

## آب در دریا

اولین فضانوردانی که از فاصله‌های دور زمین را دیدند به آن نام «سیارهٔ آبی» دادند. زیرا بیشتر سطح زمین را آب پوشانده است. آب اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌ها، رودها، آب‌های زیرزمینی، توده‌های یخ و برف و حتی بخار آب موجود در هوا را که پوشش ناپیوسته‌ای از آب در سطح یا در نزدیک سطح زمین تشکیل داده‌اند مجموعاً «آب کره» می‌گویند.

### اقیانوس‌ها

۹۷/۲ درصد حجم آب کرهٔ زمین در اقیانوس‌ها و دریاها ذخیره است. اقیانوس‌ها و دریاها از جهات مختلف در زمین‌شناسی اهمیت دارند. امواج اقیانوسی موجب تغییر شکل سواحل می‌شوند. جریان‌های اقیانوسی در تعدیل آب و هوای خشکی‌های مجاور مؤثرند. اقیانوس‌ها محل ته‌نشست نهایی بیشتر رسوباتی هستند که از خشکی‌های زمین حمل می‌شوند. بسیاری از سنگ‌هایی که امروزه قسمت‌های وسیعی از سطح خشکی‌ها را پوشانده‌اند از رسوبات دریایی تشکیل شده‌اند. مطالعهٔ بستر اقیانوس‌ها در چند دههٔ اخیر، به روشن شدن وضعیت زمین‌شناسی سیاره ما کمک شایانی کرده است.

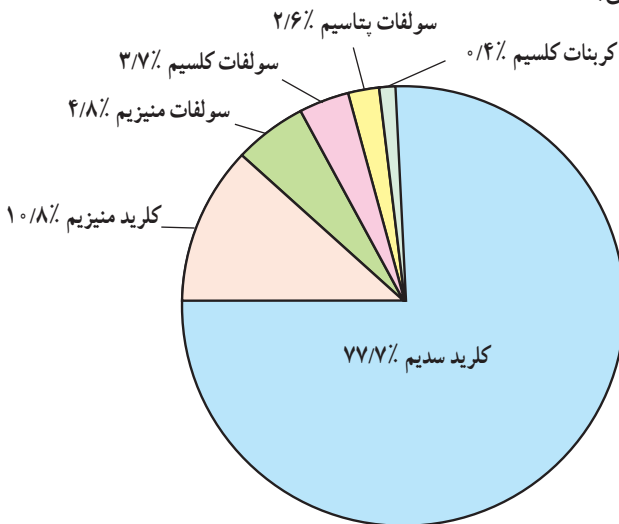


شکل ۱-۳- اولین فضانوردانی که از فاصله‌های دور زمین را دیدند به آن نام «سیارهٔ آبی» دادند.

## ویژگی‌های آب دریا

گرچه ممکن است خصوصیات آب دریا بطور محلی تغییرات چندانی نشان ندهد، ولی در مقیاس وسیع، این تغییرات زیاد است. گذشته از نوع جانداران، آب دریا از نظر ترکیب، شوری، گازهای محلول، دما، چگالی و میزان ذرات معلق تغییر می‌کند.

**املاح:** تقریباً تمام عناصر موجود در پوسته زمین هرچند به مقدار ناچیز، در آب اقیانوس‌ها هم یافت می‌شود. آدمی از هزاران سال قبل می‌دانست که اگر آب دریا را تبخیر کند یا بجوشاند، مقداری نمک‌های مختلف به دست می‌آورد و از همین راه نمک خوراکی خود را تأمین می‌کرد. اگر یک لیتر آب دریا تبخیر شود، بطور متوسط حدود  $34/5$  گرم نمک به جای می‌ماند. فراوانی نمک‌های مختلف آب دریا را در جدول زیر می‌بینید.



شکل ۲-۳ - نمودار درصد املاح فراوانتر آب دریا

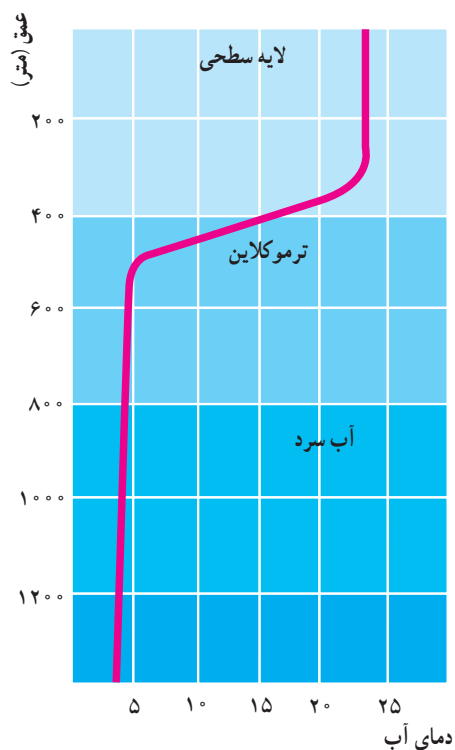
مقدار نمک‌های محلول در آب اقیانوس‌ها را معمولاً برحسب گرم بر کیلوگرم آب بیان می‌کنند و به آن «درجه شوری» می‌گویند. بنابراین، شوری متوسط آب اقیانوس‌ها  $34/5$  گرم بر کیلوگرم است. **؟** درجه شوری آب خلیج فارس  $40$  گرم بر کیلوگرم است. چگونه آن را توجیه می‌کنید؟ به نظر شما درجه شوری چه مناطقی باید از مقدار متوسط آن کمتر باشد؟ برای گفته خود دلیل بیاورید. **؟** برای به‌دست آوردن  $62$  گرم نمک طعام از آب خلیج فارس، به تبخیر حدود چند کیلوگرم آب نیاز است؟

امروزه علاوه بر نمک طعام، عناصری چون منیزیم و برم را هم از آب دریا به دست می‌آورند،

منیزیم با چگالی نسبتاً کم خود در هواپیماسازی، و برم در تهیه محصولات عکاسی کاربرد دارد.

گازها: گازها هم مانند مواد جامد در آب دریا یافت می‌شوند و در این میان اکسیژن و دی‌اکسیدکربن مهمتر از بقیه‌اند. وجود این گازها برای جانداران ساکن آب اهمیت بسیار دارد. تمام جانوران باید اکسیژن آزاد به دست آورند تا تنفس کنند. وقتی که ماهی‌ها و سایر جانوران آبی اکسیژن محلول در آب را مورد استفاده قرار می‌دهند، اکسیژن اتمسفری جانشین آن می‌شود. به علت فرآیند فتوسنتز گیاهان و جلبک‌های فراوان موجود در سطح آب، مقداری اکسیژن از آب وارد هوا می‌شود. در ضمن، جریان‌های دریایی، اکسیژن را از سطح به عمق آب می‌برند.

فقط مقدار کمی از دی‌اکسیدکربن آب اقیانوس به صورت مولکول  $CO_2$  باقی می‌ماند. مقدار زیادی از این گاز با آب واکنش کرده، به صورت یون‌های کربنات  $(CO_3)^{2-}$  و بیکربنات  $(HCO_3)^-$  در می‌آید. از آنجا که توانایی آب در نگهداری چنین یون‌هایی زیاد است، اقیانوس‌ها نسبت به اتمسفر مقدار بیشتری دی‌اکسیدکربن و اکسیژن دارند. همچنین، آب سرد در مقایسه با آب گرم توانایی زیادتری در نگهداری گازها و یون‌های آن دارد.



شکل ۳-۳ تغییرات دمای آب متناسب با عمق

دما: در دریاهای باز، دمای سطحی آب از حدود ۳- درجه سانتیگراد در نواحی قطبی تا ۳۲+ درجه سانتیگراد در مناطق استوایی می‌رسد.

عامل اصلی گرم‌کننده آب دریا اشعه خورشید است که تا عمقی متجاوز از صدمتر در آب دریا نفوذ می‌کند و بیشتر گرمای آن در نزدیکی سطح آب جذب می‌شود. در ضمن، جریان‌های دریایی با جابه‌جا کردن آب‌های سرد و گرم دما را در نواحی مختلف و اعماق متفاوتی متعادل می‌سازند.

برخلاف لایه‌های سطحی آب که دمایی تغییرپذیر دارد، در عمق بیشتر از ۵۰۰ متر، دمای آب ثابت و معادل ۴ درجه سانتیگراد است. به افت ناگهانی دما از ۳۲ درجه سانتیگراد در آب‌های سطحی مناطق استوایی به ۴ درجه سانتیگراد در عمق بیش از ۵۰۰ متر، ترموکلاین می‌گویند. به طوری که مثلاً حتی در آب‌های گرم استوایی دما یکباره از ۳۲ به ۴ درجه سانتیگراد می‌رسد.

**فشار :** فشار آب با افزایش عمق، زیاد می‌شود. در مقابل هر ده متر عمق، یک اتمسفر بر فشار آب اضافه می‌شود. با این ترتیب، در نقاط عمیق اقیانوس، فشار بسیار زیاد است.

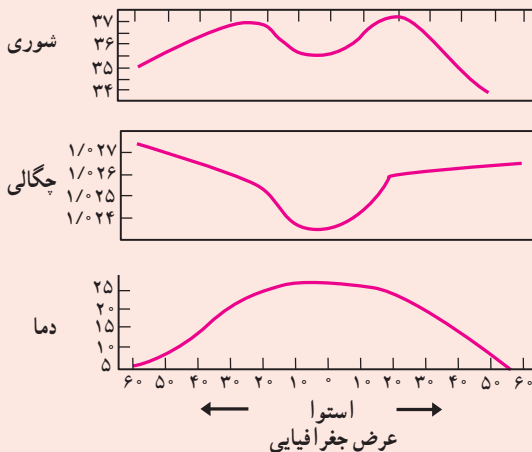
## بیشتر بدانید

### سفر به ژرفای اقیانوس‌ها

اکتشافات در بستر دریاها و کشف اسرار آن ابتدا به وسیلهٔ غواصان انجام می‌گرفت. لباس‌های سنگین و کلاه‌های آهنی، این غواصان را در برابر فشارهای زیاد آب محافظت می‌کرد. امروزه دانشمندان قادرند با استفاده از سفینه‌ها یا زیردریایی‌های کوچک به عمیق‌ترین بخش‌های اقیانوس‌ها سفر کنند. انواع مختلفی از این گونه سفینه‌ها وجود دارد. برخی چند و بعضی یک مسافر را می‌تواند با خود پایین ببرد و پاره‌ای نیز بدون سرنشین‌اند و از سطح دریا کنترل می‌شوند. از این وسایل برای عکسبرداری، مشاهدهٔ مستقیم، نمونه‌برداری از رسوبات، تعمیر سازه‌های زیرآبی، حتی یافتن کشتی‌های غرق شده و پیدا کردن جواهرات گم شده در اعماق اقیانوس‌ها استفاده می‌شود. برخی از این وسایل برای سفر به ژرفترین نقاط اقیانوسی طراحی شده‌اند. گودال ماریانا (ژرفترین نقطه در اقیانوس‌ها به ژرفای بیش از ۱۱ کیلومتر) با یکی از همین وسایل مورد مطالعه قرار گرفته است. در سال ۱۹۶۰ نیز دونفر توانستند به کف گودال چالنجر (به عمق بیش از ۱۰۹۰۰ متر)، در غرب اقیانوس آرام برسند. فولادی که برای ساختن کابین این دستگاه به کار رفت به ضخامت ۱۵ سانتیمتر بود.

**چگالی :** چگالی آب دریاها به عوامل مختلفی مثل شوری، دما و مقدار مواد معلق در آن بستگی دارد. هرچه آب شورتر، سردتر و دارای مواد معلق بیشتری باشد چگالتراست.

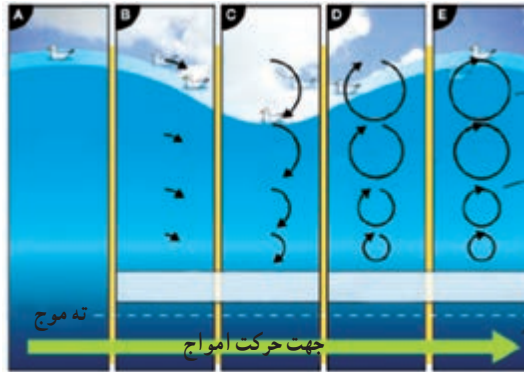
## مقایسه کنید



منحنی‌های مقابل تغییرات

شوری، چگالی و دما را در آب‌های سطحی اقیانوس اطلس از ۶۰ درجهٔ شمالی تا ۶۰ درجهٔ جنوبی نشان می‌دهند. بین منحنی‌ها چه رابطه‌ای وجود دارد؟

**حرکات:** آب اقیانوس‌ها و دریاها دائماً در حال حرکت است. این حرکت علل مختلفی دارد که از میان آنها می‌توان اثر باد (موج)، نیروی گرانشی ماه و خورشید (جزر و مد)، را نام برد. حرکات آب دریاها در تغییر شکل پوسته زمین، تغییرات اقلیمی نقاط مختلف زمین و تولید منابع غذایی دریایی اهمیت فراوانی دارد. مهمترین حرکات‌های آب دریا عبارتند از: امواج و جریان‌های دریایی سطحی و عمقی.



شکل ۴-۳- حرکت ذرات آب و تشکیل موج

**امواج:** موج آب عبارت از حرکت منظم ذرات آب به طرف بالا و پایین است که به صورت چین‌هایی در سطح آب دیده می‌شود. وقتی که باد بر سطح آب می‌وزد، در اثر اصطکاک این دو باهم، چین‌هایی در سطح آب پدید می‌آید که در جهت حرکت باد پیوسته به جلو رانده می‌شود. وقتی که موجی از سطح آب می‌گذرد، ذرات آب در قسمت سطحی حرکت دایره مانند انجام می‌دهند. قطر دایره‌ها با افزایش عمق کاهش می‌یابد و در عمقی معادل نصف طول موج، ذرات آب تقریباً دیگر حرکتی ندارند. طوفان‌های شدید می‌توانند امواجی با طول و ارتفاع زیاد ایجاد کنند که در این صورت آب دریاها تا عمق زیادی دارای حرکت خواهد شد.

**جریان‌های اقیانوسی:** عوامل مختلفی موجب می‌شوند که توده‌های آب در امتداد سطح یا در عمق اقیانوس‌ها به حرکت درآیند. این گونه حرکات آب را جریان‌های سطحی و عمقی می‌خوانند.

**جریان‌های سطحی:** عامل مهم جریان‌های سطحی اقیانوس‌ها، بادهای عمومی کره زمین‌اند. زمانی که باد در امتداد سطح آب می‌وزد، علاوه بر تولید موج، می‌تواند آب‌های سطحی را به آهستگی به جلو براند و جریان اقیانوسی ایجاد کند. این جریان‌ها وسعت بسیار ولی معمولاً عمق کمی دارند. در ایجاد جریان‌های سطحی اقیانوسی عوامل دیگری از قبیل حرکت وضعی زمین، اختلاف چگالی آب و شکل بستر اقیانوس‌ها نیز مؤثرند.

بعضی از جریان‌های دریایی مانند گلف استریم، آب‌های گرم مناطق استوایی را به عرض‌های بالاتر و بعضی دیگر مانند لاپرادور آب‌های سرد قطبی را به عرض‌های پایینتر می‌برند.



جریان دریایی گرم  
جریان دریایی سرد

شکل ۵-۳ - جریان‌های دریایی گرم و سرد در اقیانوس‌های جهان

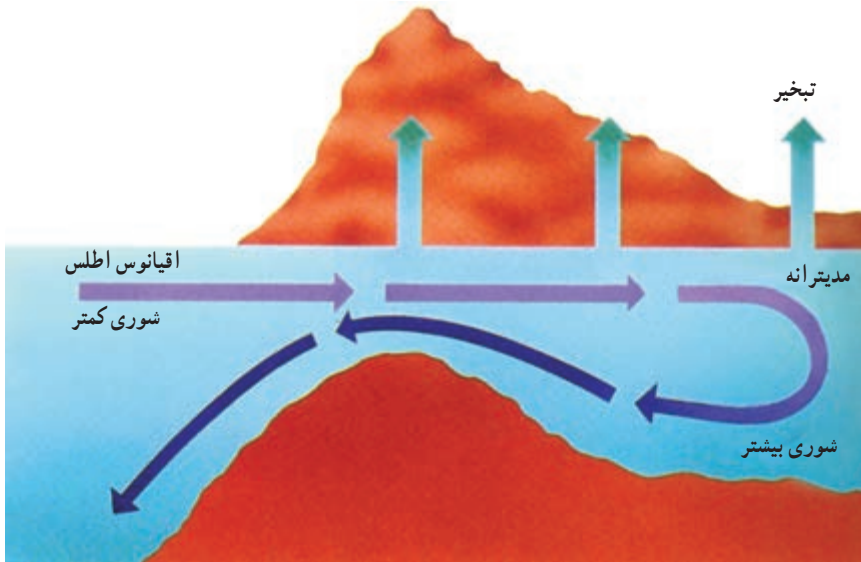
❓ اگر جریان‌های سطحی اقیانوس‌ها وجود نداشتند چه تغییری در اقلیم کره زمین به وجود می‌آمد؟

جریان‌های عمیق: چنانکه دیدیم، چگالی آب دریاها و اقیانوس‌ها به علت تغییر دما، شوری و میزان مواد معلق موجود در آنها در نقاط مختلف متفاوت است. اختلاف چگالی آب اقیانوس‌ها در نقاط مختلف، موجب جابه‌جایی آب و تشکیل جریان‌های قائم می‌شود.

جریان‌های تنگه جبل الطارق (بین مدیترانه و اقیانوس اطلس) بهترین نمونه جریان‌های حاصل از اختلاف چگالی است. در این دریای گرم، میزان تبخیر بیشتر از میزان بارندگی یا آبی است که از راه رودها وارد آن می‌شود. به همین علت، میزان شوری آب در دریای مدیترانه بیشتر از اقیانوس اطلس است (میزان شوری اقیانوس اطلس ۳۵ و دریای مدیترانه ۳۹ گرم در کیلوگرم است).

❓ اگر دریای مدیترانه از راه تنگه جبل الطارق با اقیانوس اطلس در ارتباط نبود، چه پدیده‌ای رخ می‌داد؟

این اختلاف سبب می‌شود آب‌های شور و سنگین دریای مدیترانه در امتداد کف تنگه حرکت کنند و در آب‌های سبکتر اقیانوس اطلس فروروند. همزمان با آن، آب‌های سبکتر اقیانوس اطلس به مدیترانه جریان می‌یابند و جانشین آب‌های شور می‌شوند که از آن خارج شده‌اند.



شکل ۶-۳- آب بسیار شور دریای مدیترانه در مقایسه با آب اقیانوس، جریان عمقی ویژه‌ای پدید می‌آورد.

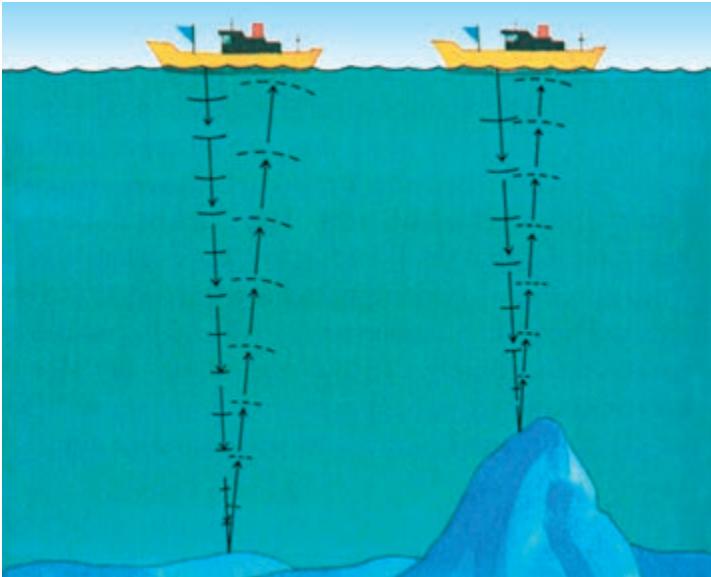
راه دیگر برای به وجود آمدن این گونه جریان‌ها، سرد شدن آب است. مثلاً آب‌های سرد نواحی قطب شمال و جنوب در اقیانوس اطلس به علت سنگینی به عمق می‌روند و آب‌های نواحی عمیق این اقیانوس به سمت مناطق گرم‌تر حرکت می‌کنند. وجود این نوع جریان‌ها برای جانداران دریازی بسیار مهم است، زیرا به همراه آبی که به سوی اعماق دریا می‌رود مقدار زیادی اکسیژن محلول وجود دارد. در ضمن، هنگامی که آب‌ها از عمق به سطح می‌آیند، مقدار زیادی ترکیبات نیترات و فسفات‌دار به همراه می‌آورند. پلانکتون‌های گیاهی که خود اولین زنجیره غذایی دریاها را تشکیل می‌دهند به این مواد نیاز فراوانی دارند.

نوعی دیگر از جریان‌های مربوط به اختلاف چگالی، مخلوط شدن گل و لای با آب دریاست که در مناطق حاشیه قاره‌ها صورت می‌گیرد. طبعاً آب گل‌آلود از آب صاف سنگین‌تر است و در زیر آب‌های سبک‌تر جریان پیدا می‌کند. این قبیل جریان‌ها را معمولاً در نقاطی می‌توان یافت که رودی گل‌آلود وارد دریایی آرام می‌شود و یا رسوبات نزدیک لبه فلات قاره بر اثر زلزله به لرزش درآیند و در شیب قاره حرکت کنند.

❓ به علت فراوانی ماهی در سواحل کشور پرو در آمریکای جنوبی، این کشور یکی از بزرگترین صادرکنندگان ماهی به‌شمار می‌آید، آیا می‌توانید دلیلی برای این پدیده پیدا کنید؟

## شکل‌شناسی بستر اقیانوس‌ها

تا چند دهه قبل اطلاعات زیادی از شکل بستر اقیانوس‌ها در دست نبود. در گذشته برای اندازه‌گیری عمق اقیانوس‌ها از ریسمان و وزنه استفاده می‌شد که کاری بس سخت و خسته‌کننده بود و به همین جهت اطلاعات کمی از این راه به دست می‌آمد. اما از اواسط قرن بیستم میلادی با استفاده از دستگاه‌هایی که زمان رفت و برگشت امواج صوتی را از سطح تا کف دریا به آسانی تعیین می‌کرد، دانشمندان توانستند ژرفای آب اقیانوس‌ها را در هر نقطه به آسانی و به سرعت اندازه‌گیری کنند. به این ترتیب نقشهٔ بستر اقیانوس‌ها تهیه شد. همچنین با استفاده از زیردریایی‌های تحقیقاتی، بهره‌گیری از وسایل نمونه‌گیری و دستگاه‌های حفاری پیشرفته اطلاعات با ارزشی از رسوبات و سنگ‌های بستر اقیانوس‌ها به دست آمد (شکل ۷-۳).



شکل ۷-۳ — اندازه‌گیری و ثبت ژرفای آب اقیانوس‌ها. علائم صوتی تولید شده در کشتی پس از برخورد و بازتاب، به وسیله گیرنده‌های موجود در کشتی دریافت می‌شود. با معلوم بودن سرعت صوت در آب و اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت امواج صوتی، ژرفای آب قابل محاسبه است.

مطالعات و اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که بستر اقیانوس‌ها مانند سطح خشکی‌ها دارای پستی و بلندی‌ها و عوارض متنوعی است که به ترتیب از ساحل به سمت پشتهٔ اقیانوسی عبارتند از: فلات قاره، شیب قاره، خیز قاره، دشت مغاکی و پشتهٔ اقیانوسی.



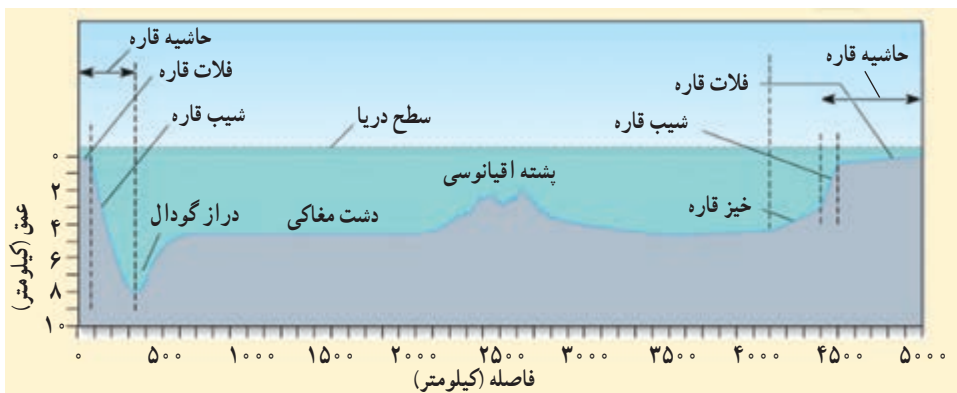
**فلات قاره :** به بخش کم‌شیب حاشیه قاره‌ها گفته می‌شود که از خط ساحلی تا شیب قاره ادامه دارد. این بخش بیشتر از لایه‌های رسوبی ضخیم ساخته شده است. این رسوب‌ها حاصل فرسایش خشکی‌های مجاورند که در زمان‌های طولانی روی هم انباشته شده است. حداکثر عمق فلات قاره در نقاط مختلف، متفاوت است. ولی معمولاً عمق ۲۰۰ متر را برای آن در نظر می‌گیرند. فلات قاره در اطراف برخی قاره‌ها دارای پهنای زیاد و در برخی مناطق، بسیار باریک است. این بخش اگرچه توسط آب پوشیده شده است، ولی از نظر زمین‌شناسی جزء قاره محسوب می‌شود. آن بخش از ذخایر نفتی دنیا که در دریاها قرار دارند، در این بخش واقع شده‌اند.

**شیب قاره :** به بخش نسبتاً پرشیب‌تر از بستر اقیانوس که از فلات قاره تا خیز قاره ادامه دارد، شیب قاره می‌گویند. بنابراین حد زمین‌شناسی حوضه‌های اقیانوسی، خط ساحلی نیست، بلکه شیب قاره است. به مجموع فلات قاره و شیب قاره، حاشیه قاره می‌گویند.

**خیز قاره :** در دامنه شیب قاره نیز معمولاً منطقه‌ای با شیب نسبتاً آرام به نام خیز قاره وجود دارد که شیب قاره را به دشت مفاکی متصل می‌کند.

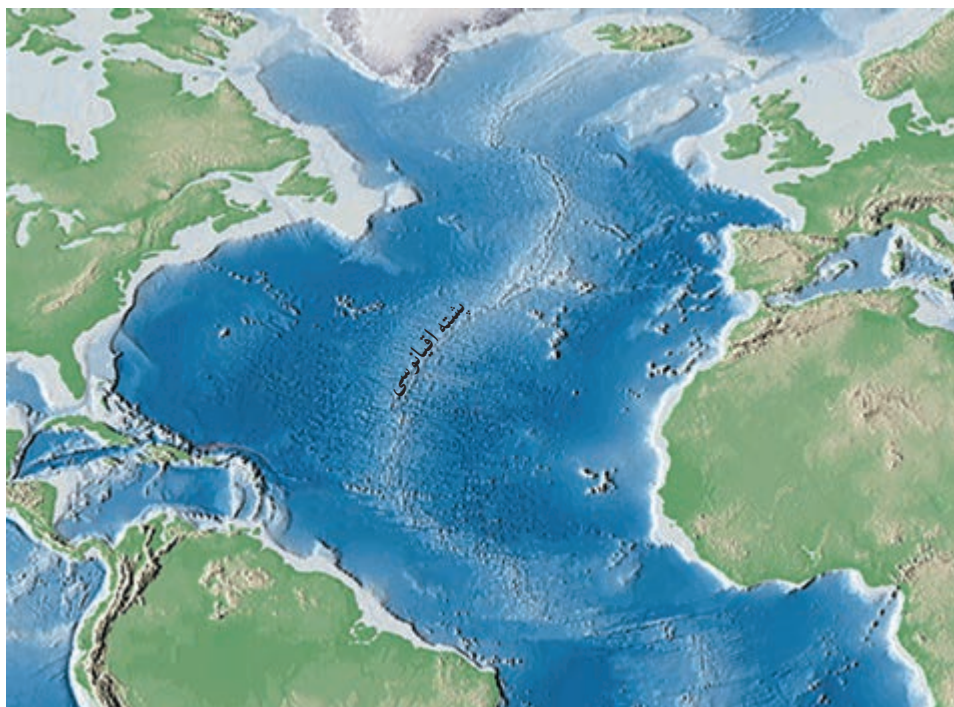
البته در حاشیه برخی اقیانوس‌ها مانند اقیانوس آرام، شیب قاره به گودال‌های عمیقی که به موازات حاشیه قاره امتداد دارند، منتهی می‌شوند. این گودال‌ها را دراز گودال اقیانوسی می‌گویند. مانند دراز گودال ماریانا به عمق حدود ۱۱۰۰۰ متر در غرب اقیانوس آرام که عمیق‌ترین بخش شناخته شده کره زمین است.

**دشت مفاکی :** به مسطح‌ترین و عمیق‌ترین بخش حوضه اقیانوسی دشت مفاکی می‌گویند.



شکل ۸-۳- برشی فرضی از بستر اقیانوس

پشته‌های اقیانوسی: به رشته کوه‌های خطی و طویل کف اقیانوس‌ها، پشته اقیانوسی می‌گویند. این رشته‌کوه‌های مرتفع زیردریایی شکل متقارنی داشته و در امتداد محور مرکزی آنها، دره‌های عمیقی وجود دارد. محل پشته‌های اقیانوسی، فعالیت‌های آتش‌فشانی و زمین‌لرزه‌ای، فراوان است. به عنوان مثال می‌توان به پشته اقیانوسی اطلس اشاره نمود.



شکل ۹-۳- پشته اقیانوسی در اقیانوس اطلس