فصل چهارم

آب کره (هیدروسفر)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ آب‌کره را شرح دهد.

۲ــ چرخه‌ی آب در طبیعت را توضیح دهد.

۳ــ وضعیت حاکم بر دریاها و اقیانوس‌ها را بیان کند.

۴ــ وضعیت بستر دریاها و اقیانوس‌ها و ذخایر معدنی موجود آن‌ها را تشریح کند.

۵ــ دریاچه‌ها، باتلاق‌ها و مرداب‌ها را شرح دهد.

۶ــ نقش و عملکرد آب‌های جاری را توضیح دهد.

۷ــ یخچال‌های طبیعی را شرح دهد.

آب کره (هیدروسفر[1])

مقدمه

آب در طبیعت به شکل‌های گوناگونی پراکنده شده است. شکل گازی آب همان بخار آب است که هوا آن را در برمی‌گیرد (در مبحث هواکره درباره‌ی آن بحث شد.) آب به دو شکل دیگر یعنی به صورت مایع و جامد نیز در طبیعت وجود دارد در حالت مایع آب بخش بزرگی از سطح زمین را پوشانده است. ۳۶۱ میلیون کیلومتر مربع از وسعت زمین را اقیانوس‌ها و دریاها فراگرفته است. در مقایسه با ۱۴۹ میلیون کیلومتر مربع سطح خشکی‌ها ملاحظه می‌شود که حدود ۷۰/۷۸ درصد یعنی $\frac{۳}{۴}$ سطح کره‌ی زمین را آب پوشانده است. آب موجود در اقیانوس‌ها و دریاهای آزاد ۹۷ درصد «حجم آب کره» را تشکیل می‌دهد و بقیه‌ی آن در داخل خشکی‌ها قرار دارد.

چرخه‌ی آب در طبیعت

مقداری از آب که در سطح زمین وجود دارد در اثر تابش نور خورشید تبخیر می‌شود و به صورت بخار به آتمسفر زمین راه پیدا می‌کند. بخاری که به این ترتیب وارد هوا کره می‌شود، متراکم می‌گردد و سپس ابرها را تشکیل می‌دهد. این ابرها نیز به صورت باران یا برف دوباره به سطح زمین برمی‌گردند. آب حاصل از بارندگی هم در زمین جریان پیدا می‌کند و به صورت جویبارها، رودخانه‌ها و سیلاب‌ها به حرکت درمی‌آید. قسمتی از این آب‌ها در زمین فرو می‌رود و مجدداً به صورت چشمه‌ها یا از طریق چاه‌های آب به سطح زمین راه می‌یابد و بخشی هم به شکل مخازن آب زیرزمینی باقی می‌مانند. آب‌های جاری سطح زمین به دریاچه‌ها، دریاها و سرانجام رودخانه‌ها می‌پیوندند و بار دیگر، آماده‌ی تبخیر و تکرار این چرخه می‌شوند البته باید در نظر داشت مقدار بارندگی و تبخیر در اقیانوس‌ها و دریاها در حدود شش مرتبه بیش‌تر از خشکی‌هاست.

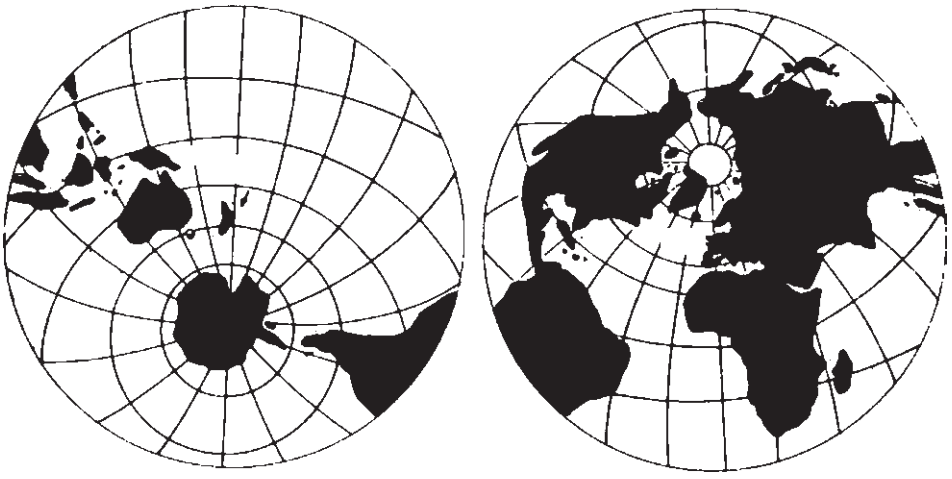
دریاها و اقیانوس‌ها

دریاها و اقیانوس‌ها از نظر زمین‌شناسی از عوامل اصلی و مؤثر در تعدیل آب و هوا و تغییر شکل سطح زمین به شمار می‌آیند. دریاها و اقیانوس‌ها قسمت‌های فرورفته‌ی سطح زمین

شکل ۱ــ۴ــ چرخه‌ی آب در طبیعت

۱ــ Hydrosphere

هستند که آب آن‌ها را پرکرده است و کف آن‌ها مانند سطح خشکی‌ها، فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌های فراوانی دارد. در نیمکره‌ی آبی که در نیمکره‌ی جنوبی زمین قرار دارد ۸۰ درصد مساحت آن را آب فراگرفته است، در حالی که در نیمکره‌ی خشکی بخش اعظم آن را خشکی‌ها تشکیل می‌دهند تفاوتی که بین دریاها و اقیانوس‌ها می‌توان قائل شد آن است که اقیانوس‌ها پهنه‌های وسیع و عمیقی از آب هستند که به طور متوسط عمق آن‌ها به ۳۸۰۰ متر می‌رسد در حالی که دریاها از وسعت و عمق کمتری برخوردارند و از طریق خشکی‌های اطراف خود محصور شده‌اند.



الف ــ مرکز نیمکره‌ی آبی

ب ــ مرکز نیمکره‌ی خشکی اروپای مرکزی است

شکل ۲ــ۴

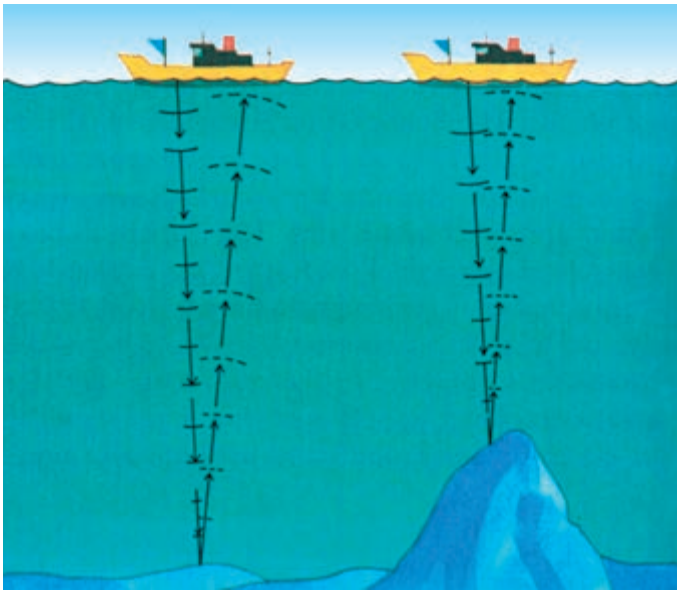
ترکیب آب دریاها و اقیانوس‌ها: اولین موضوعی که توجه انسان را به آب دریاها و اقیانوس‌ها جلب می‌کند مزه‌ی شوری آن‌ها در مقایسه با آب شیرین چشمه‌ها و رودخانه‌هاست. هرگاه یک لیتر از آب دریا بخار شود به طور متوسط ۳۴/۵ گرم نمک از آن باقی می‌ماند. این مقدار البته در نقاط مختلف یکسان نیست، برای مثال در نواحی پر باران یا در مناطق قطبی که ذوب شدن یخ‌ها باعث کم شدن غلظت آب دریا می‌شود شوری آب کم‌تر است، اما در مناطق گرم و خشک به علت کمبود بارندگی و تبخیر زیاد آب دریا، مقدار شوری آب زیادتر می‌شود. برای نمونه، در خلیج فارس مقدار نمک موجود در آب در بعضی از نقاط به بیش‌تر از ۴۰ گرم در لیتر می‌رسد ؛ بنابراین، مقدار نمک محلول در آب اقیانوس‌ها را که برحسب گرم بر کیلوگرم آب بیان می‌شود «درجه‌ی شوری آب» می‌گویند. علاوه بر کلرید سدیم (نمک طعام) که ۷۷/۷ درصد املاح موجود در آب دریا را تشکیل می‌دهد ترکیبات دیگری نیز مانند کلرید منیزیوم، سولفات منیزیوم، سولفات کلسیم، سولفات پتاسیم و کربنات کلسیم، هم‌چنین بسیاری از عناصر دیگر مانند آهن، سیلیسیم، اورانیوم، طلا و نقره در آب دریا وجود دارد. البته مقدار آن‌ها بسیار کم است و فقط با تجزیه‌ی بسیار دقیق می‌توان به وجود آن‌ها پی برد.

مطالعه‌ی آزاد

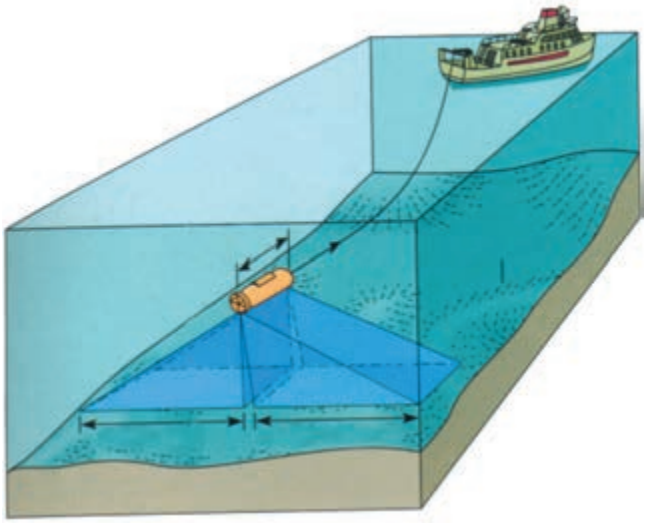
گازهای موجود در آب دریاها و اقیانوس‌ها: تمام گازهای موجود در هوا کره، در آب دریاها و اقیانوس‌ها نیز یافت می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از نیتروژن، اکسیژن و دی‌اکسیدکربن که دو گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن برای زندگی موجودات دریایی بسیار مهم است. توانایی آب در نگه‌داری یون‌های کربنات$^{-2}(CO_3)$ و بی‌کربنات$^{-}(HCO_3)$ که از واکنش بین گاز CO_2 با آب دریا تولید می‌شوند، درخور توجه است؛ از این رو اقیانوس‌ها نسبت به آتمسفر، مقدار بیش‌تری دی‌اکسیدکربن و اکسیژن دارند. دانشمندان هم‌چنین تخمین زده‌اند که مقدار تبادلات گازها بین اقیانوس‌ها و هواکره بیش‌تر از مبادله‌ی گازها بین آتمسفر و جانوران و گیاهان است. در اعماق بعضی از دریاها به جای اکسیژن، تراکمی از گازهای هیدروژن سولفوره مشاهده می‌شود؛ برای مثال، در عمق ۱۵۰ متری دریای سیاه تقریباً اکسیژنی وجود ندارد و به جای آن سولفید هیدروژن موجود است که سبب تراکم این گاز و مواد اُرگانیکی، رسوبات موجود به رنگ سیاه مشاهده می‌گردد.

درجه‌ی حرارت آب دریا: بر اثر تابش نور خورشید آب دریاها گرم می‌شود و بیش‌تر گرمای آن در نزدیکی سطح آب است. در نواحی استوایی این دما تا حدود۳۲+ درجه‌ی سانتی‌گراد، و در نواحی قطبی حدود۳- درجه‌ی سانتی‌گراد است. در عمق بیش‌تر از ۵۰۰ متر دمای آب ثابت و معادل ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد است.

مطالعه‌ی بستر دریاها و اقیانوس‌ها: بستر دریاها و اقیانوس‌ها نیز همانند سطح زمین دارای پستی و بلندی‌های فراوانی بوده از کوه‌ها، دره‌ها، پهنه‌های وسیع و مسطحی تشکیل شده که روی آن‌ها را آب فراگرفته است. امروزه اقیانوس شناسانی که مشغول مطالعه‌ی عوارض بستر اقیانوس‌ها هستند نقشه‌ی کامل این مناطق را تهیه کرده‌اند.



شکل ۳ــ۴ــ الف ــ اندازه‌گیری و ثبت آب عمق اقیانوس‌ها



ب ــ نقشه‌برداری عوارض کف دریاها و اقیانوس‌ها

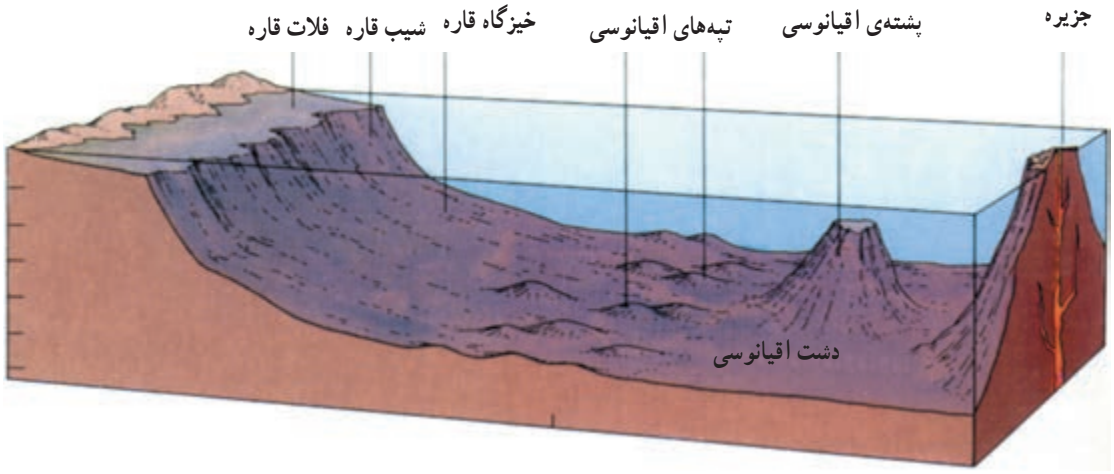
از لحاظ شکل شناسی کرانه‌ها و اعماق اقیانوس‌ها مناطق مختلفی وجود دارند که مهم‌ترین آن‌ها در این‌جا شرح داده می‌شود.

۱ــ *فلات قاره (سکوی قارّه‌ای)*[1]: فلات قاره سطحی است که با شیب ملایم در آب فرو رفته از کنار آب تا حوضه‌ی عمیق‌تری تا حداکثر ۲۰۰ متر را شامل می‌شود. میزان این شیب کم‌تر از یک دهم درجه است از این رو، افقی به نظر می‌رسد. عرض فلات قاره بسیار متفاوت و میانگین آن حدود ۸۰ کیلومتر است، اما گاه این امکان وجود دارد که تا بیش از ۱۵۰۰ کیلومتر در دریا پیش رفته باشد. سکوی قاره‌ای از نظر زمین‌شناسی جزء قاره‌ها به شمار می‌رود.

۲ــ *شیب قاره*[2]: در انتهای فلات قاره، شیب قاره قرار دارد که از شیب و عمق بیش‌تری برخوردار است. عمق منطقه‌ی شیب قاره‌ای بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر است. شیب قاره حد دقیق حاشیه‌ی قاره را مشخص می‌کند.

۳ــ *خیزگاه قاره*[3]: خیزگاه قاره، محدوده‌ی اتصال بین شیب قاره‌ای و حوضه‌ی عمیق اقیانوس است که حجم ضخیمی از رسوبات را دربر می‌گیرد.

۴ــ *دشت عمیق اقیانوسی*: پهنه‌ی نسبتاً مسطح کف اقیانوس را «دشت عمیق اقیانوسی» گویند.



شکل ۴ــ۴ــ توپوگرافی بستر دریاها و اقیانوس‌ها

۵ــ *پشته‌های اقیانوسی*[4]: برآمدگی کف اقیانوس که از رشته کوه‌های زیردریایی تشکیل شده و هزاران کیلومتر طول آن‌هاست پشته‌های اقیانوسی نام دارد.

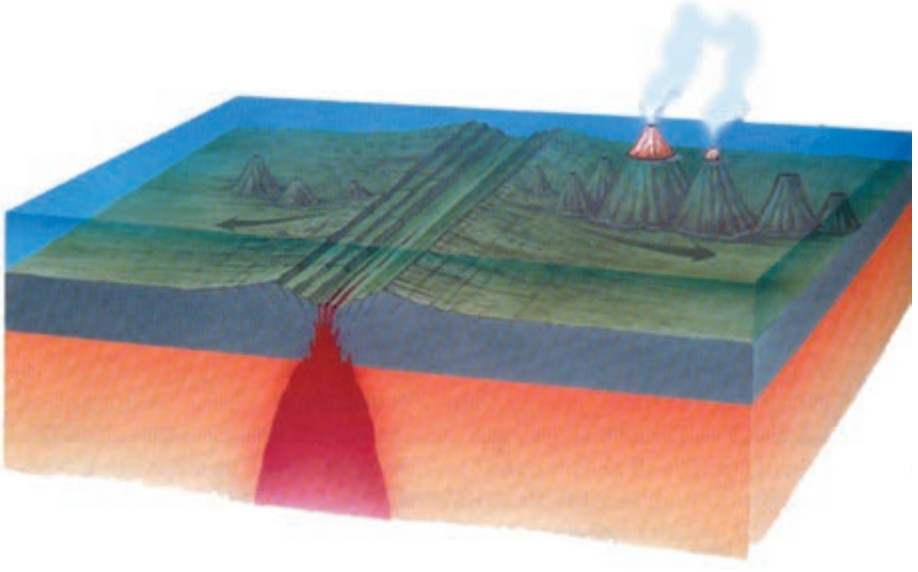
۶ــ *درازگودال‌های ژرف اقیانوسی*: شیارهای طویل و نسبتاً باریک، نمایانگر عمیق‌ترین مناطق اقیانوس هستند و از عوارض مهم زمین‌شناسی به شمار می‌روند، زیرا از آن‌جا صفحات پوسته به داخل گوشته‌ی زمین، فرو رفته از میان می‌روند.

۷ــ *کوه‌های زیردریایی*[5]: در زیر دریاها و اقیانوس‌ها کوه‌های زیردریایی مربوط به پشته‌های اقیانوسی وجود دارد که اغلب مخروطی شکل هستند و بر اثر فعالیت‌های آتش‌فشانی زیردریایی تشکیل شده‌اند. برخی از آتش‌فشان‌های زیردریایی گاهی بر اثر فوران خود موجب می‌شوند جزایر آتش‌فشانی متعدد سر از آب بیرون آورند ؛ برای نمونه، آتش‌فشان «سارتسی[6]» که در چهاردهم نوامبر ۱۹۶۳ در جنوب غربی ایسلند شروع به فوران

۱ــ Shelf Continental
۲ــ Continental Stope
۳ــ Continental Rise
۴ــ Deep Ocean trenches
۵ــ Sea Mounts
۶ــ Surtdey

کرد و دو سال بعد جزیره‌ای به مساحت حدود ۱/۵ کیلومتر مربع و به ارتفاع ۱۵۰ متر در محل آن به وجود آورد.

شکل ۵ــ۴ ــ آتشفشان سارتسی که در چهاردهم نوامبر ۱۹۶۳ در جنوب غربی ایسلند شروع به فوران کرد و دو سال بعد به جزیره‌ای به مساحت یک مایل مربع و ارتفاع ۵۰۰ پا به پوششی گیاهی تبدیل شد.



شکل ۶ــ۴ــ آتشفشان زیردریایی

ذخایر و منابع زیرزمینی بستر دریاها و اقیانوس‌ها: امروزه با توجه به دانش بشر در زمینه‌ی فن‌آوری‌های جدید و پیش‌رفته، و از طریق ماهواره‌ها و نظایر آن، ذخایر عظیمی از کانسارهای مختلف و منابع نفت و گاز در بستر دریاها و اقیانوس‌ها شناسایی شده‌اند. به سبب مشکلات استخراج، از منابع معدنی فلزاتی نظیر قلع، منگنز، کبالت و نیکل در زیر دریاها تاکنون

بهره‌برداری چندانی صورت نگرفته اما برای استخراج نفت و گاز، به ویژه در مناطق فلات قاره و تا عمق ۲۰۰ متری، فعالیت‌های بسیاری انجام شده است و از طریق حفاری‌ها و لوله‌کشی، نفت و گاز به سطح زمین هدایت می‌شود. گستردگی این عملیات به گونه‌ای است که امروزه در حدود ۲۰ درصد نفت خام جهان از چاه‌های حفر شده در زیر اقیانوس‌ها و دریاها به دست می‌آید.

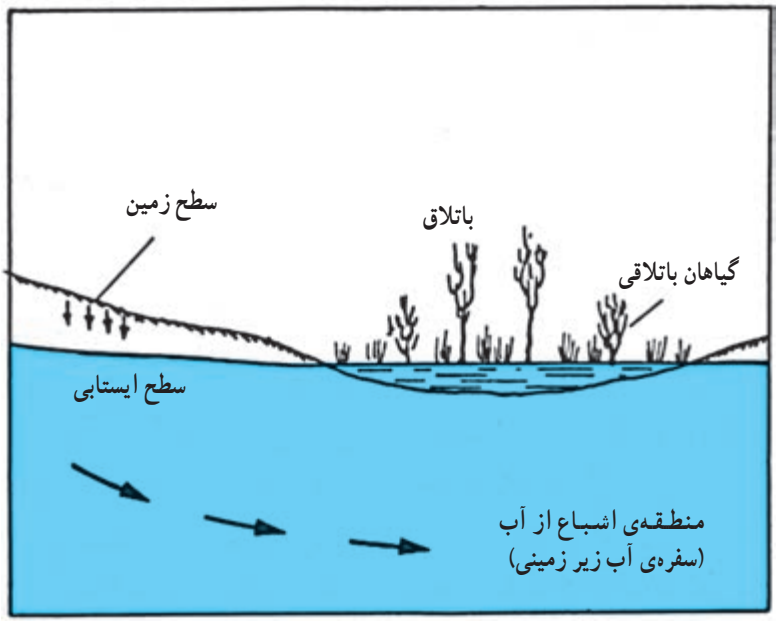
شکل ۷ــ۴ــ یک سکوی چاه نفت دریایی

دریاچه‌ها

دریاچه‌ها حجم بزرگی از آب‌های سطح زمین هستند که درون گودال‌ها و فرورفتگی‌های درون خشکی‌ها را پرکرده‌اند و به راه‌های آزاد هم راه ندارند. آب بسیاری از دریاچه‌ها از طریق بارندگی یا جریان آب رودخانه‌ها تأمین می‌شود، اما برخی از دریاچه‌ها نیز در واقع دریاهای قدیمی خشک شده‌ای هستند که امروزه قسمتی از آن‌ها باقی مانده و بیش‌تر آب آن‌ها تبخیر شده است. بقای دریاچه تا زمانی ادامه می‌یابد که میزان آب‌های ورودی به آن‌ها از طریق رودخانه‌ها، بارندگی و آب‌های زیرزمینی به اندازه‌ای باشد که تبخیر و خروج آب از رودخانه را جبران کند. دریاچه‌ها برخلاف دریاها و اقیانوس‌ها از نظر زمین‌شناسی از پدیده‌های موقتی محسوب می‌شوند، چون به تدریج آب خود را از دست داده خشک می‌شوند. دریاچه‌ها با وسعتی معادل ۲/۵ میلیون کیلومتر مربع در حدود ۱/۸ درصد سطح زمین را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی در معتدل کردن آب و هوا ایفا می‌کنند.

باتلاق‌ها

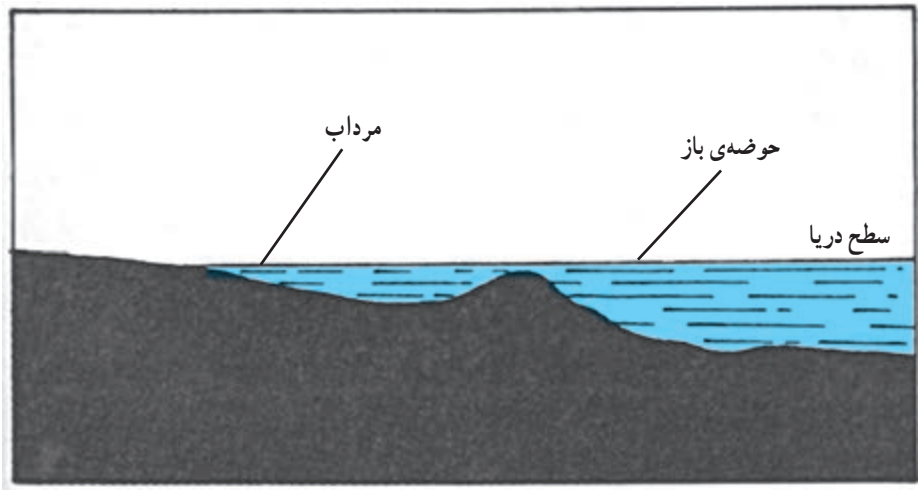
باتلاق‌ها بخش‌های کم عمق و بسیار مرطوب زمین هستند که به وسیله‌ی گیاهان در حال فساد و تجزیه پر شده‌اند. تشکیل باتلاق‌ها در تمام نقاطی که زمینه‌ی مرطوب شدن بیش از حد خاک باشد امکان‌پذیر است. در محل‌هایی که سطح ایستابی در سطح زمین یا خیلی نزدیک به آن، باشد پیدایش باتلاق فراهم می‌شود.



شکل ۸ــ۴ــ باتلاق

مرداب‌ها[1]

توده‌های کم عمقی از آب دریا هستند که بنا به عللی همچون تشکیل زبانه‌های ماسه‌ای طویل از طریق یک سد زیر آبی از دریای اصلی جدا شده‌اند. اغلب مرداب‌ها تقریباً به موازات ساحل امتداد دارند و آب آن‌ها ممکن است ساکن باشد. آب مرداب‌ها از طریق مد آب دریا یا رودخانه‌های اطراف تأمین می‌شود.



شکل ۹ــ۴ــ مرداب

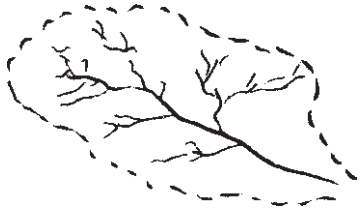
۱ــ Lagon

آب‌های جاری

آب‌های جاری بیش‌ترین تأثیر را بر زندگی انسان دارد، زیرا از ابتدای پیدایش تمدن بشر، موجب پیشرفت و رفاه مردم شده است. تمدن‌های باستانی، اغلب در کنار رودخانه‌های بزرگ شکل پیدا کرده است. انسان برای بسیاری از مقاصد خود مانند کشتی‌رانی، آبیاری مزارع، ماهی‌گیری، تأمین آب مصرفی و تهیه‌ی انرژی به آب‌های جاری نیازمند است. عاملی که سبب جریان آب در طبیعت می‌شود نیروی جاذبه‌ی زمین و اختلاف ارتفاع نقاط مختلف آن است. به همین سبب، آب‌های جاری ابتدا از آب‌راهه‌های کوچک سرازیر می‌شوند و پس از پیوستن به یکدیگر به تدریج جویبارها و رودها را تشکیل می‌دهند.

رواناب سطحی: پس از بارندگی قسمتی از آب باران در زمین فرو می‌رود، اما بخشی از آن در سطح زمین ــ از سمت نقاط مرتفع‌تر به طرف نقاط پست‌تر ــ جریان می‌یابد که به آن «رواناب سطحی» می‌گویند. هر چه شیب زمین بیش‌تر باشد رواناب بیش‌تری در زمین جاری می‌شود، زیرا امکان نفوذ آب باران به داخل زمین فراهم نمی‌آید، اما برعکس هرگاه شیب زمین اندک باشد یا خاک، تراکم کم‌تری داشته باشد، هم‌چنین در زمین شنی که آب بیش‌تری در آن فرو می‌رود رواناب کم‌تری تشکیل می‌گردد. بارش باران روی زمین‌های سفت و سطوح نفوذناپذیر، مانند سطح شهرها، موجب جاری شدن رواناب زیادتری می‌شود. رواناب سطحی موجب پیدایش جویبارها، رودخانه‌ها و سیلاب‌ها می‌شود و عامل مهمی در فرسایش سطح زمین به شمار می‌آید.

حوضه‌ی آب‌ریز: حوضه‌ی آب‌ریز، منطقه‌ای است که از طریق یک رودخانه و تمام شعبات گوناگون آن، اعم از آب‌راهه، جویبار و رودهای کوچک، به صورت یک مجموعه زه‌کشی می‌شود؛ یعنی آب‌های حاصل از بارندگی آن تخلیه می‌گردد. حوضه‌ی آب‌ریز معمولاً به شکل تنه‌ی درخت و شاخه‌های آن است.



شکل ۱۰ــ۴ــ حوضه‌ی آب‌ریز

خط تقسیم: به خطی فرضی که دو حوضه‌ی آب‌ریز مجاور را از یک‌دیگر جدا می‌کند «خط تقسیم» می‌گویند. در شکل خط تقسیم آب به صورت خط چین نمایش داده شده است.

سیلاب: سیلاب‌ها آب‌های روانی هستند که بر اثر بارندگی شدید یا ذوب یخ‌ها و برف‌ها از ارتفاعات بر روی دامنه‌های پرشیب سرازیر می‌شوند، زیرا امکان فرورفتن یا تبخیر آب در آن‌ها وجود ندارد. سیلاب‌ها به سمت نواحی کم ارتفاع و پست حرکت کرده تمام مجرایی را که در آن روان است معمولاً پر می‌کند و سرعت و مقدار آب آن در مراحل اولیه زیاد است؛ از این رو، با قدرت تخریبی بالا قطعات بزرگ سنگ را از جا کنده هرچه در مسیر آن باشد با خود می‌غلتاند و حمل می‌کند. سیلاب و طغیان رودخانه‌ها

شکل ۱۱ــ۴ــ سیلاب

در بسیاری مواقع باعث تلفات جانی و خسارات مالی فراوان می‌شود.

سیلاب‌ها هرگاه به جریان رودها می‌پیوندند باعث می‌شوند که رودخانه بسیار پر آب شود و از بستر خود خارج گردد و در نتیجه، آب زمین‌های اطراف را در بر بگیرد. این حالت را «طغیان آب رودخانه» می‌گویند.

رودخانه‌ها

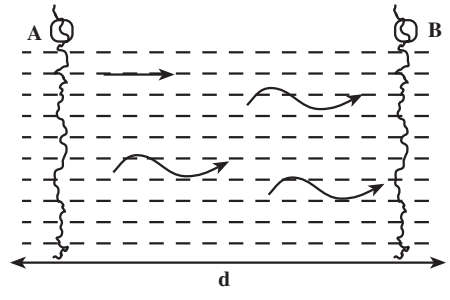
سرعت جریان رودخانه‌ها: آب‌های روان به هم پیوسته‌ای که سرانجام در داخل رودخانه‌ها جریان پیدا می‌کنند تحت تأثیر نیروی جاذبه و شیب مسیر به طرف دریاها رهسپار می‌شوند. مدت زمانی که طول می‌کشد تا آب رودخانه به دریا برسد به سرعت رود بستگی دارد. سرعت آب رودخانه‌ها با یک‌دیگر متفاوت است و در بعضی از آن‌ها بیش‌تر یا کم‌تر است. سرعت آب رودخانه در ایستگاه‌هایی که در آن مقیاس اندازه‌گیری نصب شده سنجیده می‌شود و پس از چند اندازه‌گیری در طول رودخانه میانگین آن را محاسبه می‌کنند. سرعت آب در سطح وسط آب بیش‌تر و در کف و دیواره‌ها به علّت اصطکاک کم‌تر است.

اندازه‌گیری سرعت جریان آب رودخانه: سرعت آب، یعنی فاصله‌ای که هر ذرّه‌ی آب در واحد زمان طی می‌کند، در کف و دیواره‌ی اطراف رودخانه کم‌تر است؛ به همین دلیل، سرعت متوسط آب رودخانه را با محاسبات خاص منظور می‌کنند. برای این کار، در نقطه‌ای مانند A یک جسم شناور را درون آب می‌اندازند و با کرونومتر زمان (t) رسیدن آن را به نقطه‌ی B با فاصله‌ی معین d از نقطه‌ی A اندازه می‌گیرند. در این‌جا سرعت سطحی آب را می‌توان با استفاده از فرمول حرکت یک‌نواخت محاسبه کرد. $d = V.t$

d : فاصله‌ی معین در مسیر رودخانه.

V : سرعت سطحی آب.

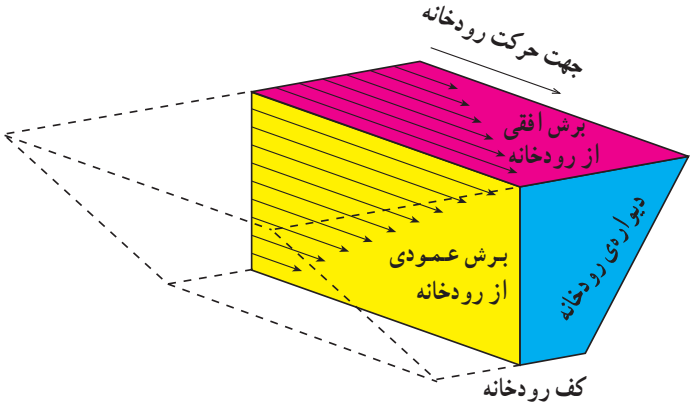
t : زمان رسیدن جسم شناور از A به B.



شکل ۱۲ــ۴

V_m سرعت متوسط $\quad V_m = K.V \quad K = ۰/۸$

$V_m = ۰/۸V$



مقطع جریان آب رودخانه (فلش‌ها جهت و سرعت جریان آب را نشان می‌دهند.)

شکل ۱۳ــ۴ــ جریان آب رودخانه

$$V = \frac{d}{t}$$

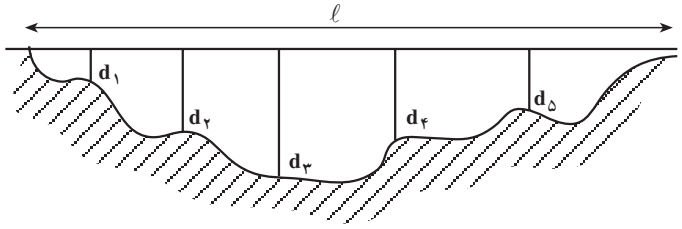
اندازه‌گیری سطح مقطع متوسط رودخانه: برای اندازه‌گیری سطح مقطع متوسط رودخانه ابتدا لازم است که عرض رودخانه را در امتداد مشخصی عمود بر جریان آب اندازه بگیریم؛ سپس آن را در عمق متوسط رودخانه ضرب کنیم.

عمق متوسط به این ترتیب به دست می‌آید که به وسیله‌ی یک میله‌ی مدرّج، میانگین عمق چند نقطه از امتداد عرض رودخانه را نیز تعیین کنیم: $d_m = \frac{d_۱ + d_۲ + d_۳ + d_۴ + d_۵}{۵}$

هر چه تعداد اندازه‌گیری‌ها بیش‌تر باشد عمق متوسط دقیق‌تر به دست می‌آید:

عرض رودخانه × عمق متوسط = سطح مقطع متوسط

$S_m = d_m \times L$



شکل ۱۴ــ۴

آب‌گذری یا دبی رودخانه: آب‌گذری یا دبی رودخانه عبارت است از مقدار آبی که در واحد زمان از نقطه‌ی مشخصی عبور می‌کند و مقدار آن در طول سال نیز متفاوت است.

آب‌گذری رودخانه از حاصل‌ضرب سطح مقطع متوسط در سرعت آب محاسبه می‌شود. $Q = S_m \times V_m$

مثال: هرگاه عرض رودخانه‌ای ۱۲ متر، عمق متوسط ۵ متر و سرعت آب در آن ۳۰ متر در ثانیه باشد، دبی آب چند مترمکعب در ثانیه است :

$V_m = V \times K = ۳۰ \times ۰/۸ = ۲۴$ متر

$S_m = ۱۲ \times ۵ = ۶۰$

$Q = V_m \times S_m = ۶۰ \times ۲۴ = ۱۴۴۰$ مترمکعب در ثانیه

یخچال‌های طبیعی

این یخچال‌ها توده‌های عظیمی از برف و یخ هستند که در مناطق سرد و یخبندان که میزان ریزش برف در آن‌ها بیش‌تر از مقدار ذوب و تبخیر آن است به وجود می‌آیند. در این مناطق ضخامت برف گاهی به صدها متر می‌رسد. انباشته شدن و تراکم تدریجی برف‌ها، هم‌چنین نفوذ آب حاصل از ذوب برف‌های سطحی به داخل برف‌های زیرین موجب می‌شود که پس از مدتی برف فشرده و یخ مانندی به نام «یخ برف»[1] تشکیل شود. یخ برف به مقدار زیاد بر روی دامنه‌ی کوه‌ها و دره‌ها مجتمع و متراکم می‌شود و به طور دایم و به آهستگی به طرف پایین می‌لغزد. دانه‌های کوچک یخ به نوبه‌ی خود به یک‌دیگر می‌چسبد و تشکیل دانه‌های بزرگ‌تر می‌دهد. یخچال‌ها در حدود ۱۰ درصد سطح خشکی‌های زمین یعنی ۱۶ میلیون کیلومترمربع هستند و بزرگ‌ترین ذخیره‌ی آب شیرین به شمار می‌آیند. یخچال‌ها در واقع، بخش جامد آب‌کره‌ی زمین هستند و ضخامت یخ آن‌ها در بعضی نقاط، مانند قطب جنوب، به بیش از ۳۰۰۰ متر می‌رسد.

شکل ۱۵ــ۴ــ تصویری از یک یخچال طبیعی

۱ــ NéVé

خودآزمایی

۱ــ چرخه‌ی آب در طبیعت را شرح دهید. در صورت نبودن کدام عامل خارجی در کره‌ی زمین، این گردش آب صورت نمی‌گیرد؟

۲ــ نیمکره‌های آبی و خشکی را با یکدیگر مقایسه کنید.

۳ــ املاح مهم آب دریا را نام ببرید و توضیح دهید که چرا عناصر گران‌بها و باارزشی همچون اورانیوم، طلا و نقره که در آب دریاها و اقیانوس‌ها وجود دارند، استخراج نمی‌شوند؟

۴ــ به چه دلیل می‌گویند که در آب دریاها و اقیانوس‌ها نسبت به آتمسفر زمین مقدار بیش‌تری دی‌اکسید کربن و اکسیژن وجود دارد؟ آیا در اعماق دریای سیاه نیز این وضعیت وجود دارد؟

۵ــ با رسم شکل،عوارض مختلف در بستر اقیانوس‌ها را نشان دهید.

۶ــ ذخایر معدنی و نفتی موجود در بستر دریاها تاکنون چگونه و به چه میزان بهره‌برداری شده‌اند؟

۷ــ دریاچه با دریا چه تفاوت‌های عمده‌ای دارد؟

۸ــ برای تشکیل باتلاق و مرداب چه وضعیتی باید فراهم باشد؟ با رسم شکل توضیح دهید.

۹ــ چه عواملی باعث می‌شوند میزان رواناب سطحی کم‌تر یا زیادتر شود؟

۱۰ــ جریان سیلاب با جریان آب رودخانه چه تفاوت‌هایی دارد؟

۱۱ــ برای این که دبی آب رودخانه‌ای را اندازه‌گیری کنیم چگونه باید عمل کرد؟

۱۲ــ برای تشکیل یخچال‌های طبیعی چه وضعیتی باید فراهم باشد؟ این وضعیت در چه مناطقی فراهم است؟

فصل پنجم

آب‌های زیرزمینی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ آب‌های زیرزمینی را شرح دهد.

۲ــ منشأ آب‌های زیرزمینی را بیان کند.

۳ــ چگونگی تجمع آب در زیرزمین را شرح دهد.

۴ــ نفوذپذیری سنگ‌ها را بیان کند.

۵ــ تخلخل سنگ‌ها و خاک‌ها را محاسبه نماید.

۶ــ سطح ایستابی را توضیح دهد.

۷ــ مخازن آب‌های زیرزمینی و انواع سفره‌های آب‌دار را شرح دهد.

۸ــ حرکت آب‌های زیرزمینی را تشریح نماید.

۹ــ روش‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و نحوه‌ی راه‌یابی مجدد این آب‌ها به سطح زمین را بازگو کند.

آب‌های زیرزمینی

مقدمه

هنگامی که باران می‌بارد مقدار بسیاری از آن به داخل زمین فرو می‌رود که پس از جمع شدن در یک محل، منبع اصلی آب‌های زیرزمینی را تشکیل می‌دهد. آب‌های زیرزمینی بزرگ‌ترین منبع آب‌های شیرین بشر است و از این نظر اهمیت فراوانی دارد. امروزه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی برای مصارف مختلف کشاورزی، صنعت و آشامیدن در سطح گسترده‌ای از جهان توسعه یافته است. استفاده از آب‌های زیرزمینی به روش حفر قنات از ابداعات ایرانیان باستان است که در عصر خود از شاه‌کارهای مهندسی جهان به شمار می‌رفته است، زیرا آن‌ها با حفر قنات و انتقال آب به سطح زمین، مناطق خشک را به شهرها و روستاهای آباد تبدیل نمودند.

منشأ آب‌های زیرزمینی

بارش برف و باران منشأ اصلی آب‌های زیر زمینی است که مقدار نفوذ آن‌ها به داخل زمین به عوامل مختلفی از جمله شیب، جنس زمین، وجود پوشش گیاهی و نظایر آن بستگی دارد. بخش دیگری از آب‌های زیرزمینی منشأ داخلی دارند ؛ برای مثال، در نواحی آتش‌فشانی، آب‌های زیرزمینی از سرد شدن بخار آب ماگما پدید می‌آیند. این آب‌ها غالباً حاوی مقدار زیادی املاح و مواد معدنی هستند. گاهی نیز آب دریا هم‌زمان با عمل رسوب‌گذاری در منافذ و لابه‌لای مواد رسوبی محبوس می‌شود. این قبیل آب‌های شور در بسیاری از منابع نفتی و همراه آن یافت می‌شوند. آب‌هایی که منشأ آن‌ها از داخل زمین است، چون وارد چرخه‌ی آب در طبیعت نشده‌اند، از کیفیت خوبی برخوردار نیستند.

چگونگی تجمع آب در زیرزمین

آب‌های سطحی بر اثر نیروی ثقل به داخل زمین نفوذ می‌کنند و فضای بین خلل و فرج سنگ‌ها را پر می‌کنند. این خلل و فرج، اغلب کوچک و در ارتباط با هم هستند. این آب‌ها آن‌قدر در داخل زمین فرو می‌روند تا به یک لایه‌ی نفوذناپذیر برسند و پس از پر کردن تمام فضاهای خالی اطراف خود در آن‌جا جمع شوند. گاهی نیز ممکن است آب‌های فرورو در غارهای آهکی زیرزمین جمع شوند.

نفوذپذیری سنگ‌ها[1]

اصولاً وجود منابع آب‌های زیرزمینی در یک ناحیه به نفوذپذیری زمین‌های آن ناحیه بستگی دارد. زمین‌های شنی و آبرفتی بسیار نفوذپذیر هستند و آب به راحتی از آن‌ها عبور می‌کند، اما زمین‌هایی که از سنگ‌های متراکم آذرین، رسوبی و دگرگونی تشکیل شده باشند نفوذناپذیر هستند.

«نفوذپذیری» عبارت است از توانایی سنگ در انتقال آب یا مایعات دیگر که به تخلخل[2] سنگ و بزرگی فضاهای بین ذرات آن بستگی دارد.

«تخلخل» نیز عبارت است از درصد فضای خالی سنگ نسبت به کل حجم آن از لحاظ نحوه‌ی تشکیل تخلخل در سنگ، آن را به دو نوع «تخلخل اولیه» و «تخلخل ثانویه» تقسیم می‌کنند. تخلخل اولیه به طور هم زمان با تشکیل سنگ در آن به وجود می‌آید ؛ مانند تخلخل سنگ پا. اما تخلخل ثانویه شامل درزها، شکاف‌ها و شکستگی‌هایی است که پس از تشکیل سنگ در آن پدیدار می‌شود. اگر در سنگی که تخلخل زیاد دارد منافذ سنگ به هم راه نداشته باشند چنین سنگی نفوذناپذیر خواهد بود ؛ مانند رس‌ها که دارای تخلخلی در حدود ۵۰ درصد هستند. رس‌ها به علت ساختمان خاص خود که از فلس‌های بسیار ریز کانی‌های رسی تشکیل شده تقریباً نفوذناپذیر بوده، اما رسوبات شن و ماسه‌ای به دلیل تخلخل کم‌تر بسیار نفوذپذیر هستند.

محاسبه‌ی تخلخل سنگ‌ها و خاک‌ها

همانگونه که بیان شد تخلخل عبارت است از حجم فضای

۱ــ Permeability of Rocks

۲ــ Prosity

خالی سنگ و خاک یا آبرفت به حجم کلی آن. اگر حجم فضای خالی را که با آب پر می‌شود V_W و حجم کل را با V نمایش دهیم می‌توان تخلخل کل را با رابطه‌ی $P = \frac{V_W}{V} \times ۱۰۰$ نشان داد.

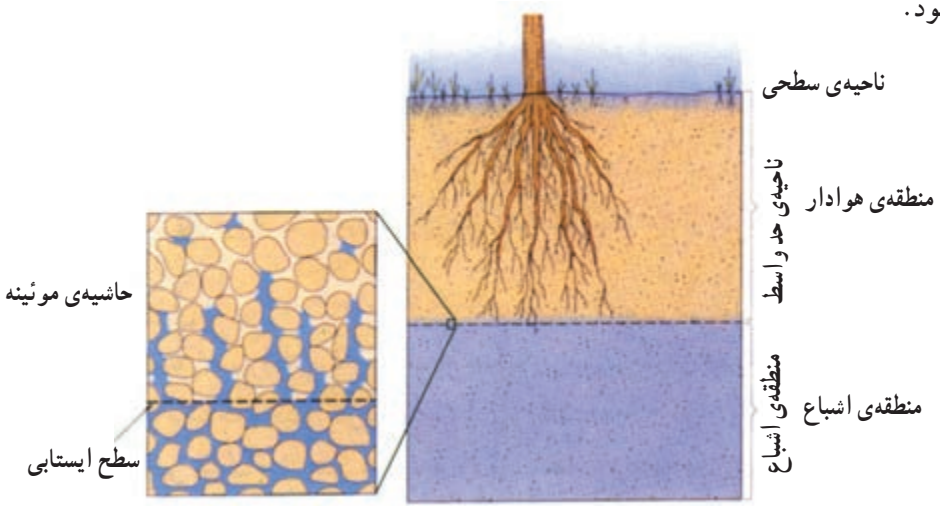
تخلخل را با درصد بیان می‌کنند. اگر در یک متر مکعب ماسه ۰/۳ متر مکعب آب در میان ذرات آن جای گیرد می‌گویند درجه‌ی تخلخل آن ۳۰ درصد است، یعنی ۰/۳ از حجم ماسه را فضای خالی اشغال می‌کند. میزان تخلخل در سنگ‌ها و رسوبات مختلف متفاوت است و از نزدیک صفر تا بیش از ۵۰ درصد تغییر می‌کند. هرگاه تخلخل بیش‌تر از ۲۰ درصد باشد میزان تخلخل «زیاد»، اگر بین ۵ تا ۲۰ درصد باشد «متوسط» و چنان‌چه کم‌تر از ۵درصد باشد میزان تخلخل «کم» محسوب می‌شود.

درصد تخلخل بعضی سنگ‌ها و رسوبات

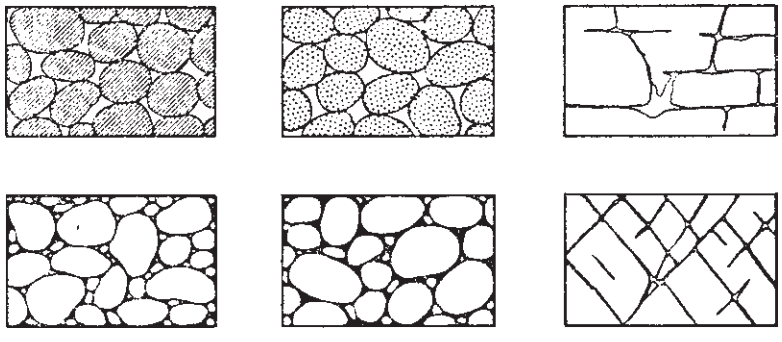
ماده/ سنگ	تخلخل٪
خاک	۶۰ـ۵۰
رس	۵۵ـ۴۵
لای	۵۰ ـ ۴۰
گراول	۴۰ـ۳۰
ماسه سنگ	۲۰ـ۱۰
شیل	۱۰ـ۱
آهک	۱۰ـ۱

سطح ایستابی[1]

سطحی را که آب در زیر زمین در امتداد آن می‌ایستد «سطح ایستابی» می‌گویند. در زیر این سطح تمام فضاهای موجود در سنگ که به هم راه داشته باشند پر از آب است و به همین علت آن را منطقه‌ی اشباع[2] می‌نامند ؛ یعنی، از آب سیر شده است. همین منطقه است که منابع آب‌های زیرزمینی را در هر ناحیه تشکیل می‌دهد. بالای سطح ایستابی که تا سطح زمین امتداد پیدا می‌کند منطقه‌ی غیر اشباع یا منطقه‌ی هوادار[3] نام دارد و خلل و فرج آن با هوا پر شده است.



شکل ۲ـ۵ـ مناطق اشباع و غیراشباع



شکل ۱ـ۵ـ چند نوع تخلخل در سنگ‌ها

۱ـ Water table ۲ـ Zone of Saturation ۳ـ Aeration Zone

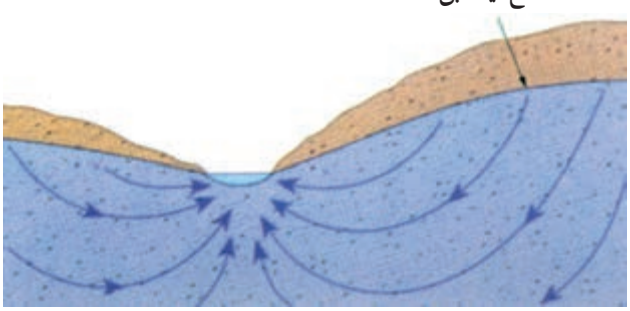
منطقه‌ی غیراشباع یا هوادار نیز به سه ناحیه‌ی کوچک‌تر تقسیم می‌شود.

۱ــ ناحیه‌ی سطحی: این ناحیه بلافاصله در زیر زمین قرار گرفته آب لازم را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد.

۲ــ ناحیه‌ی حد واسط: در زیر ناحیه‌ی سطحی قرار دارد و آب در آن به علت جاذبه‌های مولکولی به صورت معلق است و ریشه‌ی گیاهان نمی‌توانند از آن استفاده کنند.

۳ــ ناحیه‌ی موسوم به «حاشیه‌ی موئینه»: این ناحیه بین نواحی حدواسط و منطقه‌ی اشباع قرار دارد و آب، تحت خاصیت نیروی موئینه از خلال مجاری نازک موجود در سنگ‌ها و خاک‌ها به طرف بالا کشیده می‌شود. هر چه منافذ باریک‌تر باشد آب بیش‌تر به طرف بالا خواهد آمد.

سطح ایستابی به ندرت در فاصله‌ی ثابتی از سطح زمین باقی می‌ماند، بلکه همیشه بالا و پایین می‌رود. از طرف دیگر این سطح، سطحی افقی نبوده شکل سطح زمین به خود می‌گیرد. معمولاً سطح ایستابی در نقاط مرتفع و دامنه‌ی کوه‌ها در عمق بیش‌تر و در دره‌ها و نقاط پست در عمق کم‌تر قرار دارد.



شکل ۳ــ۵ــ سطح ایستابی

مخازن آب‌های زیرزمینی

با وجود آن‌که در بسیاری از نقاط جهان آب آشامیدنی و کشاورزی از آب‌های سطح زمین، مانند رودخانه‌ها تأمین می‌شود، آب‌های زیرزمینی در بسیاری از مناطق دنیا از منابع مهم آبی به‌شمار می‌رود و از ارزش فراوانی برخوردار است. در سرزمین‌هایی که انسان به آب‌های جاری سطحی دسترسی ندارد ناگزیر از مخازن آب‌های زیرزمینی استفاده می‌کند و به روش‌های مختلف آن را به سطح زمین منتقل نموده از آن بهره‌برداری می‌کند. این منابع دارای گسترش وسیعی هستند و از طریق نفوذ آب‌های سطحی به طور طبیعی تغذیه می‌شوند و تخلیه‌ی این آب‌ها نیز در نتیجه‌ی نیروی ثقل و راه‌یابی به سطح زمین یا پمپاژ از طریق چاه‌ها صورت می‌گیرد. عموماً مقدار آبی که به طور سالیانه به این مخازن وارد می‌شود و یا از آن‌ها خارج می‌گردد درصد ناچیزی از ذخیره‌ی اصلی آن‌ها را تشکیل می‌دهد. حجم آب‌های زیرزمینی قابل استفاده حدود ۰/۳ درصد آب‌کره را تشکیل می‌دهد، اما همین مقدار تقریباً معادل ۳۵ سال بارندگی در سطح قاره‌های زمین است با این فرض که تمام باران به داخل زمین فرو برود.

سفره‌های آب زیرزمینی (آکیفر[۱])

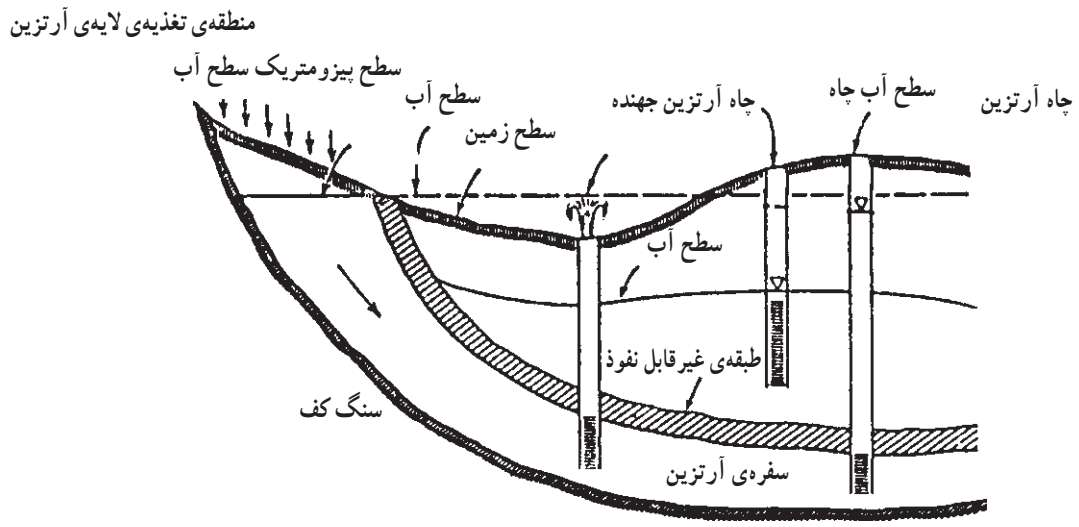
سفره‌ی آب عبارت است از قسمت‌های متخلخل و نفوذپذیر زمین که آب در داخل آن قادر به تجمع است و هم آن که در درون آن حرکت می‌کند و جابه‌جا می‌شود. به سفره‌ی آب، «آب‌خیز» یا «آب‌خوان» نیز گفته می‌شود. رسوبات سخت نشده‌ی ماسه، شن، ریگ و نظایر آن معمولاً از لحاظ تشکیل آب‌خوان مناسب هستند. سفره‌های آب زیرزمینی را برحسب وجود یا عدم وجود سطح ایستابی به دو نوع «سفره‌های آزاد[۲]» و «سفره‌های تحت فشار[۳]» تقسیم می‌کنند.

سفره‌های آزاد: در این نوع سفره‌های آب زیرزمینی، سطح ایستابی بالاترین سطح منطقه‌ی اشباع را تشکیل می‌دهد. اگر در یک سفره‌ی آب‌دار آزاد چاهی حفر شود سطح آب چاه معادل سطح ایستابی در همان نقطه است. فشار سطح آب در سفره‌های آزاد با فشار هوا یکسان است. این سفره‌ها از سطح زیرین به منطقه‌ی نفوذناپذیر و از سطح بالایی به طبقات نفوذپذیر محدود می‌شوند.

سفره‌های تحت فشار: این سفره‌ها در جاهایی تشکیل می‌شوند که آب زیرزمینی از طریق لایه‌ای نسبتاً نفوذناپذیر از بالا محدود شده باشد ؛ بنابراین، آب زیرزمینی در تحت فشاری بیش

۱ــ Aquifers ۲ــ Unconfind aquifier ۳ــ Confind aquifer

از فشار آتمسفر قرار دارد. هنگامی که در چنین سفره‌هایی چاه آبی حفر شود سطح آب از سطح لایه‌ی نفوذناپذیر بالاتر خواهد آمد.



شکل ۴ــ۵ــ سفره‌های آزاد و تحت فشار

درباره‌ی سفره‌های آب زیرزمینی تحت فشار، سطح ایستابی به مفهوم سفره‌های آزاد مطرح نیست ؛ از این رو، برای این نوع سفره‌ها سطحی به نام «پیزومتریک»[1] در نظر می‌گیرند. سطح «پیزومتریک» سطحی فرضی است که تابع فشار آب درون سفره است. سطح آب داخل چاهی که در یک سفره‌ی تحت فشار حفر می‌شود ارتفاع سطح پیزومتریک را در آن نقطه نشان می‌دهد. هرگاه سطح پیزومتریک بالاتر از سطح زمین قرار گیرد چاه فوران می‌کند.

حرکت آب‌ها زیرزمینی

پس از آن‌که سفره‌ی آب زیرزمینی تشکیل شد و آب درون آن جمع گردید به تدریج آب در جهت شیب سطح ایستابی به حرکت درمی‌آید. البته حرکت آب زیرزمینی چندان سریع نیست و سرعت آن معمولاً بین چند سانتی‌متر در روز و حتی سال تغییر می‌کند. آب از جایی که ارتفاع و فشار بیش‌تری دارد به سمت منطقه‌ای که ارتفاع و فشار آن کم‌تر است حرکت می‌کند. علت کندی سرعت حرکت آب‌های زیرزمینی آن است که آب باید در زیر زمین راه خود را از میان درزها و شکاف‌های باریک پیدا کند. سرعت حرکت آب‌های زیرزمینی به تخلخل و نفوذپذیری سنگ مخزن این آب‌ها نیز بستگی دارد. برای مثال، مقدار حرکت آب‌های زیرزمینی در شن ۶ تا ۹ متر و گاه تا ۱۵ متر در روز است ؛ هم‌چنین در ماسه‌ها ۱ تا ۴ متر در روز و در ماسه‌های خیلی ریز مقدار حرکت ۴ تا ۵ متر در سال است.

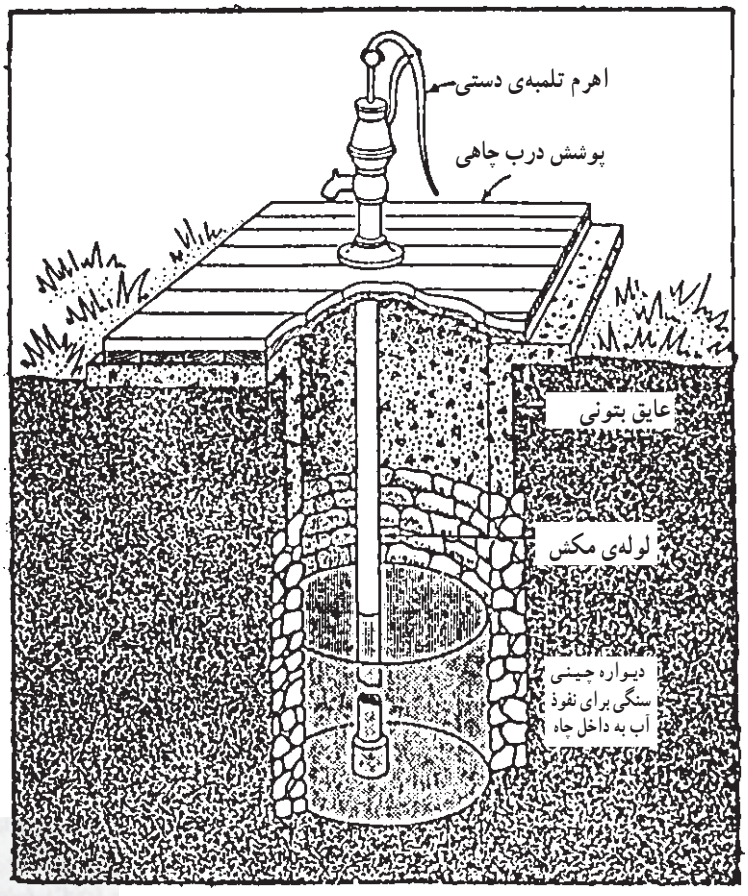
روش‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی

همان‌گونه که گفته شد آب‌های زیرزمینی از منابع مهم تأمین آب شیرین برای آشامیدن، کشاورزی و صنعت است ؛ از این رو، باید آن را از زیرزمین به سطح زمین انتقال داد تا امکان بهره‌برداری از آن‌ها برای بشر فراهم باشد. مقادیر آب موجود در ذخیره‌ی بعضی از سفره‌های آب‌های زیرزمینی به حدّی زیاد است که در طول مدت چند سال بهره‌برداری و تخلیه‌ی آب از سفره، به راحتی مقادیر زیادی از پایین آمدن سطح آب را تحمل می‌کند ؛ بنابراین،

۱ــ Piezometric Surface

چنانچه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی مستلزم سرمایه‌گذاری زیادی نیز باشد از انجام آن فروگذار نخواهد شد. زمین‌شناسان و متخصصان آب‌های زیرزمینی از روش‌ها و فنون مختلفی برای پی‌جویی و اکتشاف منابع آب‌های زیرزمینی استفاده می‌کنند که گاه پرهزینه بوده اما چون در دراز مدت با بهره‌برداری از این منابع هزینه‌های انجام شده جبران می‌شود فعالیت‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی همواره ادامه دارد که در این جا به روش‌هایی که به وسیله‌ی انسان یا به طور طبیعی صورت می‌گیرد اشاره می‌شود.

حفر چاه آب: چاه، حفره یا سوراخی است که از سطح زمین تا محل سفره‌ی آب‌های زیرزمینی حفر می‌شود و چون با لایه‌های آب‌دار برخورد می‌کند به تدریج آب زیرزمینی در داخل آن جمع می‌شود ؛ سپس آن را به روش‌های مختلفی مانند تلمبه‌ی دستی، پمپ، نیروی انسان یا نیروی موتورهای دیزلی یا برقی به سطح زمین منتقل می‌کنند.

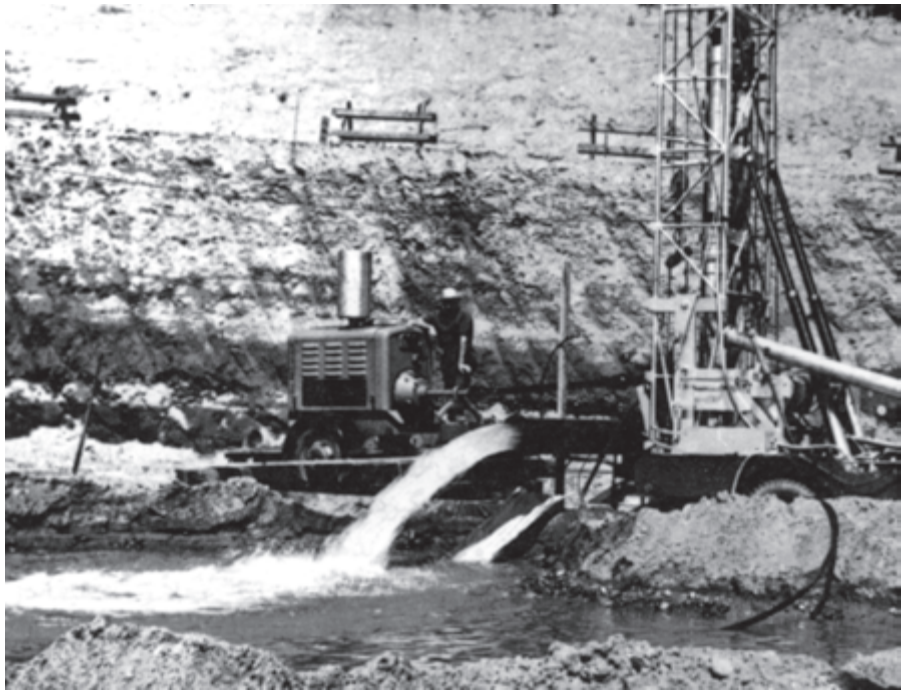


شکل ۵ــ۵ــ مقطع قائم یک چاه دستی مجهز به تلمبه‌ی برداشت با دیواره چینی سنگی برای نفوذ آب به داخل چاه

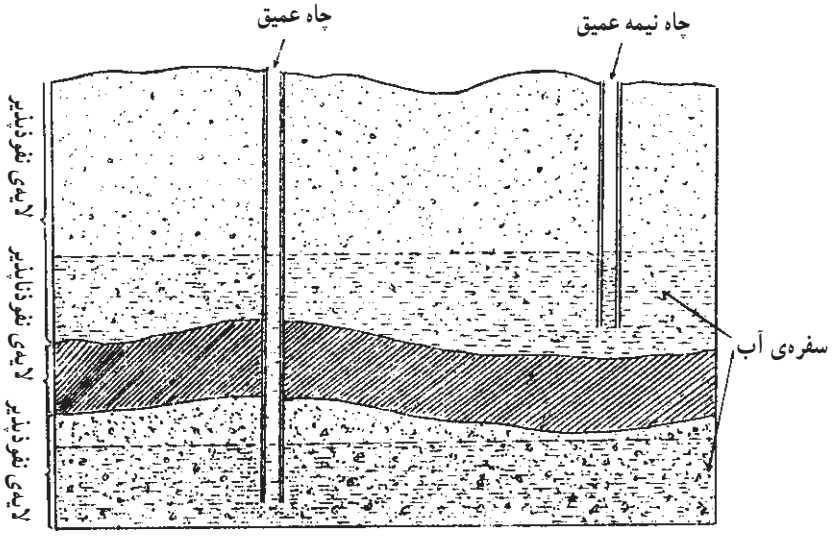
شکل ۶ــ۵ــ چاه آب با ظرفیت آب‌دهی ۳۰۰۰ گالن در دقیقه، آب چاه کاملاً صاف و بدون شن است.

امروزه استفاده از حفر چاه برای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در همه‌ی نقاط دنیا متداول شده است. عمومی‌ترین نوع چاه که در روستاها با ابزارهای دستی ساده حفر می‌شود چاه‌هایی است که آب آن‌ها به وسیله‌ی تلمبه‌های دستی یا الکتروپمپ‌های کوچک و متوسط، چرخ چاه یا نیروی انسان و حیوان به سطح منتقل می‌شود.

نوع دیگر، چاه‌های نیمه عمیق است که سطح ایستابی آن‌ها در فاصله‌ی نسبتاً اندکی از سطح زمین قرار دارد. حفر این چاه‌ها با دستگاه‌های حفاری انجام می‌شود و آب آن‌ها نیز اغلب با موتور پمپ‌های گریز از مرکز به سطح زمین انتقال می‌یابد. چاه‌های عمیق نیز چاه‌هایی هستند که با دستگاه‌های ضربه‌ای روتاری حفر می‌شوند و آب آن‌ها به وسیله‌ی پمپ‌های توربینی با موتور دیزل یا الکتروپمپ‌های شناور به سطح زمین منتقل می‌گردد.



شکل ۷ــ۵ــ چاه عمیق با عمق بیش از ۳۰۰ متر

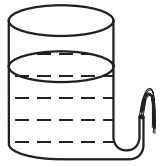


شکل ۸ــ۵ــ چاه عمیق و نیمه عمیق

از چاه‌های عمیق برای تأمین آب آشامیدنی شهرهای بزرگ، آبرسانی مزارع کشاورزی و مصرف قطب‌های صنعتی استفاده می‌شود. چاه‌های عمیق را «چاه‌های لوله‌ای» نیز می‌گویند، زیرا در داخل آن‌ها لوله‌های جداری مشبکی تعبیه می‌شود که علاوه بر انتقال آب داخل لایه‌ی آبدار زیرزمینی به درون چاه، مانع ریزش دیواره‌ی چاه و سبب بسته شدن آن می‌گردد.

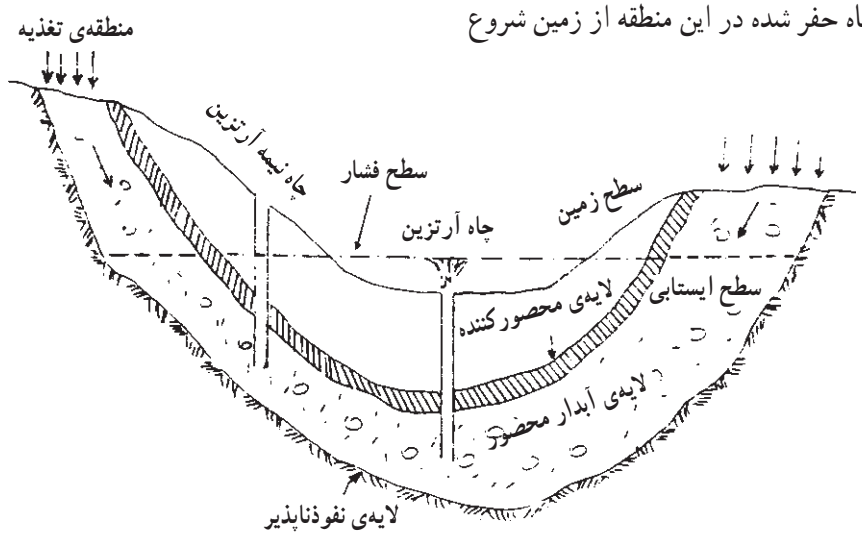
چاه دستی یا معمولی: این گونه چاه‌ها که عمومی‌ترین نوع چاه‌ها در روستاها به شمار می‌آید برای استفاده از مخازن آب‌دار سطحی هر ناحیه حفر می‌گردد. این قبیل چاه‌ها را مقنّی با ابزارهای دستی و ادوات چاه‌کنی حفاری می‌کند. عمق متوسط این چاه‌ها ۳۰ متر و گاه در حدود ۱۰۰ متر است. این چاه‌ها در معرض ریزش‌های جوی قرار دارند و سطح آب آن‌ها تغییرات زیادی پیدا می‌کند.

چاه آرتزین[1]**:** نام این چاه‌ها از «آرتویز[2]» که نام استانی در کشور فرانسه است گرفته شده است. در ماه آوریل سال ۱۲۲۶ میلادی آب نخستین چاه حفر شده در این منطقه از زمین شروع به فوران کرد. می‌دانیم که براساس قانون ظروف مرتبطه، هرگاه سطح آب منبعی بالاتر از دهانه‌ی خروجی آب باشد، آب به صورت جهنده از مخزن خارج خواهد شد.



شکل ۹ــ۵

چنانچه آب زیر زمینی بین دو لایه‌ی نفوذناپذیر قرار گیرد و منطقه‌ی تغذیه‌ی آب نیز در ارتفاعات بلند واقع شده باشد آب محبوس بین دو لایه‌ی تحت فشار واقع می‌شود. هرگاه در چنین محل‌هایی چاه حفر شود به هر صورت سطح آب داخل چاه تا سطح ایستابی آب زیرزمینی به صورت جهنده فوران می‌کند. این قبیل چاه‌ها را «چاه آرتزین» می‌گویند.



شکل ۱۰ــ۵ــ سفره‌ی تحت فشار و چاه آرتزین

قنات یا کاریز: قنات یکی از ابداعات ایرانیان باستان در آبیاری به شمار می‌رود که با حفر آن، در مناطق خشک و کم‌باران، آب را به سطح زمین هدایت می‌کرده‌اند. امروزه هنوز در بعضی نقاط کویرمرکزی کشور از آن استفاده می‌شود. اصولاً قنات نوعی کانال یا مجرای زیرزمینی است که به وسیله‌ی چاه‌هایی با فواصل نسبتاً مساوی با سطح زمین ارتباط دارد. به این چاه‌ها «میله» نیز می‌گویند.

بهره‌برداری از مخازن آب‌دار در دامنه‌های آبرفتی و نواحی

۱ــ Artesian ۲ــ Artois

کوهستانی با حفر قنات امکان‌پذیر است. شیب کانال قنات معمولاً کم است تا بر اثر سرعت زیاد، آب کف کانال شسته و عمیق نشود. آب قنات تنها تحت تأثیر نیروی ثقل جریان پیدا می‌کند و به هیچ‌گونه انرژی دیگری نیاز ندارد.

طول قنات‌ها متناسب با وضعیت زمین، شیب، امتداد ناحیه و سطح آب زیرزمینی متفاوت است و معمولاً از یک کیلومتر بیش‌تر است و گاه به ده‌ها کیلومتر می‌رسد.

مشخصات قنات

۱ــ به اولین چاهی که به داخل لایه‌ی آب‌دار زیرزمینی از سطح زمین حفر می‌شود «مادر چاه» می‌گویند.

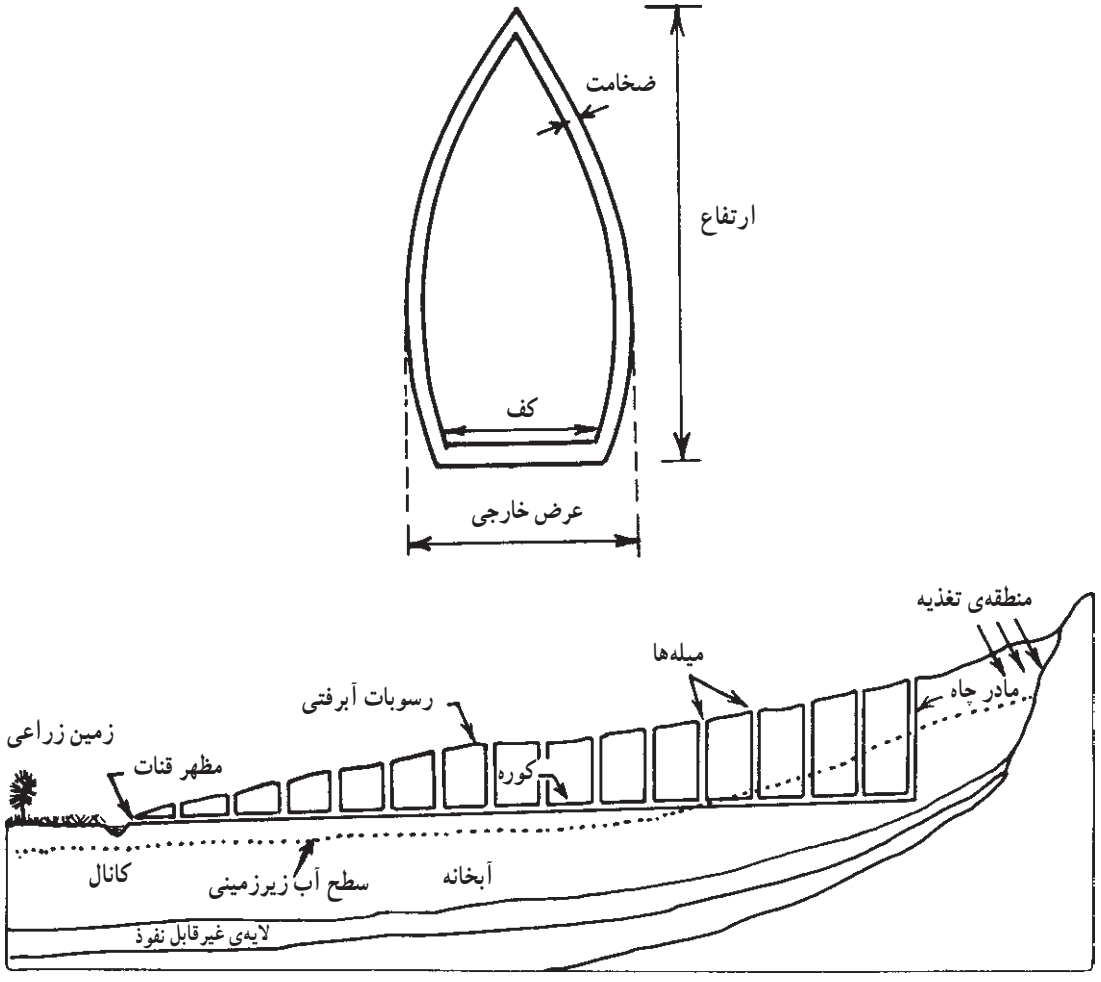
۲ــ محل خروج آب از دهانه‌ی قنات «مظهر قنات» نامیده می‌شود.

۳ــ کانال یا مجرای افقی عبور آب را «کوره» می‌گویند.

۴ــ حدفاصل بین چاه‌های قنات یا دو میله‌ی متوالی را «پشته» می‌نامند.

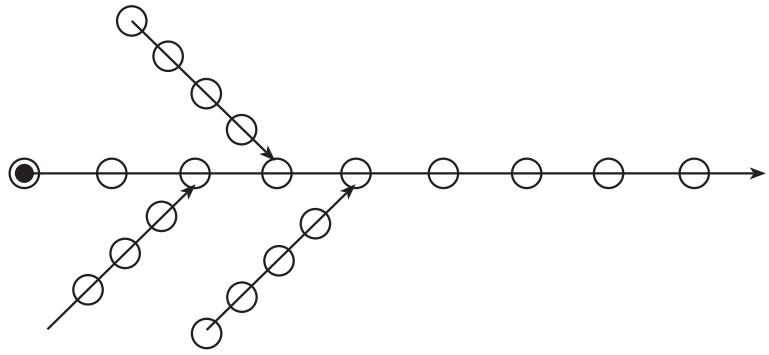
۵ــ حلقه‌های سیمانی یا گلی که برای جلوگیری از ریزش کانال به کار می‌رود اصطلاحاً «کَوَل» نام دارد.

۶ــ بخشی از طول کانال که از لایه‌ی آب‌دار می‌گذرد «تره کار» و قسمت دیگر «خشکه کار» خوانده می‌شود.



شکل ۱۱ــ۵ــ مقطع طولی قنات

گاهی برای افزایش میزان آب‌دهی قنات چند رشته‌ی فرعی قنات را حفر کرده امتداد آن‌ها را به قنات اصلی وصل می‌کنند.



شکل ۱۲ــ۵ــ اتصال انشعابات فرعی به قنات اصلی

قنات چنان‌چه پیوسته لایروبی و مرمت شود تقریباً به طور مداوم آب‌دهی خواهد داشت. البته تغییرات آب‌دهی در طول سال به طور متوسط ۲۰ تا ۲۵ درصد است و برحسب بالا و پایین بودن سطح آب زیرزمینی تغییر می‌یابد.

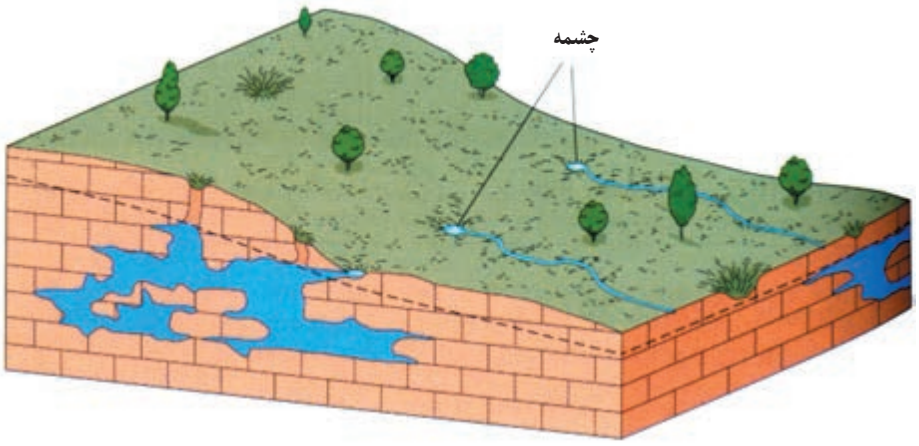
حفر قنات کاری بسیار پرزحمت بوده که در زمین‌های سست نیز خطرناک است، زیرا بر اثر ریزش دیواره، کانال‌های آن خراب می‌شود و از طرفی سنگ‌چینی دیواره‌ها و سقف قنات به منظور جلوگیری از ریزش نیز بسیار پر هزینه و گران تمام می‌شود.

شکل ۱۳ــ۵ــ منظره‌ی هوایی چند رشته قنات

چشمه[1]: هرگاه سفره یا مخزن آب زیرزمینی به طور طبیعی به سطح خارجی زمین راه پیدا کند چشمه پدید می‌آید. به دیگر سخن، چشمه به مکانی گفته می‌شود که قشر خارجی زمین و سطح آب‌های زیرزمینی یک‌دیگر را قطع کرده باشند. بعضی از چشمه‌ها برای همیشه یا تمام مدت سال و بعضی از انواع دیگر برای زمان کوتاه یا به صورت متناوب جاری هستند. مقدار آب چشمه‌ها در فصل‌های سال متغیر است و بستگی به آب و هوا، به‌ویژه وضعیت زمین‌شناسی ناحیه دارد. اکثر چشمه‌ها دارای مواد معدنی محلول در آب هستند و این مواد محلول در آب پس از رسیدن به «مظهر چشمه» در کناره‌ها رسوب می‌کنند. انواع چشمه‌های آهکی، گوگردی و مانند آن در اطراف چشمه‌ی رسوبی، این مواد را برجا می‌گذارند.

آب چشمه‌ها اغلب شیرین است، اما در بعضی از نواحی مزه‌ای تلخ و شور دارد و گاهی به اندازه‌ای تلخ و شور است که نه تنها انسان بلکه حتی حیواناتی نظیر شتر از نوشیدن آن خودداری می‌کنند. این قبیل چشمه‌ها در نواحی بیابانی و نیمه‌بیابانی یافت می‌شوند. در صحراهای آفریقا، عربستان و ترکمنستان این‌گونه چشمه‌ها را می‌توان مشاهده کرد. چشمه‌ها را از لحاظ کلی به دو

۱ــ Spring



شکل ۱۴ــ۵ــ چشمه

گروه تقسیم می‌کنند : «چشمه‌های معمولی» و «چشمه‌های معدنی».

۱ــ *چشمه‌های معمولی:* این دسته از چشمه‌ها انواعی هستند که املاح موجود در آب آن‌ها در حد آب آشامیدنی است. برخی از این چشمه‌ها که در تمام فصل‌های سال دارای آب‌دهی تقریباً ثابت هستند و از منابع آب زیرزمینی غنی تغذیه می‌شوند «چشمه‌های دایمی» نام دارند. گروهی دیگر چشمه‌های فصلی هستند که میزان آب‌دهی آن‌ها به ریزش‌های جوی در فصل‌های مختلف مربوط است و در فصل تابستان که سطح آب‌های زیرزمینی پایین می‌رود خشک می‌شوند.

۲ــ *چشمه‌های معدنی:* این گروه از چشمه‌ها دارای آب حاوی املاح و گاز است. از حبابهایی که از آب این چشمه‌ها برمی‌خیزد به سهولت می‌توان به وجود گاز در آب پی برد. آب این چشمه‌ها گاه صاف یا زردرنگ یا گل‌آلود و گاهی نیز مانند شیر سفید رنگ هستند. بعضی از انواع چشمه‌های معدنی به علت داشتن املاح کم و گازکربنیک طعمی مطبوع و خاصیت ملیّن و گوارایی دارند، اما در انواع دیگر وجود مزه شور در آب، هم‌چنین گاز هیدروژن سولفوره و گاهی داشتن املاح آهن سبب می‌گردد که بیش‌تر برای مصارف درمانی و استحمام به کار بروند. چشمه‌های معدنی برخلاف چشمه‌های معمولی دارای حرارتی زیاد هستند و آب آن‌ها ولرم، گرم و یا خیلی داغ است. گاهی نیز آب این چشمه‌ها حتی در حال جوش هستند. حرارت زیاد این چشمه‌ها نشان می‌دهد که آب از عمقی زیاد بالا می‌آید.

رسوبات حاصل از آب چشمه‌ها: چشمه‌های معمولی و چشمه‌های معدنی اغلب حاوی مقداری املاح گوناگون هستند ؛ از این رو، در محل خروج آب از چشمه گاهی مقادیری از این املاح رسوب می‌کند. کربنات کلسیم، هیدروکسید آهن، اکسید منگنز، گوگرد و کربنات سدیم و ژیپس از موادی هستند که رسوبات آن‌ها را می‌توان در کنار چشمه‌ها مشاهده کرد. رسوب کربنات کلسیم دهانه‌ی چشمه‌ها را که معمولاً متراکم و به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود «تراورتن»[1] می‌گویند. تراورتن در دهانه‌ی بیش‌تر چشمه‌های معدنی ایران، مانند اطراف کوه دماوند دیده می‌شود. تراورتن سنگی معمولاً شیری رنگ و سوراخ‌دار است که آن را پس از برش به صورت سنگ نما در ساختمان‌ها به کار می‌برند.

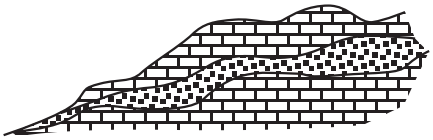
تقسیم‌بندی چشمه‌ها از لحاظ منشأ پیدایش و زمین‌شناسی منطقه :

۱ــ *چشمه‌های کنتاکتی:* این چشمه‌ها از محل فصل مشترک تشکیلات نفوذپذیری که روی تشکیلات نفوذناپذیر قرار دارند خارج می‌شوند. آب‌هایی که از طبقات نفوذپذیر به پایین فرو می‌روند در برخورد به لایه‌های نفوذناپذیر جمع شده، پس از جاری شدن به بیرون راه پیدا می‌کنند.

شکل ۱۵ــ۵

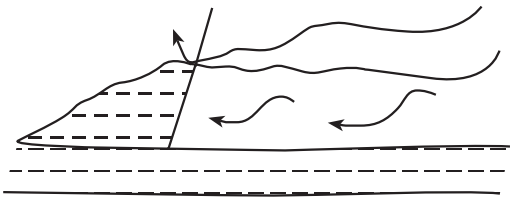
۱ــ Travertin

۲ــ چشمه‌های آرتزین: در صورتی که در طبقات آهکی، سطح آب زیرزمینی بالاتر از دهانه‌ی چشمه قرار گیرد در این صورت آب چشمه فوران می‌کند.



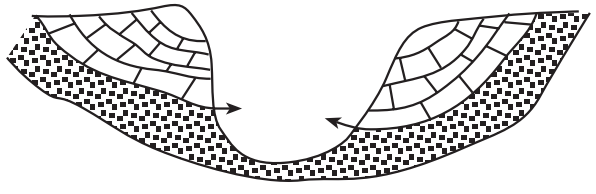
شکل ۱۶ــ۵ــ چشمه‌ی آرتزین

۳ــ چشمه‌ی گسلی: این چشمه‌ها از محل وقوع گسل و حدفاصل دو قسمت جدا شده به وسیله‌ی گسل پدید می‌آیند.



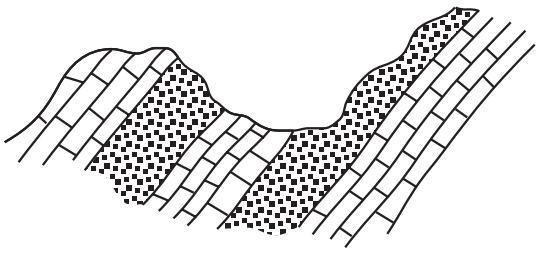
شکل ۱۷ــ۵ــ چشمه‌ی گسلی

۴ــ چشمه‌ی درّه‌ای: گاهی محل دهانه‌ی چشمه در نقطه‌ای از کف یک دره قرار گرفته و طبقات نفوذناپذیر شکل تشتکی به خود گرفته‌اند. این نوع چشمه‌ها را دره‌ای می‌گویند.



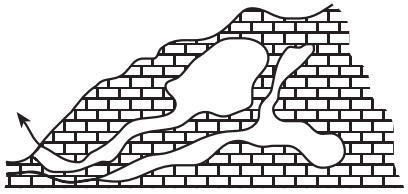
شکل ۱۸ــ۵ــ چشمه‌ی دره‌ای

۵ــ چشمه‌ی دامنه‌ای: این نوع چشمه‌ها در دامنه‌ی کوه‌ها یا دره‌ها به سطح زمین راه پیدا می‌کنند.



شکل ۱۹ــ۵ــ چشمه‌ی دامنه‌ای

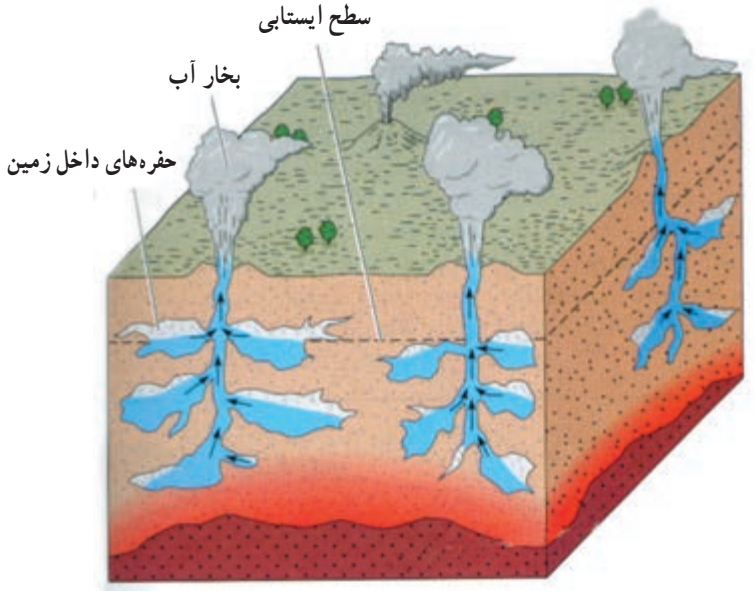
۶ــ چشمه‌ی کارستیک: غارهای آهکی محل مناسبی برای تجمع آب‌های زیرزمینی هستند. هرگاه چشمه از چنین منابعی تغذیه شود به آن «چشمه‌ی کارستیک» می‌گویند.



شکل ۲۰ــ۵ــ چشمه‌ی کارستیک

آب‌فشان: چشمه‌های آب گرمی که از آن‌ها در فواصل زمانی معین آب داغ همراه با بخار آب فوران می‌کند را «آب‌فشان» می‌گویند. درجه‌ی حرارت آب‌فشان در نواحی مختلف بین ۸۰ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است و ارتفاع بخار آب گاهی تا ۵۰ متر می‌رسد. آب‌فشان‌ها عموماً دارای مواد آهکی و سیلیسی هستند که گاهی ماده‌ی سیلیس در کنار آب‌فشان رسوب می‌کند و نوعی سیلیس بی‌شکل به نام «اوپال» را تشکیل می‌دهد. به این نوع رسوبات «جی‌سریت[1]» می‌گویند. عمل آب‌فشان‌ها به این ترتیب در زمین صورت می‌گیرد که مجاری و منافذ زمین از آب جوش تحت فشار پر می‌شود. هنگامی که فشار به حد معینی می‌رسد آب از طریق منافذ بالا می‌آید و فشار کاهش می‌یابد. در نتیجه‌ی کاهش فشار مقداری آب بخار می‌شود و آب داغ همراه با بخار بر اثر فشار به بیرون فوران می‌کند و این عمل به صورت پیاپی تکرار می‌شود.

۱ــ Geyserit



شکل ۲۱ ــ۵ــ آب‌فشان

خودآزمایی

۱ــ آب‌های زیرزمینی با منشأ بیرونی و درونی چگونه تشکیل می‌شوند و چه تفاوتی بین آن‌ها وجود دارد؟

۲ــ نفوذپذیری یعنی چه؟ تفاوت چند نوع زمین و سنگ را با نفوذپذیری‌های مختلف بیان کنید؟

۳ــ آیا ممکن است سنگی با وجود تخلخل فراوان نفوذناپذیر هم باشد؟ مثالی بزنید.

۴ــ تخلخل سنگ‌ها و خاک‌ها را چگونه محاسبه می‌کنند؟ سنگ آهک، ماسه و گراول و رس کدام یک دارای بیش‌ترین و کم‌ترین درصد تخلخل هستند؟

۵ــ سطح ایستابی را تعریف کنید و مشخصه‌ی اصلی آن را بیان نمایید.

۶ــ چه تفاوت‌ها و ویژگی‌هایی در منطقه‌ی غیراشباع بین سه ناحیه‌ی مختلف آن وجود دارد؟

۷ــ با تغییر وضعیت توپوگرافی منطقه آیا در سطح ایستابی نیز تغییراتی مشاهده می‌شود؟

۸ــ سفره‌های آب زیرزمینی چه مشخصه‌ای دارند؟ انواع آن‌ها را نام ببرید.

۹ــ چه تفاوتی بین سفره‌های آزاد و تحت فشار وجود دارد؟ با حفر چاه در هر یک از این سفره‌ها، وضعیت ایستابی چگونه خواهد بود؟

۱۰ــ حرکت آب‌های زیرزمینی چه تفاوتی با حرکت آب رودخانه دارد؟

۱۱ــ با توجه به محدود بودن ذخیره‌ی آب‌های زیرزمینی آیا سرمایه‌گذاری در زمینه‌ی بهره‌برداری از آن‌ها مقرون به صرفه است؟ علت آن چیست؟

۱۲ــ عمومی‌ترین روش دست‌رسی به آب‌های زیرزمینی چیست؟ برای انتقال آب به سطح زمین از چه وسایلی استفاده می‌شود؟

۱۳ــ در کدام یک از انواع چاه‌ها لوله‌گذاری می‌شود و علت انجام دادن این کار چیست؟

۱۴ــ چاه آرتزین چگونه فوران می‌کند؟ برای تشریح موضوع شکلی رسم کنید.

۱۵ــ استفاده از قنات در چه مناطقی امکان‌پذیر است و برای هدایت آب در آن از چه نیرو یا انرژی خاصی استفاده می‌شود؟

۱۶ــ شکلی از یک قنات را رسم کنید و موقعیت مادر چاه، کوره، پشته و مظهر قنات را در آن مشخص نمایید.

۱۷ــ چشمه چگونه تشکیل می‌شود و آب آن چه ویژگی‌هایی دارد؟

۱۸ــ چگونه می‌توان آب چشمه‌ی معمولی و چشمه‌ی معدنی را از یک‌دیگر تشخیص داد؟ تفاوت آب این دو نوع چشمه را بیان کنید.

۱۹ــ در محل خروج آب از چشمه‌ها اصولاً چه نوع رسوباتی دیده می‌شود؟ آیا این رسوبات را می‌توان بهره‌برداری کرد؟

۲۰ــ چه تفاوتی بین چشمه‌های آرتزین با سایر چشمه‌ها وجود دارد؟

۲۱ــ چشمه‌ی دره‌ای و گسلی را با رسم شکل نشان دهید.

۲۲ــ چشمه‌ی کارستیک را با رسم شکل تعریف کنید.

۲۳ــ فرق بین چاه آرتزین و آب‌فشان چیست؟

۲۴ــ تراورتن و اوپال از لحاظ نوع تشکیل چه فرقی با یک‌دیگر دارند؟