نگرشی بر آبهای فسیل کرهٔ زمین

دکتر شهریار خالدی (عضو هیئت علمی دانشکدهٔ علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی)[1]

امروزه، چرخش آب در کرهٔ زمین، که سالانه بالغ بر حدود ۵۰۰،۰۰۰ میلیارد متر مکعب می‌شود با توجّه به تمام پیچیدگیهایی که دارد، برای تمام متخصّصان به خوبی شناخته شده است. متخصّصان‌به بررسی چرخش آبها و تعیین مقدار جریانهای مختلف آب (بارندگی، رودها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سفره‌های آب زیرزمینی) مجموعهٔ آب کرهٔ زمین را تشکیل می‌دهند علاقه بسیار زیادی دارند. هم اکنون به مسائل مربوط به مخازن طبیعی آب نیز پرداخته می‌شود.

به طور کلّی پراکنش آبهای شیرین درگیتی بسیار نامنظّم است و در جایی که حجم وسیعی از این آبها مورد نیاز است، عملاً در دسترس قرار ندارند. بنابه دلایل اساسی، اگر منابع آب تجدید شونده هستند، در جریانها محاسبه می‌گردند، در موارد معیّنی تابع مقیاس جهانی‌اند. ولی در برخی کشورها ذخایر آب غیر قابل تجدید به مانند ذخایر هیدروکربور و معدنی به میزان قابل ملاحظه‌ای وجود دارند.

ارزیابی رقومی حجمهای آب، مطابق با قسمتهای مختلف آب کره در مقیاسهای گوناگون و با نشاندادن برداشت قابل توجّه صورت پذیرفته است: اقیانوسها، یخهای قطبی، آبهای زیر زمینی، رطوبت خاک، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، جوّ. در سالهای ۷۰-۱۹۶۰ م، پژوهشگران آمریکایی مانند R.L. Nace؛ (۱)؛ محقّقان روسی از جمله M.I L'Vovich؛ (۲و۳)؛ محاسباتی در مقیاس جهانی بعمل آوردند. بدین منظور آنها روشهای ژئومتریک را برای مخازن آب آزاد با حجم نسبتاً ثابت، به مانند اقیانوسها، دریاچه‌ها یا یخچالها مورد استفاده قرار دادند. این متخصّصان متقابلاً روشهایی را بر پایه مقدار میانگین آماری آب بکار برده‌اند؛ این آمارها بیشتر احتمالی و فرضی‌اند و محدود ساختن مخازن سنگ کار بسیار مشکلی است؛ ارقام مربوط به این حدود متقابلاً در زمان و مکان برای مخازن آبی جوّ و خاک که حجم آب در آنها بسیار متغیّر است، مشکوک هستند.

ارزیابی مخازن توأم با حجم بسیار کم بیشتر تقریبی است (جوّ به جریانهای آب سطحی، رطوبت خاکها). این تجربه به ویژه مقایسه حجمهای آب در حدّ میانگین هر زیر مجموعه مخازن در جریانها را تأیید می‌کند، یعنی در جایی که برای نشاندادنِ دوره‌های تجدید یا احیای مقادیر میانگین در مقیاس جهانی و شاخصهای آماری که تنها اختلافهایشان قابل اهمیّت هستند، جریان می‌یابند. همچنین M.L. L'Vovich؛ (۳)؛ دوره‌های مقادیر میانگین احیای این مخازن را به شرح زیر محاسبه کرده است.

اقیانوسها: ۳ هزار سال؛ سفره‌های آب دار: ۵ - ۴ هزار سال؛ پوشش برفی، یخی قطبی و یخچالهای قارّه‌ای: ۸ هزار سال؛ دریاچه‌ها: ۱۷ سال؛ خاکها (رطوبت) : یک سال؛ رودخانه‌ها: تقریباً ۱۲ روز؛ رطوبت جوّی : یک هفته.

در شرایط مطلق، تقریباً آب زیرزمینی در مجموع با چرخش طبیعی آب

ارتباط دارد. ولی ذخایر و قسمتهای معدنی، زمان بسیار طولانی را برای تجدید حیات طی می‌کنند.بنابراین در مقیاس انسانی در شرایط تجدید شونده قرار دارند. و آن به استخراج آب زیرزمینی در عربستان به منظور آبیاری متمرکز کشت گندم مربوط می‌گردد.

همانگونه که در نگارهٔ ۱ (متعلّق به حوضه مزرعه هادکو (Hadco)، در شمال این کشور) ملاحظه می‌گردد، آبیاری به کمک «میله‌های محوری پاشنده[۲]» صورت می‌گیردکه هر دایره قطری برابر یک کیلومتر دارد (کلیشه A، برتیو (BRGM (Berthiav).

اضمحلال آبهای فسیلی

در واقع به محض اینکه تشخیص و ارزیابی منابع آب فکر انسان را اشغال کنند، در آغاز با جریانهای محافظ برگشت جاودانی چرخش آب، با این امکانات که منابع آب را می‌توان کسب کرد و یا تحت تسلّط خود درآورد، همراه گردیده‌اند. آب به مانند منبع تجدید شونده در حدّ بسیار عالی تلقّی می‌گردد. بنابراین، اگر در حدّ مطلق مؤثّر باشد، تقریباً آب زیر زمینی در مجموع مستقل و غیر مرتبط با چرخش آب طبیعی وجود ندارد، در مقابل، آبها با سرعت بسیار متفاوت در لایه‌های آبدارجابه‌جا می‌شوند و گاه مسافات طولانی را طی می‌کنند. اگر قدمت این آبها در سفره‌های زیرزمینی ۲ هزار سال باشد و به آرامی جابه‌جا شده باشند، به آنها آبهای فسیل می‌گویند که همان گونه که ملاحظه می‌کنیم، در حال اضمحلال هستند. چرخش آب در مسیر خشکیها به طور اساسی شامل آبهای شیرین، مخازن قارّه‌ای (دریاچه‌ها، یخها، سفره‌های زیر زمینی ،...) می‌شوند و به مانند نظم دهنده‌هایی نقش اساسی را ایفا می‌کنند. تجدید مخازن بزرگ آبدارهرگز در حدّ صفر نیست، ولی به آرامی صورت می‌گیرد و با دوره‌های چندین هزار یا دهها هزار سال همان گونه که در جدول ۱ اشاره شده مطابقت دارد. میزان تجدید شدن بسیاری از مخازن آبداربسیار بزرگ به صورت سفره‌های آزاد یا محصور می‌تواند کمتر از ۱×۱۰^{-۴} یا ۱×۱۰^{-۵} باشد، یعنی آنچه که بسیار ناچیز است و خشک شدن این سفره‌ها را توجیه می‌کند. (به جدول ۱ رجوع شود).

در مجموع دو نوع مخزن آبداروجود دارند. مورد اوّل بر روی زمینهای قابل نفوذ قرار داردکه هوا خُلل و فُرَج و شکافها و سطوح سفره‌های آب زیر زمینی که قادر به تغییر به صورت آزادانه هستند را اشغال می‌کند (سفره‌های آب دار طرح (A))

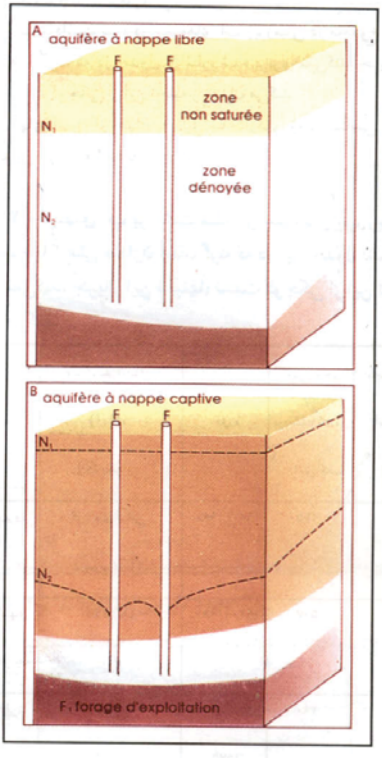
مورد دوم از زمینهای غیر قابل نفوذ پوشیده شده‌اند (به صورت قهوه‌ای روشن در طرح B) و سفرهٔ آن (به رنگ آبی) به صورت محصور قرار دارد. کمیّت آب قابل تحرّک با پایین رفتن سطح آب بین سطح اوّلیه N1 و سطح دینامیک بسیار عمیق N_2 در مخازن آبدار آزاد (در طرح A)، با حجم سنگ در این که آب محبوس شده است (حجم خالی یا آبی کم رنگ) افزایش یافته به وسیله خُلل و فُرَج مفید (نسبت حجم سنگها که می‌توانند به طور مؤثّر از آب جداشوند) مطابقت دارد. در یک سفره محصور «تحت فشار» (در طرح B)، کمیّت آب قابل تحرّک با فشار سنگ و آب تطابق دارد. در مقابل با سفره‌های محصور، که حجم آن تقریباً متغیّر باقی می‌ماند، به سطوح سفره‌های آبدار به طور آزاد بنابر تغییرات ولی آنها متغیر هستند؛ این مطلب بدان علّت است که به عنوان بهترین نظم دهندگان جریانهای طبیعی بشمار می‌روند.

منابع آبهای قارّه‌ای، در جریانهای طبیعی نظم قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند. البته در این رابطه سهم جوّ - بارندگی - زیاد است و به طور کلّی منابع آب دایمی را ارایه می‌دهد .اوّلین فنّ مربوط به ذخایر و مخازن آب و کوششهایی برای ارزیابی حجم آنها در آغاز با شناخت از کارکرد نظم دهندهٔ آنها و نیز ارزیابی مواردی که برای بسیج منابع آب تجدید شونده نامنظّم امکان پذیرند به عمل می‌آیند. درمیان این مخازن، اگر دریاچه‌های بزرگ و یخچالها در حوضه هایی که شامل آنها می‌شوند به عنوان نظم دهندگان مؤثّر تلّقی گردند، سفره‌های آب زیر زمینی یا آبدار از جمله موارد معمول بشمار می‌روند؛ بیشترین قسمت از جریانهای منظم در تمام قارّه‌ها، به طور میانگین ۱۲۰۰۰ میلیارد متر مکعب در سال (با ٪۳۳ از کل بده رودخانه‌های جهان برابر ۴۰۰۰۰ میلیارد متر مکعب در سال برآورد می‌شود؛) است.

در واقع، آبهای سطحی دایمی آبهایی می‌باشند که در آغاز در خاک و در زیر خاک در جریان هستند. به عنوان مثال در کشور فرانسه تضاّد رژیم

جدول (۱)

نام مخزن آب دار	میزان‌سالانه‌تجدید (احیاء)شدن	دوره‌تجدیدشدن سالانه
حوضه‌بزرگ آرتزین‌استرالیا	۵×۱۰^{-۵}	۲۰۰۰۰
حوضه‌رسوبی‌عربستان،مجموعه‌سفره‌های‌آب دار	۳×۱۰^{-۵}	۳۳۰۰۰
عرضه‌بیابان‌صحرای،مخازن‌آب دارقاره‌ای رضائف و محموله ترمینال	$۱/۴\times۱۰^{-۵}$	۷۰۰۰۰
سفره‌های آبدارماسه‌سنگی نوبی(مصر و لیبی)	$۱/۷\times۱۰^{-۴}$	۶۰۰۰
سفره‌های آب دارماسه‌های‌سیزحوضه‌پاریس(فرانسه)	۵×۱۰^{-۵}	۲۰۰۰۰
سفره آب داراماالاددردشتهای‌بزرگ نکزاس	۵×۱۰^{-۴}	۲۰۰۰
مجموعه سفره‌های‌آب دارآریزونا(آمریکا) در سفره‌های آزاد	$۲/۵\times۱۰^{-۴}$	۴۰۰۰
سفره‌های آب دارحوضه مارانهائو	۱۳×۱۰^{-۴}	۸۰۰



رودخانه‌ها بسیار قابل ملاحظه است: رژیمهای رودخانه‌ای در حوضهٔ «کامل آبدار» یعنی آنچه که به وسیلهٔ آب زیر زمینی تغذیه می‌شود، - برای مثال در سُم (Somme) واقع در پیکاردی - بسیار منظّم هستند، در حالی که رژیم جریانهای آب در حوضهٔ توأم با ضعف آبهای زیرزمینی، به مانند ژر (Gers) در گاسکونی (Gascogne) در مقابل نامنظّم هستند. بهره‌برداری مستقیم از آبهای زیرزمینی به نوبهٔ خود، یک شیوهٔ استفاده از ظرفیّت منظّم سفره‌های آبدار به شمار می‌رود و، با تشدید بهره‌برداری مزبور، شرایط جریان آب از حالت طبیعی خارج خواهد شد. بیشترین قسمت از بهره برداری از آبهای زیر زمینی در گیتی به این مورد مربوط می‌شود. (به نگارهٔ ۱ رجوع شود).

در مقایسهٔ این نقش نظم دهندهٔ طبیعی یا مصنوعی مخازن و ذخایر طبیعی، به طور اساسی سفره‌های آبدار، نظم دهنده‌های مصنوعی، دریاچه های پشت سدّ با اندازه‌های مختلف در دنیا - که تقریباً در مجموع ۲۵۰۰ میلیارد متر مکعب هستند تنها ۲×۱۰^{۱۲} متر مکعب در سال را با افزایش ۱۵٪ آب دهی منظّم طبیعی رودخانه‌ها در بر می‌گیرند. در واقع، کمینه حجم مجموع آب یک مخزن طبیعی است که به نسبت حاشیه تغییرات ممکن آن، توانایی نظم دهندگی آن را تعیین می‌کند. همچنین می‌توان در این رابطه دو نوع ذخایر آبدارا مشخص کرد:

۱) مخازنی که بر روی زمینهای قابل نفوذ قرار می‌گیرند که هواخلُل و فُرج یا شکافهارا اشغال می‌کند و سطوح سفره‌های آب زیر زمینی را که شامل می‌شوند می‌توانند به طور آزاد بنابر تغییرات و اختلافات آبدهی آنها تغییر کنند و نیز سفره‌های آزاد را می‌توان نام برد؛

۲) دیگر مخازن در عمل، در زمینهای غیر قابل نفوذ قرار می‌گیرند و سفره زیر زمینی آنها «تحت فشار» بوده و به صورت محبوس مشاهده می‌شوند (به نگارهٔ ۲ رجوع شود): مخازن تقسیم بندی اول با دریاچه‌های مخزنی و تقسیم بندی دوم، شرایط توأم با فشار (غیر طبیعی) قابل مقایسه هستند. سفره‌های آبدار ی که حجم آب آنها می‌تواند به طور آزاد متغیّر باشد ، همچنین به عنوان بهترین نظم دهنده ها به نسبت سفره‌های آبدارمحصور، با حجم تقریباً غیر متغیّر تلقّی می‌گردند.

عدم وابستگی معادن آب با چرخش آب

در چه اندازه ای و در چه شرایطی مخازن و ذخایر طبیعی آبهای خشکیهامی‌توانند تنها به صورت نظم دهنده مورد استفاده قرار گیرند، ولی به صورت منابع تجدید ناشونده، و به صورت توده مواد معدنی، به مانند مواد اولیه معدنی (نفت، گاز، مواد معدنی و غیره) مورد بهره‌برداری قرار گیرند؟ در یک نظم عمومی، تشخیص منابع تجدید شونده و تجدید ناشونده به خوبی ممکن است.

منابع تجدید شونده، با تولید و تجدید طبیعی به شکل جریانی مشاهده می‌شوند؛ منابع تجدید ناشونده به صورت مخازنی هستند که در مقیاس انسانی ایجاد نشده‌اند. در مورد آب، که طبیعت بیکباره جریانها و ذخایر را به وجود نمی‌آورد، تشخیص بین منابع تجدید شونده و تجدید ناشونده به دوره مقیاس فعالیتهای اقتصادی انسانی بستگی دارد. به علاوه، این دو نوع منبع مستقل نیستند. در اختلاف مواد اولیه استاتیک، ذخایر آب با دینامیک چرخش آب رها نمی‌شوند، زیرا نظم در جریانها همواره وجود دارد. بهره‌برداری از یک مخزن طبیعی آب و نیز خارج شدن از انشعاب چرخش عمومی آبها، «قطع جریان» را به همراه خواهد داشت، یعنی آنچه که می‌تواند با شیوه‌های مختلف به وقوع پیوندد. ذخایر آب قابل بهره‌برداری به مانند توده‌های معدنی در اولویت قرار دارند، یعنی آنچه که به طور نسبی در چرخش آب کنونی کمتر بکار رفته و با سیستمهای چرخش آب فعّال (در شبکه‌های هیدروگرافی) کمتر در تماس بوده است: دریاچه‌ها و اکثر سفره‌های زیر زمینی با عمق کم مطابق با جریانهای آب زیرزمینی مستثنی هستند. برای مثال، دریاچه بایکال به عنوان پر حجم‌ترین مخزن آب شیرین سطحی کره زمین (۲۳×۱۰^{۱۲} متر مکعب) تلقّی می‌گردد و به هیچ وجه منبع تجدید نا شونده‌ای را ارایه نمی‌دهد، زیرا استفاده از آن در درجه اوّل برداشت دایمی جریانی معادل ۶۰×۱۰^{۹} متر مکعب را شامل می‌شود. و این مورد می‌تواند برای تمام دریاچه‌های آب شیرین جهان با سیستم‌های رودخانه‌ای مطابقت داشته باشد. به جز در مورد بهره برداری از یخچالها - یا با تسریع در ذوب آنها ذخایر سفره‌های آبدارا نسبتاً پرحجم و نسبتاً با ارتباط ناکافی با

سیستم‌های کنونی چرخش آبها همراه دارند. میزان تجدید یا احیای بسیاری از مخازن بزرگ آبدارها سفره‌های آزاد یا محصور می‌تواند کمتراز 1×10^{-4} یا 1×10^{-5} باشد، یعنی آنچه که با دوره‌های تجدید چندین هزار یا دهها هزار سال مطابقت دارد(به جدول ۱ رجوع شود)؛ (منابع ۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۳).

استفادهٔ قابل ملاحظه و گسترده از آبها در چند دهه یا قرن به شرایط اقتصادی و نیز امکانات بهره‌برداری معدنی انسانی ارتباط دارد. دوره‌های تجدید مخازن آبدارها وسعت و عمق کم در سفره آزاد در اکثر موارد، به مراتب زمان کمتری را در حدّ مقیاس انسان نیاز دارند: چندین ده سال، حتی چند سال... همچنین این سفره‌های آزاد به طور اساسی منابع تجدید شونده‌ای را ارایه می‌دهند. بهره‌برداری از ذخایر آب زیرزمینی، که در چند کشور در قرن نوزدهم آغاز شد، به طور غیر ارادی و به دلیل نیازهای انسانی منتج به تشدید برداشتها شد و البته با توجّه به پیشرفتهای فنی (حفر زمین و پمپاژ از اعماق زمین) پیش از هوشیاری و تفکّر بیشتر صورت پذیرفت. استفاده‌کنندگان با اقتصادی تخریبی و با حالتی بسیار خصمانه در تهی سازی سفره‌های آب پرداخته‌اند. در کشورهای توأم با آب و هوای مرطوب، معتدل یا گرمسیری، با منابع آب تجدید شونده - سطحی یازیرزمینی -، این بهره‌برداریها از ذخایر غیر منطقی و درحدّ فراوان قراردارند؛ آنها به‌ویژه در حوضه‌های آرتزین، یعنی جایی که حفاریهای کم وبیش عمیق امکان به‌دست آوردن آبهای فوران کننده با مخارج انرژی کم همراه است، همانگونه که در ناحیه پاریس (اوّلین حفّاری در سال ۱۸۴۰ م)، یا همچنین با از بین بردن آبهای معدنی در لورن (Lorraine) بدون اینکه در آغاز به این مطلب واقف بوده باشند که به زودی مخازن آب تهی می‌شوند، بهره‌برداریها رابه صورت بی‌رویه توسعه دادند. در مقابل در کشورهای دارای آب و هوای خشک توأم با منابع آب تجدید شونده محدود و با بهره‌برداری بیرویه، و درجایی که آبهای زیرزمینی، منابع آب اساسی را ارایه می‌دهند و استفاده از مخازن آبداربسیار شدید است، همراه هستند. ارتباط فنون و تواناییهای مالی، امکان توسعه و بهره‌برداریهای واقعی در آبهای زیرزمینی معدنی در آمریکا، بیابان صحرا و عربستان و ... را مسیر ساخت (به جدول ۲ رجوع شود).

به مانند « مسئلهٔ صرفه‌جویی آب در خانه‌ها» اگر مجموع برداشتها و جریانهای باقیماندهٔ طبیعی با خارج شدن از سفره‌های آبدار ناشی از جریان میانگین تجاوز کند، یک اختلاف، شرایط منفی ترازنامه، با «عدم ذخیره»، با کاهش ذخیره، در بودجه یک موجودی کسری بین دریافتها و مصرف معادل بالاز دست رفتن مخزن مطابقت دارد.

سرانجام با توجّه به تجارب، دونوع مخزن آبدارمنابع غیر تجدید شونده را ارایه می‌دهند.

نگارهٔ (۳): از یک سو سفره‌های آبدارعمیق حوضه‌های بزرگ رسوبی در تمام مناطق آب و هوایی با سفره آب شیرین محصور شده و قابل وصول توسط حفاریهایی که می‌توانند از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر عمق تجاوز کنند؛ و از سوی دیگر سفره‌های آبدارها سفرهٔ آزاد توأم با ضخامت زیاد در منطقهٔ خشک (یک تا چند صد متر).

کمیتهای آب برداشت شده در سفره‌های آب زیرزمینی در مجموع با کاهش مخازن، همانگونه که در جدول ۲ اشاره شده برابری نمی‌کند. جریان این نسبتها، نسبت کوچکی از این تخلیه را جبران می‌کند.

آبهای فسیل در جهان به دلیل ساختارهای زمین شناسی و مناطق آب و هوایی، پراکنده شده‌اند.

جدول ۲ - کمیتهای آب برداشت شده در سفره‌های آب زیرزمینی در مجموع با کاهش مخازن همان گونه که در این جدول اشاره شده برابری نمی‌کند. جریان این نسبتها، نسبت کوچکی از این تخلیه را جبران می‌کند.

کشورها	ذخیره‌مخزن آبدار (f):آزاد (c): محصور	دوره	مجموع حجم برداشت شده 10^{-8} مترمکعب	مجموع حجم آبدارنشده 10^{9} مترمکعب
آمریکا،آریزونا	گودالهای آبرفتی (رسوبی)(L)	۱۹۸۰-۱۹۲۰	۲۲۵	۲۰۲
آمریکا،دشتهای بزرگ،باختر میانه	اگالالا(L)	۱۹۸۰-۱۹۴۰	۵۰۷	۱۹۶
آمریکا،کالیفرنیا	دره (L)	۱۹۷۸-۱۹۶۱ ۱۹۷۵	۴۹۰	۱/۸ ۱/۸
استرالیا	حوضه‌بزرگ‌آرتزین(C)	۱۹۷۳-۱۸۸۰	۳۵	۲۵
الجزایر	بیابان‌صحرای‌شمال،قاره‌ای مضاعف‌ومجموعه‌ترمینال(c)	۱۹۸۱-۱۹۰۰	۲۸	۴
عربستان	مجموعه‌مخازن‌آبدار (C),(L)	دروضعیت‌سال ۱۹۸۵	۷/۴ درسال	۶/۵ درسال
چین	دشت Hopë مخازن‌آبدارآبرفتی(C),(L)	۱۹۸۰-۱۹۶۰ ۱۹۸۰	۲۰۰-۱۵۰ ۱۲درسال	۲۰-۱۵ ۲درسال
مکزیک	مجموع۳۰مخزن‌آبدارها بهره‌برداری‌بیرویه حوضه‌مکزیک	ظرفیّت‌درسال ۱۹۸۰ ۱۹۸۳	۷/۳۵درسال ۱/۶درسال	۳/۶درسال ۰/۶درسال

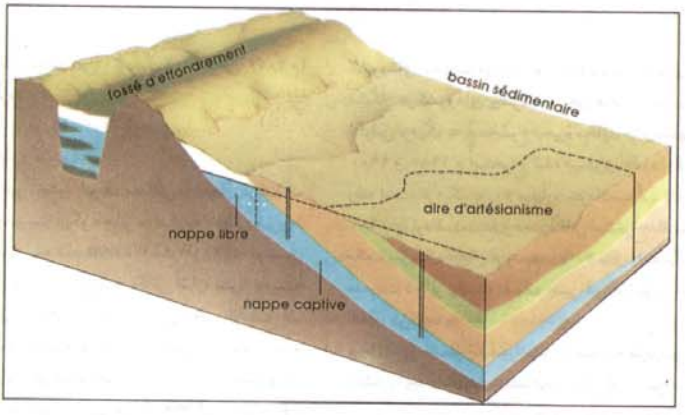
ذخایر قابل بهره برداری را چگونه ارزیابی می‌کنند؟

تمام آب ذخیره شده در سفره‌های آزاد آب که منابع غیر تجدید شونده را ارایه می‌دهند، قسمتهای معدنی آبهای قابل بهره‌برداری را شامل نمی‌شوند. حجمهای قابل استخراج مخازن به صورت تئوری در عمل بسیار بیشتر از حدّ واقعی محاسبه شده‌اند. اوّلین دلیل بسیارساده، این است که عمق پمپاژ آب به طور فنی و به طور اقتصادی عملاً محدود است: حداکثر ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر. این مورد از کاهش مخزن سفرهٔ آب، یا عدم ذخیرهٔ آن جلوگیری می‌کند و سفره‌های آبدارمحصور عمیق به ۵۰۰ متر تا ۱۰۰۰ متر یا بیشتر می‌رسند. در این سفره‌های محبوس، کاهش سطح ایجاد شده با عدم تراکم، امکان استخراج حجمهای بسیار آب، یعنی حدود ده هزارم مجموع حجم آب را میسّر می‌کند (به نگارهٔ ۲ رجوع شود). همچنین مخازن آبدارسفره های آزاد یا سفره های محصور کم عمق، که می‌توانند درقسمت آزاد قابل حصول باشند، با نشست سطوح آن، منابع آب بسیار قابل ملاحظه تجدید ناشونده راارایه می‌دهند . به‌علاوه برای کاهش به طور یکنواخت تا عمق محدود و سطوح سفره‌های زیرزمینی بسیار گسترده - به ترتیب چندین ده یا صدها هزار کیلومتر مربع - باید یک تعداد حفّاری دراندازه‌های فوق‌العاده با امکانات سرمایه‌گذاری «قابل حصول» و برروی تمام آن قسمتها و نیز دورتر از محلهای مورد استفاده پراکنده شوند. بنابراین این اقدامات موجب کاهش حجمهای قابل استخراج می‌شوند.

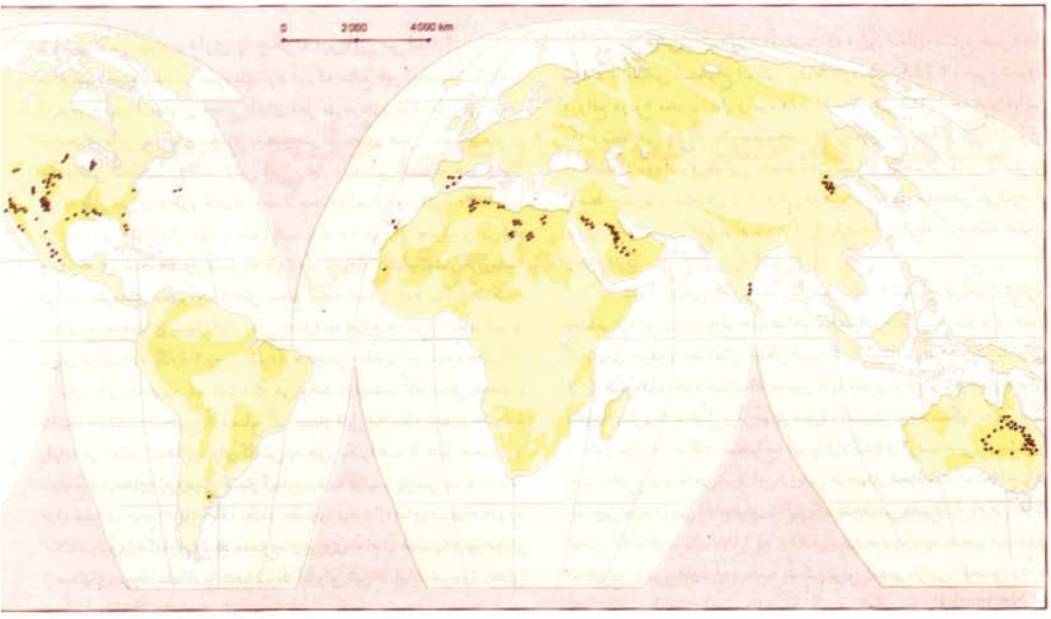
مقادیر تجدید یا احیای مخازن بسیار بزرگ و متعدد آبداربه صورت سفره‌های آزاد یا محصور می‌توانند کمتر از 1×10^{-2} الی 1×10^{-5} میلیون مترمکعب باشد، یعنی آنچه که با دوره‌های تجدید شدن چندین هزار سال تا دهها‌هزارسال مطابقت دارد.

این آرامی درتجدید شدن است که دراین مخازن منابع غیر قابل تجدید با مقیاس استخراج انسانی ارتباط دارد. (به نگارهٔ ۳ رجوع شود). درواقع دونوع مخزن آبدار وجود دارد که منابع غیر قابل تجدید را دراین نگاره نشان می‌دهد. از یک سو مخازن آبدارعمیق حوضه‌های بزرگ رسوبی در تمام مناطق آب و هوایی، با سفرهٔ آب شیرین محبوس قابل دسترس توسط حفاریهای متجاوز از هزار الی دوهزار متر عمق مشخص می‌شود. از سوی دیگر مخازن آبدارتوأم با سفرهٔ آزاد با ضخامت زیاد در منطقهٔ خشک وجود دارد.

شیوهٔ ارزیابی ذخایر آب زیرزمینی قابل استخراج دریک استراتژی «معدنی» با این وجود به‌موجب صاحبان عملیات متفاوت است، و در همان کیفیّتهای حرفه‌ای مطالعاتی ممکن است که با مسئله‌ای مواجه نشوند. یکی از این شیوه‌هابه اقدام استاتیک تخمین لایه معدنی واقع بر ژئومتری ذخایر، داده‌های مربوط به خلُل و فُرجهای «مفید» (نسبت حجم سنگها که می‌تواند به طور مؤثّر در هنگام استخراج، آب را آزاد کند) و فرضیه‌هایی دربیشترین اُفت سطوح مربوط می‌شود. این ارزیابی طرحهای انجام شده استخراج را در نظرنمی‌گیرد. در این نگاه، برای مثال، یک متخصّص مصری به نام م.را.عزّت نیچن؛ (۶)؛ در سال ۱۹۷۷ م، ۶۰۰ میلیارد مترمکعب حجم آب قابل استخراج را در مخازن آبدارماسه سنگی نوبی (مصر و لیبی) تخمین زد؛ به نوبهٔ خود، مطالعات اخیر به وسیلهٔ یک نفر آلمانی به نام H.Nevlund؛ (۹)؛ ذخایر قابل استخراج آبداراصلی عربستان را ۵۵۰ میلیارد مترمکعب برآورد کرده است. در آغاز دههٔ ۸۰-۱۹۷۰ م مطالعه‌ای توسط یونسکو در خصوص مخازن آبداربیابان صحرای شمالی (الجزایر و تونس) انجام گرفت به موجب دومحل انجام عملیات، استخراج حجم ۱۵ یا ۲۳ میلیارد متر



نگارهٔ ۳ (نقشه)، مهمترین نواحی و نیز قسمتهایی که به طور نابرابر مورد بهره‌برداری قرارگرفته‌اندو نیز مناطق اصلی از معادن آب، به عبارت دیگر حوزه‌های اکتشاف آب با شیوهٔ بی‌رویّه و تهی شدن آن را به طور ارادی نشان می‌دهد. این نقشه می‌تواند جغرافیای منابع معدنی را درمیان آنهایی که آب عموماً شامل آنها نمی‌شود راکامل کند.



مکعب آب را برآورد کرده است، که در طی ۳۰ سال (۱۹۷۰ الی ۲۰۰۰ م) میلادی می‌تواند استخراج گردد.

چگونه ذخایر آب را اداره کنیم؟

مدیریت منابع آب غیر تجدید شونده مسائلی را اعمال می‌کند که بیشتر به قسمتی از مسائل مدیریت دیگر ذخایر مواد اولیه معدنی مربوط می‌شوند. یک استاد آمریکایی به نام W.C.Walton؛ (۱۴)؛ در سال ۱۹۷۰ م که یک پایان نامه را هدایت می‌کرد به نکاتی اشاره نمود: «مسئلهٔ مهم توسعه و مدیریت نواحی خشک از اهمیّت زیادی برخورداراست. آب برای استفاده بهینهٔ نسل حاضر با شیوهٔ استخراج معدنی یا دیگر منابع غیرتجدید شونده یا پمپاژ به گونه‌ای که استخراج می‌شود باید تا مقداری که در حدّ تجدید شونده است مورد بهره‌برداری قرار گیرد تابرای همیشه باقی بماند». دیگران نیزدر یک نگاه سودمند در کوتاه مدّت براین اعتقاد هستند که دلیلی وجود ندارد «ثروت آب» را که لایه‌های معدنی اولیه که به موجب معیارهای استفاده‌کنندگان از هنگام استخراج به صورت اقتصادی «قابل وصول» بوده به حال خود بگذاریم. در واقع یک چنین استخراجهایی در کشورهای مختلف موجب توسعه شده‌اند (به جدول ۱ رجوع شود) این مشکل در کشورهای پیشرفته نیز غیر قابل اجتناب است. برای مثال در تگزاس نزدیک به $\frac{1}{4}$ مجموع ذخیرهٔ مخازن آبداردشتهای مرتفع[3] بین سالهای ۱۹۰۰ و ۱۹۸۰ م استخراج شده است و حدود ۶۰ متر از سطح آب پایین رفته است. نزدیک به ۶۰ میلیارد مترمکعب آب (به ویژه در سالهای دههٔ ۱۹۸۰ م) برداشت شده و ذخیرهٔ قابل استخراج باقیمانده به ۲۴۵ میلیارد متر مکعب تا سال ۱۹۹۰ م رسیده، یا ۴۰ سال با آهنگ کنونی؛ (۱۱ و ۱۳)؛ مدیریت ذخایر وابسته به یک چنین استخراجهای معدنی مسائل ویژه‌ای را اعمال می‌کند.

در آغاز استخراجها اغلب به فراوانی صورت گرفته است (کشاورزی، صنعتی ، اجتماعات محلّی). در این میان ایجاد یک موسسه مقتدر جهت مدیریت مورد نظرو با نظم در مورد استخراجهای انفرادی ضروری به‌نظرمی‌رسد. محدود کردن استخراج؛ آیا باید در کوتاه مدّت استفاده از این ذخایر آب میراثی را تشدید کنیم یا این که این منابع ذیقیمت را برای چندین نسل آینده نگاهداری کنیم؟ غیبت یک اقدام جهانی در مورد آب و نیز دیگر مواد اولیه، آیندهٔ بشررا با عدم اطمینان مواجه

می‌کند.

در کشورهای خشک، این مسائل بسیار انتقادی هستند، زیرا بیشترین آبهای مورد استفاده آبهای تجدید ناشونده‌اند: ٪۷۳ در عربستان (سال ۱۹۸۵ م)، ٪۷۱ در لیبی (سال ۱۹۸۵ م)، نزدیک به ٪۵۰ در امارات و قطر (سال ۱۹۸۰ م). استراتژی «ساخت مجدد لایه‌های معدنی» آب یا نفت و دیگر مواد معدنی مشابه را می‌طلبد. باید قسمتی از سودهای عایدی را صرف بررسی معادن برای اکتشاف لایه‌های معدنی جدید کنیم. برای جلوگیری از تهی سازی کامل مخازن آبداربسیار گسترده، باید حوزه استخراجی خود را هر ۳۰-۲۰ سال تغییر دهیم (برای محسوس کردن کامل سفره‌ها در شاخه‌های استخراجی، به قیمت حمل آب به مسافات دور دست). برای مثال، این یک استراتژی بکار رفته درلیبی تا سواحل با توسعه کانالها است: «رودخانه های بزرگ مصنوعی»، یعنی آبی که در ذخایر آب شیرین فسیل بیابان صحرا مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

از AS-Sarir در آغاز از ۵۰۰ کیلومتر آنگاه از Koufra به همین فاصله (۱/۵ تا ۲ میلیارد متر مکعب آب در فاز نهایی در سال » منتقل می‌شود:

۱) متوسّل شدن به منابع جدید برای ذخیره کردن آب (آمایش در چشم اندازهای موجود یا احداث سدها ، برای ایجاد نظم بسیار کامل آبهای سطحی فرعی)؛

۲) انتقال آب به مسافات دور دست، یعنی نواحی که ما زاد آب دارند به نواحی که با کسری آب همراه هستند (شیرین کردن آب دریا ، استفاده مجدد از آبهای مستعمل)؛

۳) با تغییر شکل موارد استفاده و بکاربردن آب در هنگام تقاضاها، یا حتّی با کاهش هدر رفتن، حذف بسیاری از موارد با توسعه صرفه‌جویی درآب و یا بکار بردن مواردی که مؤثرند(به ویژه آبیاری) و با توسعهٔ آبیاری قطره‌ای[4] و نمدار کردن زمین می‌توانند فعالیتهای مصرف کنندگان بزرگ را درنزدیکی نواحی توأم با منابع تجدید شونده موجود به همراه حتّی این موارد با هم ادغام کنند. البته انجام این موارد گران بوده ولی مخازن آب را برای تمام استفاده کنندگان افزایش می‌دهد.

برای مثال، استفاده بیش از حدّ از مخازن آبهای فسیل در عربستان برای تولید محصولات کشاورزی به طور حتم درکوتاه مدّت می‌تواندبه تهی کردن مخازن فوق الذکر منجر گردد.

البته استفاده از منابع آب غیر تجدید شونده هرطور که باشد به سفره‌های بزرگ آبدارمربوط می‌شود که در طی قرن بیستم و نوزدهم به منتهای درجه رسیده است، البته این موارد به عنوان یک لحظهٔ تاریخی در رابطه با در اختیار درآوردن آب توسط انسان محسوب می‌شود.

چند هزار میلیارد متر مکعب آب با شیوه های غیر قابل برگشت از سنگ کره استخراج می‌شود. ولی این حجم آب آن قدر که تصّور می‌شود در آب کره از دست نمی‌رود. درمقابل این آب در چرخش عمومی جوّ وارد می‌شود و برجریان آن به میزان قابل ملاحظه‌ای شدت می‌بخشد. □

پاورقی:

۱) این مقاله توسط ژان مارگات در مجلهٔ پژوهش شمارهٔ ۲۲۱ ماه May سال ۱۹۹۰ م نوشته شده که به وسیله نگارنده ترجمه گردید.

2) Pivot

3) High Plain

4) Micro irriga