



# فرآیندهای تنزل دهنده کیفیت آب زیرزمینی

تهیه کننده: حمید پشتوان

جامع و مستند درباره وضعیت کیفیت آب زیرزمینی صورت گیرد.

داده‌های کیفیت آب زیرزمینی، برای بسیاری از عامل‌های تنزل دهنده کیفیت که در جدول صفحه بعد نام برده شده، ناکافی، بسیار پراکنده و غالباً ناقص است. افزون بر این، قابلیت اطمینان برخی داده‌ها به دلیل فنون نامناسب نمونه‌برداری، جابجایی و ذخیره‌سازی ضعیف نمونه‌ها، و استفاده از دستورالعمل‌های ضعیف آنالیز، پرسش برانگیز است. این وضعیت به ویژه درباره برخی پارامترهای آرگانیکی مصداق دارد که پایداری آن‌ها حداقل است و باید در حدود پائین تشخیص داده شوند.

## سازوکارهای شور شدن آبخوان

مناطق مهمی در جهان با مشکل شور شدن و خیم آب زیرزمینی و خاک، در

می‌شود. دسته‌بندی عمومی مشکلات کیفیت آب زیرزمینی در جدول زیر نشان داده شده است. در این نوشتار به اختصار به دو مقوله نخست آن می‌پردازیم.

تکنولوژی مطالعه آب‌های زیرزمینی در دهه اخیر پیشرفت‌های مهمی داشته است. با این همه، کاربرد آن‌ها در مطالعات آب زیرزمینی، به سبب هزینه بالا و/یا ظرفیت فنی، و نارسایی‌های شبکه‌های پایش آب زیرزمینی گسترش نیافته است. وابستگی به گمانه‌های عمیق و/یا چاه‌های کم عمق خانگی برای پایش کیفیت، مشکل ساز است، چون در حالت اول، زمان آلوده شدن آب زیرزمینی را به سبب اختلاط با تغذیه قدیمی‌تر، طولانی‌تر نشان می‌دهد و در حالت دوم، در معرض آلوده شدن مستقیم در تأسیسات چاه قرار دارد. کمبود داده‌های قابل اتکا مانع از آن است که جمع‌بندی

آب زیرزمینی یک منبع طبیعی کلیدی برای پشتیبانی توسعه اجتماعی و اقتصادی به شمار می‌آید. با این همه، هنوز هم عمیقاً با فهم نادرست روبرو است؛ آنچنان که باید ارزش آن شناخته نشده، مدیریت ضعیفی بر آن حاکم است و به قدر کافی حفاظت نمی‌شود. سیستم‌های آب زیرزمینی در قرن بیستم، در نتیجه بهره‌برداری زیاد برای تأمین آب شهری و کشاورزی آبی و تغییرات تمام‌عیار در کاربری اراضی در بسیاری از پهنه‌های تغذیه آب زیرزمینی، از حالت طبیعی خود خارج شده‌اند. نگرانی‌ها درباره پایداری منابع آب زیرزمینی، تنزل کیفیت و تأثیرپذیری منفی اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی، افزایش یافته است. توسعه پایدار آب زیرزمینی نه تنها به سبب موجودی منبع با محدودیت روبرو است، بلکه به سبب تنزل کیفی نیز محدود

## دسته بندی مشکلات کیفیت آب زیرزمینی (بر پایه منشأ و فرایندهای تنزل کیفیت)

نوع مشکل	علت های ریشه ای	پارامترهای مورد نظر
۱- فرایندهای شورشدن	تحرك / جدایش ناشی از مدیریت ضعیف زراعت آبی؛ زهکشی معدن یا استخراج نفت؛ یا آبیاری با آب سطحی بدون زهکشی کافی	Na، Cl، SO4، Br، F، گاهی
۲- آلودگی ناشی از فعالیت انسان	حفاظت ناکافی آبخوان های آسیب پذیر در برابر تخلیه / آب شستگی ناشی از فعالیت های شهری و صنعتی و افزایش تراکم کشت و دامداری	پاتوژن ها، NO3، NH4، Cl، SO4، B، فلزات سنگین، DOC، هیدروکربن های آروماتیک / هالوژن دار، برخی آفت کش ها و متابولیت آن ها
۳- آلوده شدن چاه	ساخت ضعیف تأسیسات چاه که امکان ورود مستقیم آب آلوده را به وجود می آورد.	عمدتاً پاتوژن ها، NO3، NH4، Cl
۴- تحرك یافتن آلاینده های طبیعی	با تغییرات Eh-pH آب زیرزمینی و حل شدن کانی ها از بافت آبخوان ارتباط دارد و می تواند در اثر فعالیت های انسان، به ویژه زهکشی آب در معدن و برگشت دوباره سطح ایستابی در معادن متروکه تشدید شود.	عمدتاً F، Fe، As- همچنین، SO4، Mg، Al، Mn، I، Se، و NO3 (از تغذیه دوره های گذشته زمین شناسی)

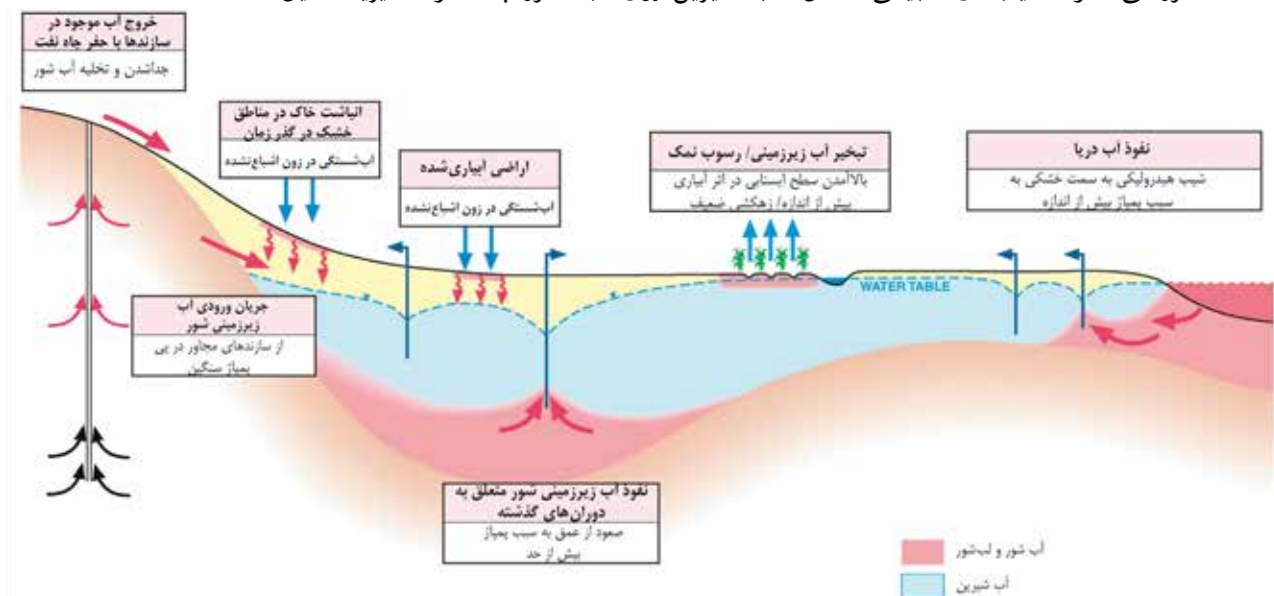
نتیجه فرایندهای گوناگون روبرو هستند (شکل زیر):

- نفوذ بیش از حد آب، سبب بالآمدن سطح آب زیرزمینی می شود، که معمولاً با آبیاری ناکارآمد و استفاده از آب سطحی انتقال یافته به مناطقی که زهکشی طبیعی ناکافی است همراه است؛
- شوری طبیعی، پیامد پاکسازی پوشش گیاهی طبیعی به منظور توسعه زراعت و افزایش نرخ تغذیه آب زیرزمینی به حرکت در می آید؛
- دست خوردگی مفرط لایه بندی طبیعی

شوری آب زیرزمینی در زیرزمین در اثر حفار چاه و پمپاژ کنترل نشده آب از چاه ها.

ترمیم شورشدگی آب زیرزمینی پرهزینه بوده و غالباً برگشت ناپذیر است، چون آب شور که منافذ بزرگ و شکاف ها را اشغال می کند، به سرعت در بافت آبخوان های متخلخل منتشر می شود و چندین دهه طول می کشد تا شسته شود، حتی پس از آنکه جریان آب شیرین دوباره برقرار شده باشد.

بر اساس پروفیل شوری آب زیرزمینی - عمق، آب شیرین روی آب شور چگال تر قرار دارد، ولی کف شکنی چاه های آبیاری برای تداوم یا افزایش آبدهی غالباً به جایگزینی و پمپاژ مقداری از آب زیرزمینی شور منجر می شود، که سپس از طریق آبیاری بیش از حد نفوذ می کند و آبخوان های کم عمق را تحت تأثیر قرار می دهد. این پروفیل، در نتیجه شماری از فرایندها که در محیط های هیدروژئولوژیکی معین پدید می آید می تواند به طور طبیعی معکوس شود. این قبیل وضعیت ها حساسیت ویژه ای در برابر اختلال هیدرولیکی در اثر برداشت آب زیرزمینی دارند و نیازمند تشخیص و مدیریت دقیق هستند.



## آسیب‌پذیری آبخوان در برابر آلودگی انسانی

گزارش‌ها درباره آلودگی آب زیرزمینی ناشی از فعالیت‌هایی که انسان در سطح زمین انجام می‌دهد، با روندی فزاینده، در کشورهای صنعتی شده، سابقه‌ای ۴۰ ساله و در کشورهای در حال توسعه، سابقه ۲۵ ساله دارد. دلیل عمده این وضعیت، فقدان سیاست‌های غیرمنفع‌لانه در موضوع حفاظت از آبخوان است. بسیاری از رویدادهای آلودگی، احتمالاً به دلیل پایش ضعیف کیفیت آب زیرزمینی، هیچگاه مشخص نمی‌شوند. آبخوان‌ها در مقایسه با پیکره‌های آب سطحی، آسیب‌پذیری بسیار کمتری در برابر آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسان دارند، ولی وقتی آلوده شوند، آلودگی زمان درازی باقی می‌ماند و ترمیم آن به سبب دسترس‌ناپذیری فیزیکی و ساختار متخلخل آبخوان دشوار است.

یکی از ویژگی‌های مهم محیط‌ها و خاک‌های متخلخل، پتانسیل آن‌ها برای کاهش آلودگی طبیعی است. آسیب‌پذیری آبخوان در برابر آلودگی، معمولاً تابعی از خصوصیات ذاتی پروفیل خاک و زون اشباع‌نشده (یا لایه‌های محصورکننده) در نظر گرفته می‌شود. با این همه، با اینکه تمام پروفیل‌های خاک به یک اندازه در کاهش آلودگی اثربخش نیستند، آبخوان‌های عمیق‌تر احتمالاً تنها از آلاینده‌های مقاوم تأثیر می‌پذیرند (نیترات، شوری و مواد آروگانیک مصنوعی معین). یک عامل مهم، به ویژه در لایه‌های تحکیم‌یافته، احتمال انتقال رو به پائین آلاینده از طریق مسیرهای ترجیحی است. این وضعیت، آسیب‌پذیری آبخوان را در برابر آلاینده‌هایی که در غیر این صورت در اثر جذب و/یا در اثر فروپاشی بیولوژیکی حذف می‌شدند افزایش زیادی می‌دهد.

آلودگی بزرگ مقیاس آب زیرزمینی می‌تواند در اثر منابع نقطه‌ای صنعتی ناشی از نشت یا تخلیه اتفاقی در محدوده‌های آسیب‌پذیر همراه باشد. با این همه، مشکلات بسیار پنهان‌تر و گسترده‌تر، از برخی راه و رسم‌های دفع فاضلاب شهری و کشاورزی ناشی می‌شود.

اگر دفع بهداشتی با سامانه‌های تعبیه‌شده در محل انجام شود (چاله‌های فروکش، مخزن‌های فاضلاب، چاه‌های فاضلاب) می‌تواند به افزایش قابل توجه تغذیه آب زیرزمینی در آبخوان‌های نامحصور منجر شود، ولی تنزل قابل توجه کیفیت آب زیرزمینی را نیز در پی دارد (ناشی از نیترات، کربن آروگانیک و ترکیبات مصنوعی سمی). در نواحی شهری که دفع پساب از طریق لوله‌های فاضلاب انجام می‌شود، حجم زیاد پساب با حداقل تصفیه غالباً برای آبیاری غرقابی کشت‌ها استفاده می‌شود که می‌تواند به افزایش و آلوده شدن آب زیرزمینی منجر شود. افزون بر این، در بسیاری از نواحی شهری، صنایع کوچک مقیاس فراوان (مشخصاً نساجی، چرم‌سازی، لباسشویی و تعمیرگاه وسایل نقلیه)، پساب تولید می‌کنند (شامل روغن سوخته و حلال‌ها) که غالباً در سطح زمین دفع می‌شود.

افزایش محصول کشاورزی، غالباً با استفاده فزاینده از کودهای غیر آروگانیک و طیف وسیعی از آفت‌کش‌های مصنوعی استمرار می‌یابد. موارد بسیاری از همبستگی نزدیک میان نیترات بالا در آب زیرزمینی کم‌عمق و کشاورزی گزارش شده است (و عدم نیترات‌زدایی در خاک‌های نفوذپذیر). زوال‌پذیری بازمانده آفت‌کش‌های محلول و متحرک، وقتی در اثر شسته‌شدن تا زیر قاعده زون خاک انتقال یابد، به طور محسوسی کاهش می‌یابد. این نوع آلودگی از کشاورزی دیم و نیز آبی ناشی می‌شود- و با اینکه در فنون آبیاری دقیق از نظر تئوری، امکان کاهش تلفات در اثر آب شستگی وجود دارد، ولی می‌تواند افزایش شوری آب برگشتی آبیاری به آب زیرزمینی را نتیجه دهد.

مأخذ: آب زیرزمینی، ویژگی‌ها و دغدغه‌های پایداری. اندیشکده تدبیر آب ایران، ۱۳۹۶.