



مشخصات و ویژگی های محیط متخلخل و انواع لایه های آبدار و همچنین تشریح انواع آلاینده ها در آبخوان ها

محمد رضا رئیسی دهکردی^{۱*}، امیرحسین یگانه مظهر^۱

^{۱*} دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(Mohammadreza.raeisi@srbiau.ac.ir)

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۱۰/۱۸، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۱۰)

چکیده

افزایش بی‌رویه جمعیت در سه دهه اخیر، محدودیت منابع آب‌های سطحی و بهره‌برداری بیش از حد سفره‌های زیرزمینی باعث به بار آمدن خسارات جبران ناپذیری از نظر کمی و کیفی به آبخوان‌های کشور شده است. جهت جلوگیری از ادامه افت کمی و کیفی، مدیریت بهره‌برداری و حفاظت از آب‌های زیرزمینی می‌بایست به عنوان یک اصل و پایه در برنامه‌ریزی‌های کشور قرار گیرد. در این تحقیق ابتدا به دنبال مشخص کردن اهمیت موضوع مورد تحقیق و تعیین اهداف مطالعه آب‌های زیرزمینی پرداخته شده، سپس سوالات اساسی این پژوهش مطرح شده و در انتها نگاهی کوتاه به ساختار کلی این پژوهش پرداخته شده است.

کلمات کلیدی

آبخوان ها، محیط های متخلخل، لایه های آبدار، نیترات در آب.



Properties and Characteristics of Porous Media and Types of Aquifers as well as Description of Pollutants in Aquifers

Mohammad Reza Raeisi Dehkordi^{1}, Amir Hossein Yeganeh Mazhar¹*

^{1}Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Teharn, Iran*

(Mohammadreza.raeisi@srbiau.ac.ir).

(Date of received: 07/01/2021, Date of accepted: 30/04/2021)

ABSTRACT

The indiscriminate increase in population in the last three decades, the limitation of surface water resources and the excessive exploitation of underground aquifers have caused irreparable damages to the aquifers in terms of quantity and quality. In order to prevent the continuation of quantitative and qualitative drops, exploitation management and conservation of groundwater should be considered as a principle in the country's planning. In this chapter, first, we seek to determine the importance of the subject and determine the objectives of groundwater study, then the basic questions of this research are discussed and finally a brief look at the overall structure of this research has been discussed.

Keywords:

Aquifers, Porous media, Aquifers, Nitrates in water.



۱- مقدمه

آب به عنوان یک ماده طبیعی هم از نظر زیست محیطی و هم از نظر دوام و بقاء زندگی و پایداری اکوسیستمها دارای اهمیت فوق العاده بوده و منبعی غیر قابل جایگزین است. در حال حاضر منابع آبی در سرتاسر جهان با مسائل و چالش‌های بی‌سابقه‌ای مواجه هستند. در قرن بیستم به دنبال رشد جمعیت و صنعتی شدن جوامع، نیازهای آبی در بخش‌های مختلف مانند کشاورزی و صنعت به شدت افزایش یافته و در نتیجه فشار زیادی به منابع آبی گردید [۱]. کمبود آب یکی از چالش‌ها و محدودیت‌های اساسی توسعه و آبادانی کشور در سطوح ملی، منطقه‌ای و عرصه‌های حیات اجتماعی و فعالیت‌های اقتصادی محسوب میشود. مصارف بی‌رویه و کنترل نشده منابع سطحی و زیرزمینی، کاهش نزولات جوی، تمرکز مصرف در برخی نقاط (عدم تعادل بین تقاضا و پتانسیل تامین آب)، الگوی کشت نامناسب و عدم آبیاری صحیح، حفر چاه‌های متعدد و بهره‌برداری بی‌برنامه از آنها در چند دهه گذشته باعث بحرانی شدن وضعیت منابع آب زیرزمینی در اکثر دشت‌های کشور شده است. به نحوی که سطح آب زیرزمینی در اغلب آبخوارهای مهم کشور به طور مداوم سیر کاهشی داشته و متوسط سالانه آن در طول ۱۰ سال در حد چند متر بوده است [۲-۳]. جهت فائق آمدن بر مشکلات اشاره شده منابع آب زیرزمینی، نیاز بر مدیریت جامع فرابخشی و یکپارچه منابع آب سطحی و زیرزمینی با لحاظ عوامل فرهنگی، سیاسی، قضایی، اجتماعی، زیست‌محیطی و مشارکت دادن کلیه ذینفعان و تشکل‌ها و اصناف در این مدیریت همه جانبه نگر است. از عوامل بسیار تاثیر گذار در بخش فنی مدیریت یکپارچه، شناخت علمی و دقیق وضعیت دشت‌ها و منابع آب آن است که این شناخت از طریق تولید اطلاعات پایه در بخش‌های هواشناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و غیره و بررسی عالمانه آنها بدست می‌آید. پس از شناخت وضعیت موجود، باید سناریوها و گزینه‌های متعدد علمی، مهندسی و مدیریتی را جهت ایجاد یک رابط مدیریت صحیح و متعادل مورد آزمون و بررسی قرار داد. این بررسی‌های علمی نیاز به ابزارهای گوناگونی دارد، در این رابطه، مدل‌ها، به ویژه مدل‌های ریاضی، در صورت شناخت درست و به شرط آماده بودن زمینه، امکان بررسی کم هزینه و موثر سیستم‌های پیچیده آب زیرزمینی را فراهم کرده و می‌تواند به عنوان یک ابزار کارا در اختیار مدیران قرار گیرد [۲]. آب منبعی تجدید شونده است که به طور طبیعی از چرخه هیدولوژیک پیروی میکند. یکی از منابع مهم آب، سفرهای عظیم آب زیرزمینی هستند که به عنوان آب زیرزمینی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. آب‌های زیرزمینی یکی از منابع آبی بسیار مهم در جهان محسوب می‌شوند. امروزه با پیشرفت تکنولوژی در صنعت کشاورزی و توسعه شهرها نیاز به استفاده از این منابع زیرزمینی روز به روز بیشتر می‌شود. از طرف دیگر استفاده بیش از حد آب‌های زیرزمینی و ورود آلاینده‌ها به این منابع از طریق چاه‌های فاضلاب، فعالیت‌های کشاورزی و نفوذ آب‌های سطحی آلوده مشکلات فراوانی برای این منابع به وجود آورده است. تاثیرات آلاینده‌های مختلف در محیط زیست متفاوت می‌باشد. که یکی از این آلاینده‌ها نیترات هست که، آلودگی آب زیرزمینی به یون نیترات مشکل جهانی رو به رشدی است که فعالیت‌های کشاورزی مهم ترین منبع آن است. شناخت وضعیت آب زیرزمینی و ویژگی‌های مواد آلاینده می‌تواند کمک زیادی برای استفاده بهینه از این منبع باشد. مدیریت منابع آب زیرزمینی در گام اول مستلزم شناخت کافی از سیستم آبخوان و معادلات مربوط به آن بوده و در گام دوم، نیاز به ابزاری دارد تا بتواند عکس‌العمل تنش‌های مختلف کمی و کیفی وارد به آبخوان را در شرایط فعلی و آینده پیش‌بینی کند. در این میان با ابزاری مانند شبیه‌سازی‌ها و یا مدل‌ها میتوان با دقت قابل قبولی شرایط مشابه آنچه در طبیعت موجود است را به وجود آورد و نتایج رضایت بخشی دست یافت. از طرف دیگر در فرایند تهیه مدل ریاضی یک آبخوان، برای حل معادلات حاکم لازم است یا برنامه کامپیوتری نوشته شود و یا از نرم‌افزارهای موجود استفاده شود. نرم‌افزار **GMS** یکی از پر کاربردترین نرم‌افزارهای مدل سازی آب‌های زیرزمینی است که در حال حاضر در اکثر کشورهای دنیا برای مدل سازی آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مقاله معادلات حاکم بر حرکت جریان در محیط متخلخل و انتقال املاح بررسی شده است.



۲- آبهای زیرزمینی

آبهای زیرزمینی اغلب از نزولات جوی که وارد زمین می شود سرچشمه می گیرند. در آبخوانی که بیش از حد دارای آب است، آب فضای خالی بین دانه ها را پر می کند. در سنگ بستر آبخوان ها، آب از شکستگی ها و دیگر فضاهای خالی سنگ بستر وارد آن می گردد. همچنین برخی از انواع سنگ بستر مانند سنگ بستر ماسه سنگی ممکن است دارای فضاهای خالی اضافی باشد که توسط آبهای زیرزمینی پر می گردند. معمولاً آبهای زیرزمینی به آهستگی حرکت نموده و این حرکت وابسته به خصوصیات زیرسطحی مانند شیب هیدرولیکی (شیب سطح ایستابی و یا افت فشار در شرایط آرتزین) است [۳]

۲-۱- لایه های آبدار

به سازندهای زمین شناسی که به اندازه کافی نفوذپذیر بوده و حجم آب قابل توجهی را در خود ذخیره می نمایند، لایه آبدار یا آبخوان گویند. مصالح تشکیل دهنده این گونه سازندها عموماً شن و ماسه تحکیم نیافته، که غالباً در دره های آبرفتی، بستر رودخانه های قدیمی یافت می گردند. بر اساس ماهیت لایه های محصور کننده می توانیم سه نوع آبخوان را متمایز کنیم: نوع اول آبخوان محصور^۱ است که بالا و پایین آن را یک لایه ناتراوای خیس ناتراوای احاطه کرده است. آب زیرزمینی محصور تحت فشار است و تراز آب در چاهی که به این آبخوان منتهی می شود، از سطح بالایی آبخوان بالاتر می رود. اگر تراز آب در چاه تا بالای سطح زمین افزایش یابد، آب چاه آزادانه جاری می شود و آبخوان یک آبخوان آرتزین نامیده می شود. نوع دوم آبخوان بدون یک لایه محصور کننده در بالای آن است، بنابراین آبخوان می تواند به طور مستقیم توسط بارش تغذیه شود. چنین آبخوانی یک آبخوان آزاد^۲ یا غیر محصور نامیده می شود. آبخوان های کم عمق و آزاد برای اهداف توسعه ای در حوضه منابع ترجیح داده می شوند. نوع سوم آبخوان نشتی یا نیمه محصور است که یکی از لایه های محصور کننده آن یک لایه تراو است [۴].

۲-۱-۱- خصوصیات لایه های آبدار

لایه های آبدار، محیط های متخلخلی هستند که آب زیرزمینی در آنها ذخیره شده و قابل انتقال و استخراج است. به منظور بررسی کمی و فرآیندهای انتقال و استحصال آب های زیرزمینی از لایه های آبدار، بایستی خواص فیزیکی آنها بررسی گردد، که در اینجا به تعریف پارامترهای بیان کننده این خواص پرداخته می شود [۴].

الف- ارتفاع نظیر فشار

ارتفاع نظیر فشار آب^۳ زیرزمینی در یک نقطه از لایه آبدار، ارتفاعی است که آب در یک لوله عمودی نصب شده در آن نقطه می گیرد. وقتی آب زیرزمینی ساکن بوده و یا فقط در جهت افقی حرکت می کند، ارتفاع نظیر فشار در هر نقطه از لایه آبدار معادل فاصله عمودی بین آن نقطه تا سطح ایستابی در لایه آزاد می باشد و در لایه های آبدار تحت فشار تا سطح پیژومتریک خواهد بود.

¹ Confined Aquifer

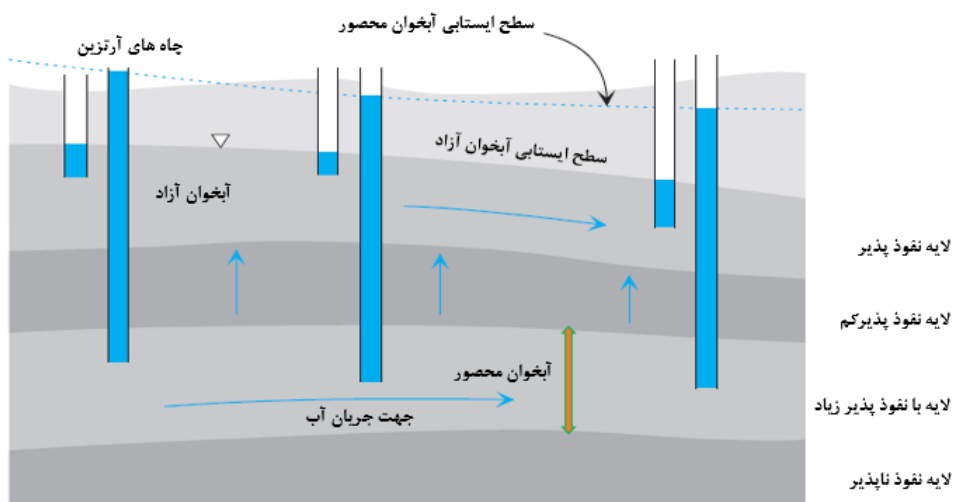
² Phreatic aquifer

³ Pressure head



ب- بافت های تحکیم نیافته

خاک‌های لایه آبدار بر اساس قطر ذرات آنها طبقه‌بندی می‌گردند. یکی از روش‌های رایج این طبقه‌بندی توسط سازمان کشاورزی آمریکا^۴ مطابق جدول (۱) ارائه شده است. همچنین ذرات بزرگتر از ۲ میلی‌متر را به عنوان شن طبقه‌بندی، که مطابق استاندارد ASTM به شرح جدول (۲) ارائه می‌شود [۵].



شکل ۱: انواع آبخوان ها [۵].

جدول ۱: طبقه بندی خاک ها به روش سازمان کشاورزی آمریکا [۳].

قطر میانگین ذرات خاک	نوع خاک
۰-۲ (μm)	رس
۲-۵۰ (μm)	لای یا سیلیت
۵۰-۱۰۰ (μm)	ماسه بسیار ریز دانه
۰/۱-۰/۲۵ (mm)	ماسه ریز دانه
۰/۲۵-۰/۵ (mm)	ماسه متوسط دانه
۰/۵-۱/۰ (mm)	ماسه درشت دانه
۱/۰-۲/۰ (mm)	ماسه بسیار درشت دانه

⁴ United States Department of Agriculture (USDA)



جدول ۲: طبقه بندی خاک های درشت دانه به روش ASTM-D2488 [۵].

نوع خاک	قطر میانگین ذرات خاک (cm)
شن ریزدانه	۰/۶ - ۱/۹
شن درشت دانه	۱/۹ - ۷/۶
قلوه سنگ کوچک	۷/۶ - ۱۵/۲
قلوه سنگ بزرگ	۱۵/۲ - ۳۰/۸
پارسنگ	> ۳۰/۸

ج- تخلخل و خصوصیات مربوط

از دیدگاه دانش هیدرولوژی، آنچه در مورد محیط‌های متخلخل مورد توجه است، توانایی آن برای نگهداشت و انتقال آب است. واژه‌های متفاوتی در ارتباط با پتانسیل نگهداشت آب در یک محیط وجود دارند. مهم‌ترین آنها تخلخل^۵ محیط است که به صورت نسبت حجم خلل و فرج و فضاهای خالی به کل حجم تعریف می‌شود. که در رابطه (۱) نشان داده شده است [۳]. این خلل و فرج ممکن است توسط آب در خاک‌های اشباع و یا توسط آب و هوا در خاک‌های غیراشباع پر شده باشد.

$$n = \frac{V_v}{V_t} \quad (1)$$

در این رابطه، V_v حجم فضاهای خالی و V_t حجم کل است. تخلخل معمول برای برخی خاک‌ها و سنگ‌ها در جدول (۳) ارائه شده است. تخلخل، حجم کلی را که با آب یا سیالات می‌تواند پر شود، مشخص می‌کند. بخشی از حجم که با آب پر می‌شود، میزان آب (یا رطوبت) را تعریف می‌کند. میزان رطوبت توسط رابطه (۲) بیان می‌شود.

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} \quad (2)$$

در این رابطه θ میزان رطوبت و V_w حجم آب موجود در حجم کل است. واضح است که میزان رطوبت در محدوده زیر قرار می‌گیرد.

$$0 \leq \theta \leq n \quad (3)$$

⁵ Porosity



جدول ۳: تخلخل معمول در خاک‌ها و سنگ‌ها [۳].

n	نوع خاک یا سنگ
مصالح تحکیم نشده	
۰/۲۰-۰/۴۰	شن
۰/۲۵-۰/۵۵	ماسه
۰/۳۵-۰/۶۰	سیلیت
۰/۳۵-۰/۶۵	رسی
سنگ های رسوبی	
۰/۰۵-۰/۵۰	ماسه سنگ
۰-۰/۳۰	سنگ آهک، دولمیت
۰/۰۵-۰/۵۰	سنگ آهک کارستی
۰-۰/۱۰	شیست
سنگ بلورین	
۰/۰۵-۰/۳۵	بازالت
۰/۰۵-۰/۵۰	بازالت شکسته
۰-۰/۰۵	سنگ های بلورین مترکم
۰-۰/۱۰	سنگ های بلورین شکسته

عملاً جایی که فضای خالی و خلل و فرج زیر سطحی با سه مایع یا بیشتر پر شود، فاز اشباع (حجم فاز مورد نظر در حجم خلل و فرج) گزینه بهتری است. درصد اشباع به صورت زیر تعریف می شود:

$$S_w = \frac{\theta}{n} \times 100 \quad (4)$$

حدود اشباع در رابطه زیر قرار می گیرد:

$$0 \leq S_w \leq 100 \quad (5)$$

در این قسمت به تخلخل موثر که در مسائل انتقال آلودگی در آب‌های زیرزمینی مهم است، می‌پردازیم. مقداری از آب در فضای خالی قادر به جابه‌جا شدن تحت گرادیان هیدرولیکی اعمال شده نیست. زیرا ممکن است برای مثال در حفره‌های مسدود محبوس یا جذب شده باشد. در یک محیط اشباع و شکسته شده، فقط آب مستقر در شکاف‌ها قادر به جابه‌جایی یا سرعتی محسوس است. در سینماتیک جریان (جابه‌جایی و حرکت) تعریف مناسب تخلخل آب منفذی به صورت زیر است.

$$n = \frac{\text{حجم آبی که قادر به قرارگیری در چرخه هیدرولوژیکی است}}{\text{کل حجم سنگ}} \quad (6)$$



این تخلخل را تخلخل سینماتیکی^۶ یا تخلخل موثر^۷ می‌نامند [۶]، [۳] و [۵]. از آنجا که همه‌ی منافذی که در یک خاک وجود دارند قادر نیستند که جریان را از خود عبور دهند، پس تخلخل موثر همیشه کمتر از تخلخل کل خواهد بود [۷].

۲-۲- کیفیت آب زیرزمینی

منابع محدود آب در صورتی در دسترس خواهد بود که کیفیت مطلوب را بنابر مورد مصرف دارا باشد. تخمین زده می‌شود که آب زیرزمینی حدود سی درصد آب شیرین جهان را تشکیل می‌دهد. با توجه به اینکه هفتاد درصد آب شیرین در یخ‌های قطبی و یخ‌های دیگر وجود دارد، اهمیت آب‌های زیرزمینی آشکار می‌شود. امروزه با ورود فعالیت‌های گسترده صنعتی و استفاده از کودها در کشاورزی مهمترین منبع حیات بشر در معرض مخاطره واقع شده است. به گفته محققان آلودگی آب‌های زیرزمینی اغلب بدلیل فاضلاب‌های سمی ناشی از صنایع و یا از منابع ذخیره فاضلاب اتفاق می‌افتد [۸]. آلاینده‌های گوناگون بسته به منشأ و حلالیت پذیری در آب هر کدام به گونه‌ای خطرناک می‌نمایند. از طرف دیگر پخش آلودگی‌های محلول در آب به پارامترهای محیطی که در آن حرکت می‌کند بستگی دارد. از جمله این پارامترها که به انتقال و پخش آلاینده‌ها کمک می‌کند می‌توان به ضریب پراکندگی و ضریب هدایت هیدرولیکی اشاره کرد. هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های سدیم، کلر، سولفات و نیترات در آب زیرزمینی ناشی از مواد معدنی نامحلول و فعالیت‌های خود انسان همانند عملیات کشاورزی فشرده، کاربرد کودهای شیمیایی، شرب و صنعت است [۹].

۲-۲-۱- نیترات

نیترات از آلاینده‌های آب زیرزمینی عناصر چرخه نیتروژن است، به گونه‌ای که آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات در حال حاضر یکی از مهمترین مسائل زیست محیطی محسوب می‌گردد. این مواد بطرق مختلف نظیر تماس منابع آب با فاضلاب و یا تخلیه آب‌های شستشوی زمین‌های کشاورزی در رودخانه و از همه مهم تر اکسیداسیون مواد آلی ازت دار نظیر پروتئین‌ها وارد منابع آب می‌شوند. آمونیاک حاصله هم پس از مدتی به نیتريت اکسیده می‌شود و نیتريت هم به نیترات تبدیل می‌شود. جهت بررسی توزیع نیترات در آب‌های زیرزمینی میبایست شناخت دقیقی نسبت به فرآیندهای شیمیایی حاکم بر تبدیلات نیتروژن وجود داشته باشد. به همین دلیل این موضوع در طی دو دهه گذشته، شدیداً مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است [۱۰].

الف- شیمی نیترات

نیترات ترکیب کاملاً اکسیده شده نیتروژن، و در مقابل اکسایش پایدار است. اما به طور بالقوه یک عامل اکساینده قوی محسوب می‌شود. اکسایش و کاهش در اصل به گرفتن یا از دست دادن اتم‌های اکسیژن یا بر عکس به از دست دادن یا گرفتن اتم‌های هیدروژن اطلاق می‌شود. تبدیل آمونیوم به نیترات به طور آشکار اکسایش است. چرا که اتم‌های هیدروژن را از دست می‌دهد و اتم‌های اکسیژن را جذب می‌کند. در تبدیل آمونیوم به نیترات، آمونیوم نه تنها اتم‌های هیدروژن را از دست داده، اتم‌های اکسیژن به دست می‌آورد، بلکه همچنین دو الکترون هم می‌گیرد که آن را از کاتیون با بار مثبت به آنیون با بار منفی تبدیل می‌کند [۱۱].

⁶ Kinematic porosity

⁷ Effective porosity



ب- طبیعت یونی

وقتی که نیترات پتاسیم حل می شود، پتاسیم و نیترات هر دو صاحب بار الکتریکی می شوند. پتاسیم به صورت k با بار مثبت و نیترات با کسب بار منفی به صورت در می آید. موادی با ماهیت بار مثبت و منفی همانند اینها در محلول یون نامیده می شوند و یون های با بار مثبت، کاتیون ها و یون های با بار منفی، آنیون ها را تشکیل می دهند.

ج- حلالیت

نمک های تشکیل شده با نیترات، عموماً محلول اند و نیترات کلسیم تمایل بالایی به آب دارد و وقتی مجاور هوا قرار می گیرد، ضمن جذب رطوبت هوا، در آن حل می شود. کاتیون های عمده در آب زیرزمینی، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، آهن و آلومینیوم هستند و نمک ها تشکیل شده با نیترات بسیار محلول اند. جدول (۴) نیترات آمونیم هم بسیار محلول است. کلسیم، کاتیون غالب آب های زیرزمینی است و غلظت نیترات حاصل از انحلال نیترات کلسیم، ۳۲۰۰۰ بار از حد مجاز نیترات برای آب آشامیدنی با معیارهای آمریکا و ۲۸۰۰۰ بار با معیارهای اتحادیه اروپا بیشتر است [۱۲] این حلالیت بالا دارای عواقب بعدی است، اول اینکه تمامی نیتراتی که در محیط وجود دارد، در آب حل می شود و دوم اینکه حلالیت، محدود کننده غلظت نیترات در آب های طبیعی نیست [۱۲].

جدول ۴: حلالیت نمک های یون نیترات در آب سرد [۱۲].

کاتیون	نمک	حلالیت (g/m^3)	
		نمک	نیترات
Ca^{+2}	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	2166×10^6	1140×10^6
Mg^{+2}	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	1125×10^6	161×10^6
K^+	KNO_3	132×10^6	118×10^6
Na^+	$NaNO_3$	192×10^6	167×10^6
NH_4^+	NH_4NO_3	1118×10^6	191×10^6
Fe^{+2}	$Fe(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	184×10^6	136×10^6
Fe^{+3}	$Fe(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	150×10^6	180×10^6
Al^{+3}	$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	164×10^6	132×10^6

د- ساختار

یون نیترات دارای ساختار شیمیایی معینی است که در آن اتم نیتروژن و سه اتم اکسیژن در یک صفحه در آرایش سه ضلعی متقارن قرار می گیرند. این تنها ساختار نیترات است و منشاء نیترات در آن هیچ تاثیری ندارد. نیترات حاصل از یک کود شیمیایی و نیترات موجود در خاک یک مزرعه، با کشاورزی آلی ساختار شیمیایی و خواص عیناً مشابهی دارد [۱۲].

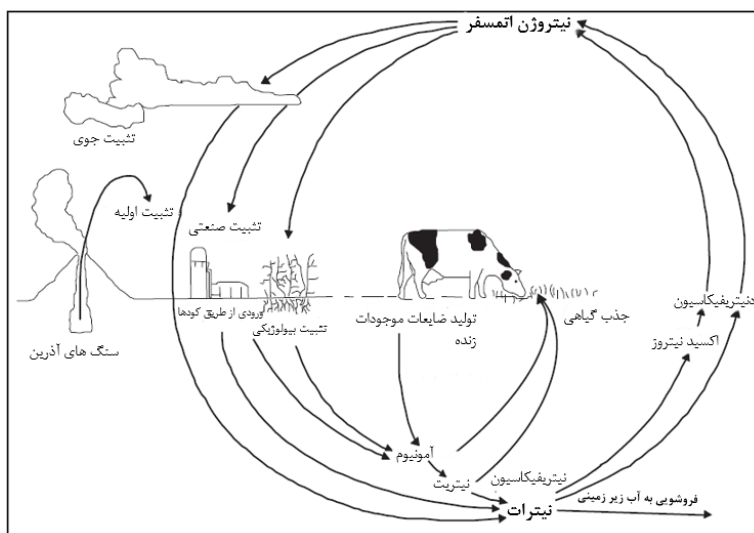


و- جذب از طریق خاک

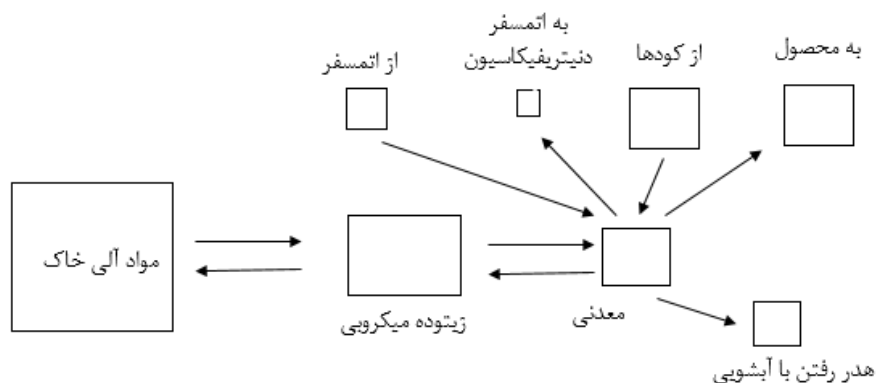
نیتрат به قدر کافی محلول است و حلالیت آن نمی‌تواند محدود کننده غلظت آن در آب باشد. سوالی که مطرح می‌شود این است که آیا نیترات از طریق ذرات ریز خاک قابل جذب است و یا نه. ریزترین ذرات خاک رس‌ها، که دارای ساختار آلومینیوم، سیلیسیم، و اکسیژن هستند. رس‌ها می‌توانند بعضی از مواد را قویاً جذب کنند، اما اینکه چه چیز را جذب می‌کنند بستگی به اسیدیته یا قلیائیت خاک و نیز رس‌ها دارد. رس‌ها ممکن است دارای بار دائمی (معمولاً دائمی) یا بار وابسته به PH باشند که از تفکیک قابل برگشت یون‌ها هیدروژن از مکان‌های لبه‌ای رس‌ها از سطح اکسیدهای فلزی یا از گروه‌های کربوکسیلو یا فنولی مواد آلی ناشی می‌شوند. PH بیشتر خاک‌های کشاورزی جهان توسعه یافته، در دامنه ۵/۵ تا ۸/۰ با به کار بردن آهک نگهداشته می‌شود، که کمی اسیدی تا قلیای محسوب می‌شود. در این مقادیر PH، رس‌ها روی هم رفته حامل بار منفی هستند. بارهای الکتریکی همان‌نام یکدیگر را دفع می‌کنند، بنابراین کاتیون‌هایی همانند پتاسیم و کلسیم به سطح رس جذب می‌شوند، در حالی که آنیون‌هایی همانند نیترات و کلرید نه تنها جذب نمی‌شوند بلکه واقعاً توسط رس‌ها دفع می‌شوند [۱۲].

ی- بیولوژی نیترات

بیولوژی نیترات تا حد زیادی همان شیمی نیترات است که به وسیله موجودات زنده انجام می‌شود. بیشتر فرایندهای اصلی دخیل در بیولوژی نیترات تنها در خاک به وقوع می‌پیوندند اما بعضی از آنها هم، در بعضی از قسمت‌های کاملاً متفاوت محیط زیست، مثل دهان انسان اتفاق می‌افتد. تمام این واکنش‌ها قسمتی از چرخه نیتروژن را تشکیل می‌دهند. که در مقیاس جهانی در شکل (۲) و در مقیاس مزرعه در شکل (۳) ترسیم شده است. از نظر علمی تمام نیتروژن خاک آلی است و تنها ۱ تا ۲ درصد نیتروژن در خاک به صورت غیر آلی یا معدنی، یعنی آمونیم و نیترات است که برای دسترسی گیاهان فوق العاده است اما بیشتر مشکلات زیست محیطی هم از طریق آن به وجود می‌آید.



شکل ۲: تحولات نیتروژن از طریق اتمسفر، زمین شناسی، خاک، حیوانات، گیاهان، و آب.



شکل ۳: سرنوشت چهار گانه نهایی نیترات. اندازه مربع ها متناسب با کمیت نیتروژن می باشد [۱۲].

۲-۲-۲- نیترات و سلامتی

از دهه ۱۹۷۰، معلوم شده است که نیترات در بدن انسان، در یک مسیر ویژه و منحصر به فردی مدیریت می شود. بیشترین ویژگی منحصر به فرد نیترات به شرح زیر می باشد [۱۳]. وقتی که نیترات بلعیده می شود، سریعاً در معده و بالای روده کوچک جذب می شود و حداقل ۲۵ درصد آن از طریق غدد بزاقی از خون وارد بزاق و غلیظتر می شود که مکانیسم آن هنوز به خوبی مشخص نشده است، بنابراین غلظت نیترات بزاق حداقل ۱۰ برابر پلاسما می باشد. نیترات (NO_3^-) در بزاق دهان به وسیله باکتری‌هایی بر روی سطح زبان زندگی می کنند، سریعاً به نیتريت (NO_2^-) تبدیل می شود (احیا می شود). یک انسان هر روز حدود یک لیتر بزاق تولید می کند که آن را می بلعد. بزاق مقدار زیادی از نیتريت را شامل می شود که وقتی به معده یک انسان سالم می رسد، به اسید نیتروز تبدیل می شود. نیترات در بدن انسان تولید می شود، آنزیم اکسید نیتريك سنتتاز، بر اسید آمینه، ال- آرژینین عمل می کند تا اکسید نیتريك (NO) را تولید کند. این اکسید نیتريك وقتی با سوپر اکسید (O_2^-) یا هموگلوبین اکسید شده بر خورد می کند، به نیترات تبدیل می شود. بنابراین، هر فردی حتی با یک رژیم غذایی عاری از نیترات، مقدار قابل ملاحظه‌ای از غلظت نیترات را در پلاسما می خون و مقدار بسیار بیشتری را در ادرار دارد. بدن بشر برای از دست دادن نیترات بسیار بی میل است و یک مکانیسم انتقال فعال در کلیه وجود دارد که نیترات را از ادرار به خون می گرداند. نیترات در آب آشامیدنی موجب دو نگرانی عمده است، بیماری مت هموگلوبینا میا و سرطان معده. بیماری مت هموگلوبینا میا ویژه نوزادان کمتر از یکسال است که بر اثر اکسید نیتريت ایجاد می شود تا نیترات. این رادیکال آزاد، هموگلوبین خون را به یک شکل اکسید شده نامعلوم به نام مت هموگلوبین در می آورد که به خوبی با اکسیژن ترکیب نمی شود. نیتريت به وجود آمده از نیترات، در معده هنگام هضم گوشت یا سایر پروتئین ها برای ترکیب N- نیتروز با آمین نوع دوم واکنش می دهد. برخی از این ترکیبات سرطان زا هستند. بنابراین، این واکنش ها می توانند منجر سرطان معده شوند. سازمان بهداشت جهانی، در سال ۱۹۷۰ استانداردهای اروپا را برای نیترات برای آب آشامیدنی تعیین و اعلام کرد که کمتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر رضایت بخش، ۵۰ تا ۱۰۰ قابل قبول و بیشتر از ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر غیر قابل توصیه است. استاندارد کیفیت آب آشامیدنی ایران بیشترین مقدار مجاز نیترات در آب آشامیدنی را ۴۵ میلی گرم بر لیتر در نظر گرفته است. جدول (۵) حدود مجاز مواد شیمیایی در آب آشامیدنی را نشان می دهد [۱۴]. البته نتیجه پژوهش محققان پزشکی که مطالعات متفاوتی روی بیمارانی که به سرطان معده و یا نوزادانی که به بیماری مت هموگلوبینا میا مبتلا بودن نشان می دهد که نیترات برای هیچ سنی در کمتر از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر خطری ندارد [۱۳].



جدول ۵: حدود مجاز مواد شیمیایی در آب آشامیدنی [۱۴].

نام مواد	حد اکثر مطلوب (mg/l)	حد اکثر مجاز (mg/l)
کل مواد جامد محلول	۵۰۰	۲۰۰۰
سختی کل	-	۵۰۰
CaCO ₃	-	۵۰۰
منیزیم	-	۱۵۰
Mg	-	۱۵۰
روی	۵	۱۵
Zn	۵	۱۵
مس	۰/۰۵	۱
Cu	۰/۰۵	۱
آهن (کل)	۰/۱	۱
Fe	۰/۱	۱
منگنز	۰/۰۵	۰/۵
Mn	۰/۰۵	۰/۵
سولفات	۲۵۰	۴۰۰
SO ₄ ⁻	۲۵۰	۴۰۰
کلرور	۲۰۰	۶۰۰
Cl ⁻	۲۰۰	۶۰۰
نیترات	-	۴۵
NO ₃ ⁻	-	۴۵
آمونیم	۰/۰۵	۰/۵
NH ₄ ⁺	۰/۰۵	۰/۵
مواد پاک کننده	-	-

۳- مراجع

- [۱]- نظری، ر.، جودوی، ع.، ۱۳۹۳، مدل سازی کاربردی جریان و انتقال آلاینده در آبخوان، چاپ اول، انتشارات آفتاب عالمتاب مشهد، ۲۳۰ ص .
- [۲]- میرابزاده، م.، قبادی نیا، م.، ۱۳۸۴، ساختار مدل های ریاضی و کاربرد آنها در سیستم های آب زیرزمینی، کارگاه آموزشی مدل سازی در آبیاری و زهکشی .
- [۳]- لاله زاری، ر.، انصاری سامانی، ف.، معاضد، ه.، حقیقی، ب.، ۱۳۹۳، انتقال مواد جامد محلول به منابع برداشت آب شرب شهرکرد در اثر استفاده مجدد از آب آبیاری، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد بیست و یکم، شماره سوم، صفحه ۲۳۷ تا ۲۵۱ .
- [۴]- عطایی آشتیانی، ب.، کتابچی، حامد.، ۱۳۹۳، هیدرولیک و آلودگی آب های زیرزمینی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۹۱۷ ص .
- [۵]- بزرگ حداد، ا.، سیفالهی آغمیونی، س.، ۱۳۹۲، مقدمه ای بر تحلیل عدم قطعیت در سامانه های منابع آب، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۱۴ ص .

[6]-Todd, W.R., Kenneth R. B., 2001, **Report: Delineation of capture zones for municipal wells in fractured dolomite**, Sturgeon Bay, Wisconsin, USA, Hydrogeology Journal 9, 432–450.

[7]-Bouwer, H., 1978, **Ground Water Hydrology**, Mc Graw Hill, New York, 480p.

[8]-Singh, R.M., Datta, B., 2004, **Groundwater pollution source identification and simultaneous parameter estimation using pattern matching by artificial neural network**, Environmental Forensics, 5, 3, 143 – 153.

[9]-Jalili, M., 2007, **Assessment of the chemical components of Famenin groundwater, western Iran**, Environmental Geochemistry and Health, 29, 5, 357-374.

[10]-Lui, Z. J., Hallberg, G. R., Zimmerman, D. L., Libra, R. D., 1997, **Detecting changes in the spatial distribution of nitrate concentration in groundwater**, Journal of the American Water Resources Association, 33, 6, 1209-1218.



[11]-Addiscott, T. M., Whitmore, A. P., 1991, **Simulation of solute in soil of differing permeability's**, Soil Use and Management, 7, 94-102.

[۱۲]-ریحانی تبار، ع.، ۱۳۸۸، نیترات، کشاورزی و محیط زیست، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، ۴۰۳ص.

[۱۳]-صفوی، ح.، ۱۳۹۳، هیدرولوژی مهندسی، چاپ چهارم، انتشارات ارکان دانش اصفهان، ۷۰۶ص.

[۱۴]-نشریه شماره ۳-۱۱۶، ۱۳۷۱، استاندارد کیفیت آب آشامیدنی، وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع ایران، معاونت پژوهش و مطالعه پایه، دفتر استانداردها و معیارهای فنی، ۱۰ص.