زیرزمینی زمینه آلودگی آنرا فراهم می‌آورد. در این مقاله هدف مطالعه و ارزیابی ترکیبات ازت مانند: آمونیاک، نیتریت، نیترات و ازت کل موجود در فاضلاب صنعتی شهرک صنعتی سمنان است که پس از نفوذ یافتن در خاک، از اعماق لایه‌های خاک در زمان‌های متفاوت نمونه‌برداری شده و ضمن اندازه‌گیری غلظت هر کدام در این لایه ها، فرایندهایی که موجب تغییر شکل ترکیبات ازت در خاک اشباع و غیر اشباع می‌شوند مورد بررسی و ارزیابی قرارگرفت و با نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های آزمایشات کنترل شده بطوریکه می‌توان الگوی رفتاری هر کدام از ترکیبات در اعماق خاک را تعیین نمود و در نهایت بمنظور مدلسازی مورد استفاده قرار داد.

کلمات کلیدی: ازت، فاضلاب صنعتی، نیترات، آلودگی خاک، نیتریفیکاسیون، سمنان

---

[۱] عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان

۱- مقدمه:

ازت یکی از عناصر مورد نیاز رشد گیاه می‌باشد که در خاک وجود داشته و به مقدار قابل توجهی نیز توسط گیاهان مصرف می‌شود اما ورود مقدار بیش از حد ازت و ترکیباتش در خاک که از طریق فاضلاب شهری و صنعتی نیز اتفاق می‌افتد می‌تواند مشکلات حاد زیست محیطی ایجاد نماید. مهم‌ترین نوع از ترکیبات ازت که در خاک وجود دارد و افزایش آن سبب آلودگی خاک و آب زیرزمینی می‌گردد یون نیترات (NO_3) است که به دلایل زیر غلظت آن در خاک و آب زیر زمینی زیاد می‌شود ۱- اضافه شدن مقدار زیاد مواد آلی به خاک‌ها که در اثر تخلیه زباله، فاضلاب، تخلیه کودهای حیوانی و آبیاری با پسابها می‌باشد به مقدار زیادی باعث انبار شدن ازت آلی در خاک می‌شود وقتی ازت آلی اکسید می‌شود تبدیل به N_2 و NO_2 و NO_3 می‌شود N_2 و NO_2 به اتمسفر برمی گردد در صورتیکه (NO_3) در محلول خاک آزاد می‌شود. ۲- آبیاری خاک‌های خشکی که دارای نمک‌های نیترات می‌باشند. ۳- کود دهی بیش از حد با کودهای نیتراته و آمونیوم و اوره در خاک‌های با تهویه خوب و با رطوبت کافی و دمای متوسط باعث تبدیل آمونیوم اوره به نیترات می‌شود. (مجللی، ۱۳۸۶)

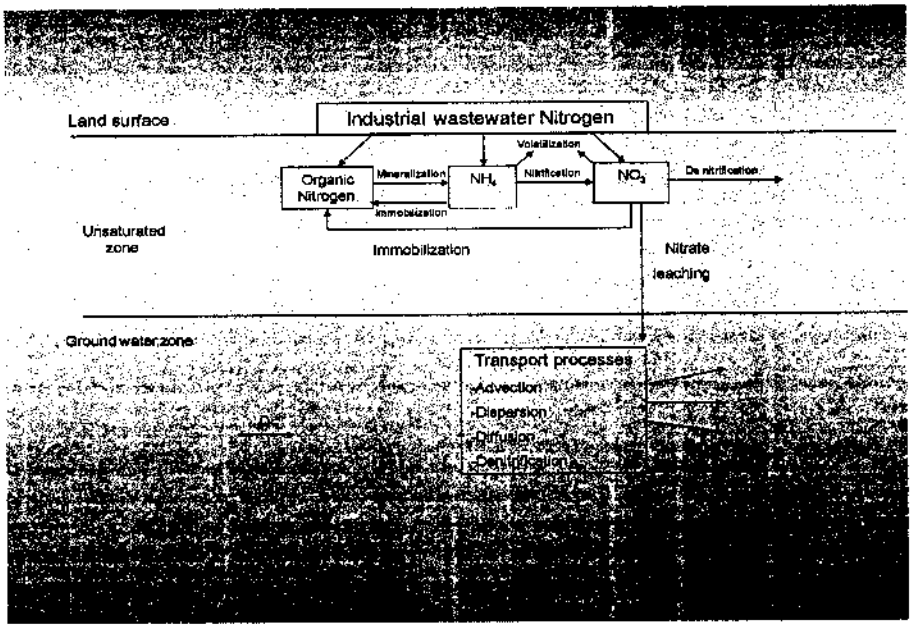
شیمی ازت در خاکها چند واکنش را شامل می‌شود و در شکل (۱) مهم‌ترین واکنش‌هایی که در خاک اتفاق می‌افتد و باعث تغییر شکل ترکیبات ازت می‌گردد نشان داده شده است. در این شکل ازت در حالت‌های مختلف به خاک افزوده می‌گردد مانند ازت آلی، ازت آمونیاکی و ازت نیتراتی که البته طی واکنش‌های زیر قابل تبدیل به یکدیگر نیز هستند. نیتریفیکاسیون (نیترات زایی) فرآیندی است که در آن ازت آمونیاکی در اثر حضور اکسیژن اکسید شده و به نیترات تبدیل می‌شود البته در این بین ابتدا به نیتریت تبدیل شده و سپس نیترات تولید می‌شود. (شریعت پناهی، ۱۳۶۸) همچنین فرآیند دنیتریفیکاسیون (نیترات زدایی) است که در آن یون نیترات در اثر ایجاد شرایط احیا کنندگی تغییر شکل داده و به نیتریت و نهایتاً گاز ازت تبدیل می‌شود. در این بین واکنش‌های معدنی شدن[۲] و همچنین تثبیت شدن به فرم آلی[۳] هم اتفاق می‌افتد که در معدنی شدن ازت و مواد آلی خاک به NH_4 تبدیل می‌شوند و در تثبیت شدن به شکل مواد آلی (غیر قابل انتقال شدن) مواد معدنی مانند نیترات و ازت آمونیاکی به ازت آلی تبدیل می‌گردند. البته در صورتی که گیاهان نیز در محیط حضور داشته باشند می‌توانند توسط ریشه‌ها مقداری از ازت معدنی شده (نیترات و آمونیم) را نیز جذب نموده و باعث کاهش این ترکیبات در خاک شوند. نهایتاً ترکیبی از ازت که می‌تواند شسته شده و به آب‌های زیرزمینی بپیوندد نیترات است. ولی به میزان بسیار کمی یون آمونیم نیز شانس پیوستن به آب‌های زیرزمینی را دارند. (بای بوردی، ۱۳۸۵)

در زمینه آلودگی ترکیبات ازت در خاک و همچنین مدلسازی فرآیندهایی باعث تغییر شکل گونه‌های مختلف ازت و یا انتقال و جذب آنها در خاک شوند

[۲] mineralization
[۳] immobilization

تحقیقات متعددی صورت گرفته است که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود:

در تحقیقی که توسط آقایان جوکار نیاسر و عطایی آشتیانی در مورد ارزیابی ترکیبات نیترات در محیط غیر اشباع محدوده شهری تهران در سال ۲۰۰۸ انجام شد به این نتیجه رسیدند که بیشتر غلظت نیترات در خاک در عمق کمتر از ۵ متری سطح زمین اتفاق می‌افتد جائی که نیتریفیکاسیون در خاک قابل انجام است (Joekar- niasar & Ataie- Ashtiani, 2009). آقای Almasri و همکارش یک مدل دینامیکی نیتروژن در خاک را برای تخمین میزان ورود نیترات به آب‌های زیرزمینی به کار بردند و از این تخمینها وضعیت نیترات آب‌های زیرزمینی را بررسی و مدل انتقال آن را توسعه دادند همچنین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تطبیق با کاربری اراضی مثل محل تمرکز صنایع و کشاورزی توانستند اثرات کاربری اراضی را در گزینه‌های محافظت از آلودگی نیترات آبخوانها ارزیابی نمایند (Almasri & Kaluaranchchi, 2007). آقای Wriedt و همکارش مدلسازی انتقال نیترات را در خاک و در منطقه غیر اشباع و همچنین در آب زیرزمینی در منطقه خاص انجام دادند. مدلسازی به صورت ترکیبی از مدل توزیع نیتروژن در خاک به همراه یک مدل سه بعدی جریان آب‌های زیرزمینی و مدل انتقال و واکنش‌های نیترات به هم متصل شده بود همچنین در این مقاله معادلات واکنش‌های مدول انتقال و ضرایب آن مورد بررسی قرار گرفته است (Wriedt & Rode,2006). آقای Almasri و همکارش تحلیلی چند ضابطه‌ای از مدیریت بهینه آلودگی نیترات در آبخوانها ارائه نمود وی از روش شبکه عصبی مصنوعی جهت بهینه سازی و انتخاب بهترین گزینه محافظت از آلودگی نیترات در آبخوانها استفاده نمود (Almasri & Kaluaranchchi, 2005). آقای Mantovi و همکارانش در مورد کنترل فاکتورهای انتقال نیترات درمنطقه غیر اشباع از خاک و کمک به اصلاح برنامه‌های کاربردی آن مطالعاتی را انجام دادند، آنها از مدل‌های ریاضی MACRO و SOILN برای مطالعات خود استفاده کردند (Mantovi *et al*, 2006). آقای Wade و همکارانش در مورد مدلسازی جریان نیتروژن از داخل زمین به مناطق ساحلی اروپا مطالعاتی را انجام دادند. در این تحقیق فاکتورها و فرآیندهای تعیین جریان نیتروژن به مناطق ساحلی و همچنین توسعه مدل‌های (Nutrient) و فسفر و روابط بین جریان آنها به همراه توسعه اقتصادی و اجتماعی در نواحی مختلف اروپا تحقیقاتی انجام شده است (Wade *et al*, 2005).



شکل ۱: مهم‌ترین واکنش‌های ترکیبات ازت در خاک

هدف از این تحقیق که در محل تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی سمنان و بر روی فاضلاب صنعتی این شهرک انجام گرفته است این بود که به طور واقعی و در عملیات میدانی ارزیابی مناسبی از مهم‌ترین واکنش‌هایی که بر روی ازت و ترکیباتش در عمق‌های مختلف خاک در شهرک صنعتی سمنان پیش می‌آید داشته باشیم و انطباق نتایج حاصل از آزمایشات را با فرآیندهای ممکنه بررسی نمود و در نهایت بتوان چگونگی وضعیت ترکیبات ازت و نیترات را در اعماق خاک که در اثر نفوذ فاضلاب صنعتی آلوده خواهند شد پیش بینی کرده و مورد مدلسازی نیز قرار دارد.

۲- مواد وروشها:

۲-۱- تشریح عملیات اجرایی:

به منظور مطالعه عملی درخصوص ترکیبات ازت و فرآیندهای موثر بر آن، در محل تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی سمنان که فاضلاب صنعتی و بهداشتی شهرک جهت تصفیه به آنجا انتقال می‌یابد، عملیات نفوذ فاضلاب در خاک انجام یافته و بعنوان پایلوت میدانی مورد استفاده قرار گرفت. در محل تصفیه خانه فاضلاب و در جایی که از نفوذ احتمالی فاضلاب بداخل خاک دور است چاهکی حفر شد تا نفوذ فاضلاب از طریق آن در خاک صورت پذیرد. همچنین جهت نمونه‌برداری از خاک لایه‌های زیرین چاهک نفوذ در کنار آن چاه دستی حفاری گردید تا بتوان در زمان‌های مختلف نمونه‌هایی از لایه‌های خاک را از طریق دیواره چاه مذکور گرفت و برای آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه‌های مربوطه انتقال داد.

۲-۱-۱- حفر چاهک نفوذ:

قبل از انجام نفوذ بایستی تمهیدات لازم به منظور حصول شرایط نفوذ فاضلاب در نظر گرفته شود.

چاهک نفوذ فاضلاب تا عمق یک متری از سطح زمین حفاری شد همچنین به منظور برقراری پتانسیل هیدرولیکی ثابت در هنگام نفوذ فاضلاب لازم بود تا سرریزی بدین منظور تعبیه گردد. لذا سطح چاهک نفوذ به گونه‌ای انتخاب گردید تا بخشی از فضای داخل چاهک برای مواقعی که احتمال افزایش دبی ورودی فاضلاب و یا کاهش دبی نفوذی به داخل خاک اتفاق افتد، حجم فاضلاب اضافی به قسمت دیگر چاهک هدایت شده و باعث تغییر در پتانسیل هیدرولیکی ایجاد شده نگردد کیفیت فاضلاب صنعتی بسیار متغیر بوده و به زمان نمونه‌برداری در شبانه روز و روزهای مختلف هفته و از همه مهم‌تر به مقدار و کیفیت فاضلاب کارخانه‌ای که در حال تخلیه فاضلاب به شبکه جمع‌آوری است بستگی کامل دارد. بنابراین به منظور اینکه بتوان کیفیت نفوذ فاضلاب به داخل خاک را بگونه‌ای تعیین کرد که از شرایط یکنواختی برخوردار باشد لازم بود تا از یک منبع ذخیره فاضلاب استفاده شود. این منبع باعث می‌شود تا حجمی از فاضلاب خام ورودی ابتدا به داخل آن وارد شده و پس از یکنواخت سازی در آن به تدریج و با دبی تنظیمی مشخص به داخل چاهک نفوذ تخلیه شود. ضمن اینکه نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های فاضلاب ورودی از طریق این مخزن امکان‌پذیر است.

۲- ۱- ۲- نمونه‌برداری:

قبل از شروع عملیات نفوذ فاضلاب صنعتی لازم بود که ابتدا نمونه‌هایی از خاک در اعماق مختلف برداشت شده و جهت انجام آنالیزهای مربوطه به آزمایشگاه ارسال گردد. نتایج این آزمایشات به عنوان غلظت‌های اولیه در خاک محسوب می‌شود. پس از اینکه عملیات نفوذ فاضلاب صنعتی به داخل خاک آغاز گردید و فاضلاب صنعتی با یک پتانسیل هیدرولیکی ثابت در داخل چاهک نفوذ وارد شد. فاضلاب (بتدریج) در خاک نفوذ نموده وباعث مرطوب شدن خاک لایه‌های زیرین شده و همچنین تغییرات رطوبتی در خاک دیواره چاه دستی نیز مشاهده می‌شد. در اثر نفوذ فاضلاب حاوی ترکیبات آلاینده، جابه جایی وانتقال این مواد نیز اتفاق می‌افتد که به جهت تعیین میزان تغییراتی که در غلظت مواد لایه‌های مختلف خاک بوقوع می‌پیوندد، لازم است تا در دوره‌های زمانی مختلف از نفوذ، عملیات نمونه‌برداری از خاک‌های لایه‌های مختلف دیواره چاه دستی که متأثر از نفوذ فاضلاب می‌باشد صورت پذیرد. دوره‌های نمونه‌برداری باید به گونه‌ای باشد که امکان تغییر در غلظت مواد در لایه‌های مختلف خاک باشد. بدین منظور در زمان‌های مختلف از شروع عملیات نفوذ در خاک نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌برداری‌ها در چهار دوره زمانی مختلف انجام شده که به ترتیب یک روز، پنج روز، ده روز و بیست روز پس از شروع عملیات نفوذ بود. در آخرین سری نمونه‌برداری که پس از بیست روز انجام گردید نفوذ فاضلاب خاتمه یافته بود و نمونه‌برداری در حالت خاک غیراشباع انجام شد. درصورتیکه در سه دوره قبلی نمونه‌برداری در حالت خاک اشباع صورت گرفت. در تمامی زمان عملیات نفوذ پتانسیل هیدرولیکی سطح فاضلاب در چاهک نفوذ ثابت بوده ونفوذ فاضلاب در داخل خاک منقطع نگردید. به منظور مشخص نمودن عمق لایه‌های مختلف از

سطح زمین و تعیین عمق دقیق نمونه‌برداری از اشل در داخل گمانه استفاده شد.

برای اینکه نمونه‌برداری خاک دقیق و مناسب انجام شود، ابتدا لایه‌ای از خاک دیواره تراشیده شده و سپس در عمق مورد نظر توسط کاردک و یا کلنگ چاه کنی مقداری از خاک دیواره برداشت می‌گردد. اعماق نمونه‌برداری به گونه‌ای است که در اعماق نزدیک به سطح زمین فاصله بین نقاط نمونه‌برداری کمتر و در اعماق بیشتر این فاصله به تدریج افزایش می‌یابد. یازده نمونه از عمق بیست سانتی متری تا عمق ۳ متری چاهک نفوذ دریافت و آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی آنها انجام شد.

۲- ۲- آزمایش‌ها:

۲- ۲- ۱- آزمایش‌های فیزیکی خاک:

مهم‌ترین آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی انجام گرفته بر روی نمونه‌های دریافت شده عبارت بودند از: الف- دانه‌بندی خاک به روش الک. ب- دانه‌بندی خاک‌های ریزدانه به روش هیدرومتری. ج- تعیین رطوبت وزنی خاک در هر نمونه‌برداری د- تعیین وزن مخصوص خشک هـ- تعیین حدود اتربرگ و- تعیین چگالی مواد جامد. به منظور انجام آزمایشات فوق از امکانات آزمایشگاهی مطلوب آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان سمنان استفاده شد که براساس دستورالعمل‌های مربوطه از استانداردهای (ASTM) انجام شده است که برخی نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

۲- ۲- ۲- آزمایش‌های شیمیایی خاک:

آزمایش‌های شیمیایی انجام یافته بر روی نمونه‌ها براساس دستورالعمل‌های تهیه شده توسط مونسسه تحقیقات خاک وآب (موسسه تحقیقات خاک وآب، ۱۳۷۲) و (علی اصغر زاده، ۱۳۸۵) عبارتند از: الف- تعیین PH وEC. ب- تعیین میزان مواد آلی ج- اندازه‌گیری غلظت ازت آلی وآمونیاکی، نیتریت، نیترات و ازت کل که برای کلیه نمونه‌های خاک می‌باشد.

۲- ۲- ۳- آزمایش‌های شیمیایی فاضلاب:

آزمایش‌های شیمیایی انجام گرفته برروی فاضلاب صنعتی براساس دستورالعمل‌های مربوطه (یوسفی، ۱۳۷۲) عبارتند از: الف- تعیین PH و هدایت الکتریکی ب- تعیین غلظت نیترات، نیتریت، آمونیم و ازت کل ج- کدورت د- دما ه- کل مواد معلق و- کل جامدات محلول که برخی از نتایج در جدول ۳ می‌باشد.

۳- نتایج:

پس از نمونه‌برداری از عمق‌های مختلف خاک در زمان‌های تعیین شده (یک، پنج، ده و بیست روز) و همچنین نمونه‌های فاضلاب صنعتی، آزمایشات مربوط به تعیین غلظت یون نیترات، نیتریت و مجموع ازت آلی و آمونیاکی و ازت کل و همچنین PH و هدایت الکتریکی (برحسب mg/kg- N) بر روی کلیه نمونه‌های خاک انجام گردید که نتایج آن در جدول ۱و۲ می‌باشد.

در خصوص نتایج PH باید گفت که میانگین PH اولیه لایه‌های خاک حدود ۸/۲ بود ولی پس از نفوذ فاضلاب به تدریج از یک تا بیست روز مقدار میانگین PH تغییر یافته و به ترتیب ۷/۶ و ۷/۸ و ۷/۷ و ۷/۷

می‌باشد. دامنه تغییرات PH در کلیه لایه‌های خاک در مدت نفوذ فاضلاب بین ۹/۱۹ و ۷/۳ می‌باشد. و میانگین هدایت الکتریکی در لایه‌های خاک پس از یک، پنج، ده و بیست روز بترتیب ۵۴۸۹ و ۴۹۶۳ و ۴۲۵۷ و ۴۲۷۵ (µmhos/cm) می‌باشد.

در مورد نمونه‌های فاضلاب، قبل از نفوذ به داخل خاک از داخل منبع ذخیره نمونه‌برداری انجام و مورد آزمایش‌های تعیین غلظت نیترات، نیتریت، آمونیوم و ازت کل (برحسب mg/lit- N) و همچنین PH، هدایت الکتریکی، کدورت، دما، کل مواد معلق و کل جامدات محلول قرار گرفت که مقادیر میانگین نتایج آزمایشات در طی هر دوره نفوذ طبق جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۱: غلظت یون نیترات درلایه‌های خاک یک، پنج، ده و بیست روزپس از نفوذ فاضلاب صنعتی (برحسب mg/kg- N)

لایه‌های خاک	بافت خاک	عمق (Cm)	یک روز	پنج روز	ده روز	بیست روز
1	sand	20	31. 02	2. 27	13. 24	55. 23
2	sand	40	20. 05	0. 1	27. 62	9. 84
3	sand	60	17. 02	15. 89	22. 32	68. 85
4	sand	80	27. 24	3. 03	38. 97	73. 39
5	loamy- sand	100	15. 51	4. 54	31. 17	110. 9
6	sandy- loam	120	9. 08	12. 48	12. 11	103. 7
7	sand	150	15. 51	0. 1	16. 65	56. 75
8	sand	170	14. 21	0. 1	12. 48	57. 5
9	sand	200	10. 97	0. 1	9. 08	51. 83
10	sandy- loam	250	45. 4	0. 1	0. 1	59. 77
11	sand	300	21. 94	0. 1	0. 1	32. 91

جدول ۲: غلظت مجموع ازت آلی و آمونیاکی درلایه‌های خاک یک، پنج، ده و بیست روز پس از نفوذ فاضلاب صنعتی (برحسب mg/kg-N)

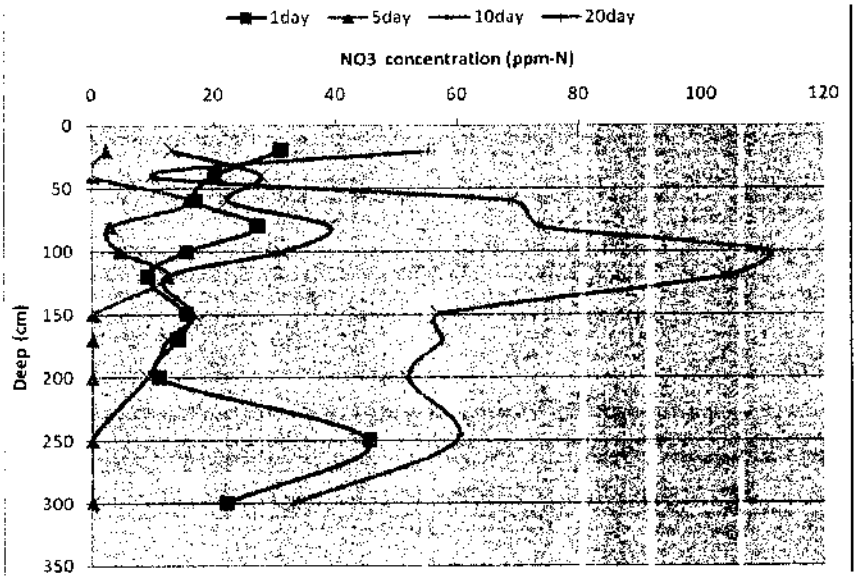
لایه‌های خاک	بافت خاک	عمق (Cm)	یک روز	پنج روز	ده روز	بیست روز
1	sand	20	55. 2	27. 8	27. 8	84. 6
2	sand	40	27. 6	27. 8	82. 2	56. 4
3	sand	60	55. 2	27. 8	27. 2	56. 4
4	sand	80	55. 2	55. 6	27. 4	28. 2
5	loamy- sand	100	82. 8	27. 8	54. 8	56. 4
6	sandy- loam	120	27. 6	55. 6	27. 4	28. 2
7	sand	150	55. 2	27. 8	54. 8	56. 4
8	sand	170	55. 2	27. 8	27. 4	28. 2
9	sand	200	55. 2	27. 8	54. 8	28. 2
10	sandy- loam	250	82. 8	27. 8	82. 2	84. 6
11	sand	300	55. 2	55. 6	54. 8	28. 2

جدول ۳: میانگین غلظت در فاضلاب صنعتی نفوذ داده شده به خاک در طول زمان‌های یک، پنج، ده و بیست روز (برحسب mg/lit- N)

زمان	نیترات	نیتریت	آمونیم	ازت آلی	ازت کل
یک روز	19. 16	0. 015	2. 03	34. 86	56. 07
پنج روز	2. 7	0. 74	15. 44	40. 18	59. 06
ده روز	4. 85	0. 275	7. 95	38. 79	51. 87
بیست روز	14. 65	3. 085	3. 56	32. 45	53. 74

۴- بحث و نتیجه گیری:

با عنایت به نتایج حاصل از آزمایش‌های شیمیایی خاک که در آن مقادیرغلظت یون‌های نیترات، نیتریت و مجموع ازت آلی و آمونیاکی و همچنین ازت کل که در دوره‌های زمانی یک، پنج، ده وبیست روز از عملیات نفوذ فاضلاب صنعتی اندازه‌گیری شده است. (جداول۱و۲) و همچنین با مشاهده شکل ۲ که در آن تغییرات یون نیترات در عمق‌های مختلف خاک در زمان‌های چهار گانه یک، پنج، ده و بیست روزه ترسیم شده است نکات زیر قابل بحث می‌باشد.



شکل ۲: تغییرات غلظت نیترات باعمق درلایه‌های خاک یک، پنج، ده و بیست روزپس از نفوذ فاضلاب صنعتی (برحسب mg/kg- N)

۴- ۱- پس از یک روز از شروع عملیات نفوذ فاضلاب فرآیند نیتریفیکاسیون آغاز می‌شود در این فرایند ازت آمونیاکی درمجاورت اکسیژن اکسید شده و به ترتیب ابتدا به نیتریت و سپس به نیترات تبدیل می‌شود. وجود مقدار کمی یون نیتریت در خاک در این زمان نشان از انجام مراحل این فرایند دارد. (یون نیتریت فقط در نمونه‌های روز اول در خاک وجود داشت). همچنین به دلیل جابجایی ملکول‌های آب با هوا اکسیژن موجود در لایه‌های خاک باعث پیشروی فرآیند معدنی شدن می‌شود که در آن آن

ازت آلی به ازت آمونیاکی تبدیل می‌شود و همچنین ازت آمونیاکی نیز مجدداً به نیتریت و نهایتاً نیترات تبدیل می‌شود که حاصل آن افزایش نیترات و کاهش ازت آلی و آمونیاکی لایه‌های خاک می‌باشد. همچنین بخشی از یون نیترات نیز به همراه جریان آب در حال انتقال به لایه‌های پایین‌تر خواهد بود که در خاک‌های ریز دانه تر (در عمق‌های ۱۰۰ و ۲۵۰ سانتی‌متری) بیشتر جذب شده و باعث افزایش غلظت این یون در این لایه‌ها شده است. (شکل۲)

۴- ۲- بررسی نتایج پس از پنج روز از عملیات نفوذ فاضلاب صنعتی نشان می‌دهد که یون نیترات به مقدار قابل توجهی در لایه‌های خاک کاهش یافته است. دلیل آن فرآیند دنیتریفیکاسیون است چون شرایطی که محیط در آب قرار گرفته و غیر هوازی می‌باشد احیاء یون نیترات به نیتریت و سپس تبدیل به گاز ازت باعث خروج این یون از خاک می‌شود و غلظت آن را کاهش می‌دهد. همچنین در لایه‌های پایین‌تر به جز دنیتریفیکاسیون، انتقال نیترات به لایه‌های زیرین تقریباً باعث حذف یون نیترات در این لایه‌های خاک شده است. البته چون دنیتریفیکاسیون فقط بر روی یون نیترات عمل می‌کند در صورتیکه ازت به صورت یون آمونیم به خاک اضافه شود ابتدا باید نیتریفیکاسیون انجام شده و سپس فرآیند دنیتریفیکاسیون صورت گیرد. فرآیند دنیتریفیکاسیون در دمای ۲ درجه سانتیگراد وPH کمتر از پنج متوقف می‌شود (بای بوردی، ۱۳۸۵).

۴- ۳- بررسی نتایج ده روزه حاکی از وجود مقداری نیترات در لایه‌های بالای خاک می‌باشد این موضوع می‌تواند بدلیل ارتباط مقداری هوا در لایه‌های بالایی (مجاور با اتمسفر) باشد که فرآیند نیتریفیکاسیون را باعث شده و مقداری نیترات تولید می‌کند ولی در لایه‌های پایین‌تر کماکان فرآیند حاکم دنیتریفیکاسیون بوده و کلیه یونها نیترات لایه‌های بالاتر که در اثر انتقال به لایه‌های پایین‌تر حرکت می‌کندرا احیا نموده و به گاز ازت تبدیل می‌کند.

۴- ۴- اما بررسی نتایج پس از بیست روز از نفوذ که در شرایط غیر اشباع نمونه‌برداری شده است نشاندهنده وجود هوا و اکسیژن رسانی به لایه‌های خاک را دارد که در طی آن فرآیند نیتریفیکاسیون و اکسید شدن ازت آمونیاکی به نیترات انجام می‌گیرد. همچنین فرآیند معدنی شدن نیز اتفاق می‌افتد و مقداری ازت آلی به ازت آمونیاکی تبدیل شده و دوباره ازت آمونیاکی به نیترات تغییر شکل می‌دهد. لذا نتایج (شکل ۲) حاکی از افزایش قبل ملاحظه یون نیترات پس از بیست روز در لایه‌های خاک است وبه خصوص در لایه‌هایی که از بافت ریز دانه تری برخوردار هستند پدیده جذب یون نیترات نیز که از لایه‌های بالاتر انتقال می‌یابد انجام شده و غلظت نیترات در این لایه‌ها را بسیار افزایش داده است. این میزان یون نیترات در خاک قابل توجه بوده و می‌تواند توسط جریان‌های نفوذ یافته توسط بارش و یا آبیاری انتقال یافته و سر انجام به آب‌های زیرزمینی تراوش نماید و غلظت یون نیترات در آب‌های زیرزمینی را افزایش داده و باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی گردد.

۴- ۵- به عنوان نتیجه کلی از این مطالعات می‌توان دریافت که افزایش ازت در حالت‌های آلی و معدنی نهایتاً به شکل یون نیترات درآمده که قابل انتقال نیز

می‌باشد. اما اگر سعی شود که فرآیند دنیتریفیکاسیون در هنگام نفوذ اتفاق بیفتد می‌تواند مقداری از آلودگی ترکیبات ازت را در اثر تبدیل به گاز ازت و رها شدن در جو کاهش دهد. و این وضعیت زمانی اتفاق می‌افتد که نفوذ فاضلاب در خاک ممتد بوده بطوریکه غرقاب شدن خاک در آب باعث تشکیل شرایط احیاءشدگی ترکیبات ازت گردد. ودر صورتیکه نفوذ فاضلاب در خاک بصورت منقطع باشد و به طور متناوب شرایط اشباع و غیر اشباع اتفاق بیفتد باعث ایجاد شرایط اکسید شوندگی ترکیبات ازت می‌شود و بیشتر ترکیبات ازت راه یافته در خاک به صورت یون نیترات درآمده و قابل انتقال به لایه‌های پایین‌تر و نهایتاً آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

تشکر و قدردانی:

این تحقیق از نظر مالی توسط شرکت آب منطقه‌ای سمنان حمایت شده است و بدینوسیله از مدیرعامل محترم شرکت و معاون محترم برنامه‌ریزی و همچنین آقایان مهندسین مصطفایی و ابیاتی و کلیه همکاران تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع:

۱- بای بوردی، محمد، ۱۳۸۵، فیزیک خاک، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- بوهن، مک نیل، اوکانر، شیمی خاک، ترجمه: حسام مجللی، ۱۳۸۶، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ چهارم

۳- شاینر، فرانز، روش‌های آزمایشگاهی در بیولوژی خاک، ترجمه: دکتر ناصر علی اصغرزاده، ۱۳۸۵، انتشارات دانشگاه تبریز

۴- شریعت‌پناهی، محمد، ۱۳۶۸، اصول کیفیت وتصفیه آب وفاضلاب، انتشارات دانشگاه تهران

۵- موئسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۷۲، شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، نشریه شماره ۸۹۳، چاپ اول

۶- یوسفی، ذبیح الله، ۱۳۷۲، روش‌های ساده آزمایش فاضلاب، تالیف ((WPCF، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی مازندران

7- Almasri, M N. , Kaluarachchi, J. , (2007). Modeling nitrate contamination of groundwater in agricultural watersheds, Journal of Hydrology, 343,211- 229.

8- Almasri, M N. , Kaluarachchi, J. , (2005). Multi- criteria decision analysis for the optimal management of nitrate contamination of aquifers, Journal of Environmental management, 74,365- 381.

9- Joekar- niasar ,V. , Ataie- Ashtiani, B. , (2009). Assessment of nitrate contamination in unsaturated zone of urban areas: The case study of Tehran, Iran. , Environmental Geology. 57, 1785- 1798. DOI 10. 1007/s00254- 008- 1464- 0.

10- Mantovi, P. , Fumagalli, L. , Beretta, G P. , Guermandi, M. , (2006). Nitrate leaching through the unsaturated zone following Pig slurry applications. Journal of Hydrology, 316,195- 212.

11- Wade. A. J. , Neal, C. , Whitehead, P G. , Flynn, N J. , (2005). Modeling nitrogen fluxes from the land to the coastal zone in European systems: a perspective from the INCA project. Journal of Hydrology, 304,413- 429.

12- Wriedt, G. , Rode, M. , (2006). Modelling nitrate transport and turnover in a lowland catchment system. Journal of Hydrology, 328,157- 176.