فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۷ (۱۳۹۰)، شماره ٤: ۲۹۸-۲۸۹
www.appliedgeology.ir

بررسی زیست‌محیطی-رسوب‌شناسی مناطق ساحلی دریای مکران ایران (جنوب استان سیستان و بلوچستان)

ممی‌الدین امراری‌رودی*[۱]، سیدرضا موسوی‌حرمی[۲]، راضیه لک[۳]، احمد معتمد[۴] و اسداله محبوبی[۵]

۱) دانشجوی دکتری گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ahrari_49@yahoo.com
۲) استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، harami2004@yahoo.com
۳) استادیار پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، lak_ir@yahoo.com
٤) استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۵) دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، amahboobi2001@yahoo.com
*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۰/۵/۳ ؛ دریافت اصلاح شده: ۹۰/۱۰/۳؛ پذیرش: ۹۰/۱۰/۵؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۱/۱/۳۱

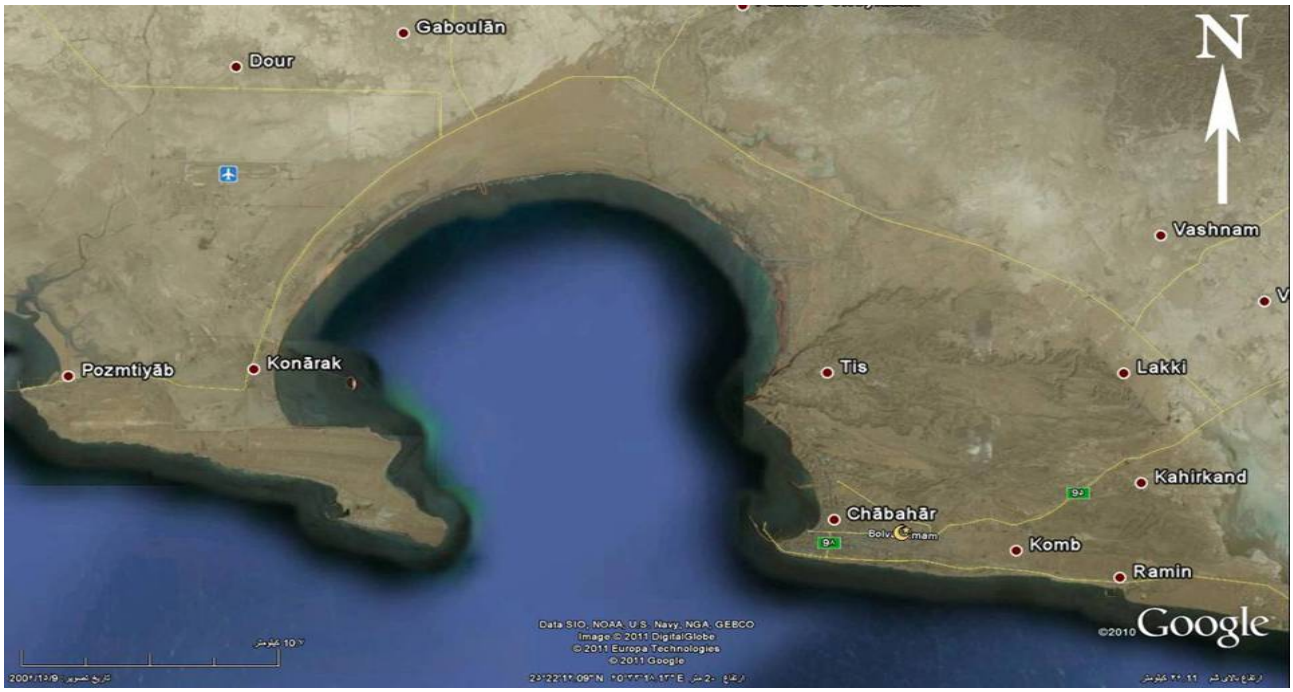
چکیده

در این پژوهش، مناطق ساحلی جنوب استان سیستان و بلوچستان مورد مطالعه قرار گرفتند. این مناطق در تجارت بین‌المللی، مدیریت سواحل و صنایع دریایی نقش قابل توجهی را دارند. شناخت زمین‌های مناسب جهت توسعه و ساخت سازه‌های دریایی مانند اسکله‌های سوخت‌گیری، صیادی، تجاری و بنادر ساحلی و دور از آلودگی‌های زیست محیطی، بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش، روش تحقیق براساس مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای، صحرایی و عملیات پیمایشی، نمونه‌برداری از رسوبات ساحلی اعم از سطحی و عمقی بوده است. پس از تهیه مقاطع نازک، رسوبات منطقه بررسی و تیپ‌های مختلف رسوبی آن شناسایی شدند. با تلفیق اطلاعات به‌دست آمده، سواحل دارای پتانسیل ساخت و توسعه اسکله، بنادر، محل‌های مناسب جهت سوخت‌گیری و محل‌های نامناسب، شناسایی شدند. در این تحقیق مشخص شد که عواملی مانند تغییرات سطح آب دریا، فرایندهای تکتونیکی، فرایندهای اقلیمی، فرایندهای هیدرولیکی به‌ویژه عمل جریان‌های جزر و مدی و نیز دخالت‌های انسانی و فعالیت‌های عمرانی در اسکله‌ها و مناطق ساحلی جنوب استان سیستان و بلوچستان، مهم‌ترین فرایندهای تخریبی و سازنده سواحل می‌باشند. همچنین مشخص شد سواحل پسرونده در خلیج‌های چابهار و پزم، شاخص یک ساحل پسرونده در زمان پیشروی دریا می باشند. سواحل دریای عمان پس از تحمل بالا آمدگی مداوم ناشی از نئوتکتونیک و زون فرورانش که در حال حاضر نیز ادامه دارد، در معرض دو گروه عوامل محیطی خشکی و دریایی قرار گرفته‌اند. البته عوامل زمین‌شناختی به‌عنوان عوامل اصلی محسوب می‌گردند. واحدهای سنگی، تحت تأثیر فرایندهای دگرسانی مانند انحلال، تجزیه و دگرسانی اجزاء سازنده، دچار فرسایش شدید شده و سواحل را در برابر هجوم، ضربه امواج و بارگذاری‌های موضعی بسیار آسیب‌پذیر نموده‌اند. در برخی نقاط مانند شرق رمین تا غرب پسابندر، این عوامل به تنهایی ریزش و جدایش توده‌های سنگی ساحلی و نهایتاً عقب‌نشینی آنها را موجب می‌شوند. در برخی نقاط ساحلی دیگر مانند دیواره‌های دریایی حد فاصل خلیج‌های پزم و چابهار و نیز گواتر، عوامل هیدرودینامیکی مانند اثر امواج و عوامل اقلیمی مانند بادهای مونسون و فرسایش بادی، به عنوان عوامل مکمل عوامل اصلی در فرسایش و عقب‌نشینی سواحل سنگی نقش داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: سواحل، زون فرورانش، فرسایش، تغییرات سطح آب دریا، بالا آمدگی.

۱- مقدمه

در مناطق بندری، مطالعات زمین‌شناسی به‌ویژه رسوب‌شناسی بسیار حایز اهمیت است. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه با آب‌های آزاد در ارتباط می باشد و نقش مهمی در تجارت دریایی دارد، بنابراین توسعه سازه‌های دریایی و شناخت مناطق مناسب جهت استفاده و گسترش این صنعت بسیار ضروری است. استان سیستان و بلوچستان در جنوب شرقی ایران، دارای ۳۶۰ کیلومتر مرز آبی با دریای عمان است. شهرستان‌های چابهار و کنارک، دو شهرستان مهم ساحلی این استان به شمار می‌روند که مستقیماً با دریا ارتباط دارند (تصویر ۱). شهرستان چابهار، با اقیانوس هند ارتباط مستقیم داشته و از نظر زیست



تصویر ۱- تصویر ماهواره‌ای بریده شده از تصاویر (Google Earth)، از سواحل مکران و نمایش محدوده مورد مطالعه

محیطی و صید و صیادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. آب و هوای سواحل جنوبی ایران به دلیل تأثیر آب‌های گرم خلیج فارس و جریان‌های موسمی اقیانوس هند و پایین بودن عرض‌های جغرافیایی، وضعیت ویژه‌ای دارد که به اقلیم سواحل جنوبی ایران معروف است. از ویژگی‌های این اقلیم می‌توان باران کم، رطوبت نسبی و گرمای زیاد را نام برد. سواحل مکران به علت رانده شدن صفحه اقیانوس هند در زیر صفحه مکران، جزو سواحل جوان و فعال محسوب می‌گردند. لیتوسفر اقیانوسی صفحه عربی به سمت شمال در حرکت است و به زیر صفحه لوت و بلوک افغان/هلمند می‌رود. نرخ حرکت دو ساحل عربی و مکران در اندازه‌گیری‌های ژئودتیک، دقیقاً بین مسقط و عمان ۱/۹ سانتیمتر در سال اندازه‌گیری شده است. این در حالی است که نرخ جمع‌شدگی امروزی بین ساحل مکران در چابهار و اورازیا حدود ۸ میلی‌متر در سال اندازه‌گیری شده است (Dolati 2010, Vernant et al. 2004) که تشکیل سواحل صخره‌ای چابهار را می‌توان به عامل فوق نسبت داد. این فرورانش که عامل بسیاری از پدیده‌های تکتونیکی است، یکی از علل به‌وجود آمدن گل‌فشان‌ها (جوشش حبآب‌های گل و لای از ژرفای زمین) در این منطقه محسوب می‌شود که معروف‌ترین آن‌ها گل‌فشان تنگ (تصویر ۲) در حوزه‌ی شهرستان کنارک می‌باشد.

تصویر ۲- گل‌فشان حاصل از فعالیت‌های پیوسته تکتونیکی سواحل در شمال خور تنگ

سازندهای اصلی این منطقه شیل، مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا است که شیل و مارن گسترش بالایی را در منطقه دارند (صمدیان و جعفریان ۱۳۷۵). بیشترین جلوه‌های زمین‌شناسی منطقه در توالی واحدهای

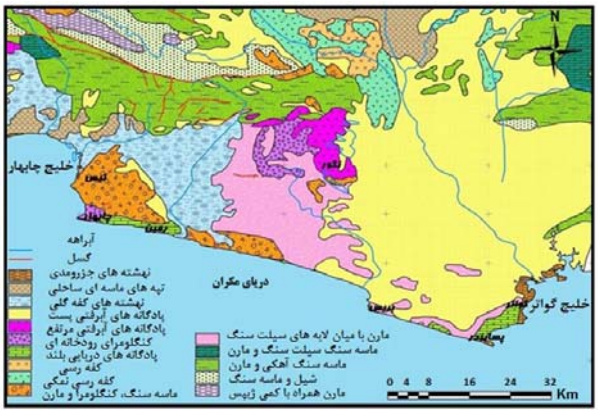
شیل، مارن و ماسه‌سنگ رخنمون دارد که می‌توان به کوه‌های بدلندی (Bad land) اشاره کرد. غالب‌ترین شکل‌های مورفولوژیکی ساحلی در محدوده‌ی مورد مطالعه، برش‌های عمیق بدلندی می‌باشند. کوه‌های بدلندی یا مریخی به خاک‌های سست با درصد بالای مارن گفته می شود که در اثر جریان‌ها در سطح آنها برش‌های عمیقی ایجاد شده است (تصویر ۳).

تصویر ۳ – کوه‌های مریخی در سواحل جنوب شرقی چابهار

در بخش‌های زیادی از محدوده نوار ساحلی، آثار فسیلی فراوانی مشاهده شده که این مسئله نشان‌دهنده‌ی پوشیده شدن منطقه از آب در دوران‌های گذشته است. وجود فسیل نهنگ در داخل کوه‌های بدلندی واقع در دروازه‌ی مریخ در ۱۰ کیلومتری شرق چابهار، تأیید کننده‌ی این مسئله است. در حال حاضر در محدوده‌ی نوار ساحلی استان، ۹ بندر به نام‌های بریس، پسابندر، رمین، چابهار، تیس، کنارک، پزم، تنگ و گالک وجود دارد که اکثر این بنادر صیادی می‌باشند. بندر چابهار، مهم‌ترین بندر حاشیه‌ی دریای مکران از لحاظ فعالیت‌های بازرگانی، تجاری و صنعتی است که شامل دو بندر مهم شهید بهشتی و شهید کلانتری است (سازمان منطقه آزاد چابهار، واحد گردشگری ۱۳۸۵). مطالعات ژئوشیمیایی از نظر زیست‌محیطی، نشان داده است که با توجه به اسیدیته بالای آب‌های ساحلی که از نوع سولفات می‌باشند، میزان‌خوردگی در این سواحل حائز اهمیت است (محمدی و لک ۱۳۸۹). از دیگر منابع آلوده‌کننده‌ی دریا، می‌توان مواد زائد جامد خانگی و شهری، پساب صنعتی، خانگی و کشاورزی، تخلیه‌ی آب توازن کشتی‌ها به دریا، آلودگی‌های نفتی ناشی از نفتکش‌ها، انتشار نفت در دریا، عوامل طبیعی نظیر طوفان‌ها و رنگ‌های ضد ارگانیزم که به منظور جلوگیری از رشد اورگانیزم‌های دریایی بر بدنه‌ی کشتی‌ها استفاده می‌شوند، را نام برد. بنابراین درصد عناصر سنگین مانند آهن، منیزیم، منگنز و ترکیبات کربناته ناشی از رسوبگذاری و تجزیه پوسته‌های فسیلی بر اهمیت موضوع در منطقه می‌افزاید.

۲- زمین‌شناسی و زمین ساخت منطقه

مکران به دو بخش ساختاری بیرونی (ساحلی) و درونی (داخلی) تقسیم می‌گردد. ناحیه مورد مطالعه، در بخش ساحلی آن قرار دارد (تصویر ٤). مکران شامل کوه‌های شرقی-غربی است که از سواحل دریای عمان تا فروافتادگی جازموریان ادامه دارد. مرز غربی این کوه‌ها توسط خط عمان (گسل میناب) از زون برخوردی زاگرس جدا شده و در شرق پس از گذر از بلوچستان پاکستان تا محور لاس‌بلا (Las Bela) ادامه می‌یابد. در امتداد محور لاس بلا، گسل‌های چپگرد «چمن» و «ارناچ نال» معرف یک زون ترادیسی بین زون فرورانش مکران و زون برخوردی هند-اوراسیا است. از ۱٦۰۰۰۰ کیلومتر مربع گستره مکران، حدود ۷۰۰۰۰ کیلومتر مربع آن در ایران و بقیه در پاکستان است (آقانباتی ۱۳۸۸).



تصویر ٤ – بخشی از نقشه زمین شناسی چابهار همراه با موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه (مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱)

سیستم گسلش منطقه ساحلی دریای مکران به صورت دو نوع گسلش و سه نوع سازوکار است. این سیستم شامل گسل‌های نرمال با سازوکار شیب لغز و روند شرقی-غربی، گسل‌های امتداد لغز با سازوکار راستگرد با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق و گسل‌های امتداد لغز با سازوکار چپگرد با روند شمال شرق-جنوب غرب می‌باشد (آقانباتی ۱۳۸۸). در منطقه مورد مطالعه، چین‌ها روند تقریبی شرقی-غربی داشته که با جهت کوتاه شدگی و فشار بیشینه در راستای شمال شرق، هماهنگی دارند. کوتاه شدگی بیشتر با راندگی همراه است و می‌توان گفت که مرز بسیاری از واحدهای سنگ‌چینه‌ای از نوع راندگی است.

بنابراین، ساختار مکران، دارای الگویی فلسی (Imbricated) می‌باشد که فلس‌ها با گسل‌های معکوس پرشیب مرزبندی می‌شوند و نتیجه آن رانده شدن فلس از پس خشکی (Interland) شمال-شمال شرق به سمت پیش‌خشکی (Foreland) جنوب-جنوب غرب است. عامل ایجاد این ساختار، رویدادی است که اوج آن در میوسن بوده و از آن پس نیز با شدت کمتری هم‌چنان ادامه دارد (هاشمی ۱۳۸۵). زیرا به لحاظ تداوم فرورانش، در ناحیه مکران، گسل‌ها هنوز فعال بوده و زمین به بالا آمدن ادامه داده که این عمل با چین‌خوردگی، کوتاه‌شدگی و پسروی خط ساحلی همراه است (صمدیان و جعفریان ۱۳۷۵).

در شمالی‌ترین بخش مکران، مجموعه‌ای از رسوبات پلاژیک کرتاسه بالارخنمون دارند که با ردیف‌های فلیشی کرتاسه پسین-ائوسن پوشیده و یا درآمیخته‌اند. بخش میانی مکران با فلیش‌های الیگوسن، با چند ناپیوستگی موازی درون سازندی و یک ناپیوستگی زاویه‌ای در بالا، پوشیده شده است. رسوبات میوسن، به‌ویژه پلیوسن، بیشتر رخساره آواری داشته که بخش میانی تا ساحل دریای مکران را زیر پوشش دارند. جوان‌ترین رسوبات مکران، ماسه‌سنگ‌های سست و کم‌سیمان به سن پلیو-پلیستوسن بوده که به‌ویژه در نواحی ساحلی با پادگانه‌های دریایی کواترنری پوشیده شده‌اند (آقانباتی ۱۳۸۸). به‌دلیل شرایط حاکم بر زون فرورانش، واحدهای زمین‌ساختی-چینه‌شناسی منطقه گاهی نظم چینه‌ای ندارند (احراری‌رودی و همکاران ۱۳۸۵).

۳- روش مطالعه

در این پژوهش، ابتدا داده‌های ماهواره‌ای تهیه شده از منطقه طی سال‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین به منظور شناسایی مورفولوژی سواحل، از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی استفاده گردید. بر این اساس، انواع سواحل اعم از صخره‌ای، پرتگاهی، تلماسه‌ای و غیره شناسایی شدند. سپس تمامی مناطق ساحلی از غرب به شرق مورد پیمایش میدانی و برداشت‌های زمین‌شناسی قرار گرفت و در صورت نیاز نمونه‌برداری از رسوبات صورت گرفت. در نهایت ۲٤۳ نمونه رسوب از ۲۳ مغزه تهیه شده انتخاب و ۱۷ نمونه رسوب سطحی از نهشته‌های بادی و ٦٥ نمونه سنگی برداشت گردید. به منظور تعیین منشاء ذرات آواری، نمونه‌های رسوبی، مورد آزمایشات رسوب‌شناسی (دانه‌بندی و مورفوسکوپی) و آنالیزهای ژئوشیمی (ICP: Inductively Coupled Plasma) (توسط سازمان زمین‌شناسی کشور) جهت تعیین مقدار عناصر اصلی و فرعی قرار گرفتند و از نمونه‌های سنگی، ٦٥ مقطع نازک (Thin Section) تهیه گردید. پس از مطالعه مقاطع نازک و براساس شواهد صحرایی، رسوب‌شناسی (از جمله دانه‌بندی و مورفوسکوپی)، مطالعات پتروگرافی و رخساره‌های رسوبی، محدوده‌های مناسب (با حداقل آلودگی زیست محیطی، جهت توسعه و ساخت سازه‌ها و بناهای دریایی) و محدوده‌های نامناسب و آلوده شناسایی و تفکیک شدند (احراری رودی و همکاران ۱۳۸۵).

۴- بحث

پرتگاه‌های ساحلی مکران، بزرگ‌ترین منشور برافزایشی دنیا، در جنوب شرقی ایران، شامل سه بخش مارنی، ماسه‌سنگی و مخلوط رسوبات سیلیسی-آواری و کربناته پلیو-پلیستوسن می‌باشند که در پلاتفرمی پرانرژی و تحت تأثیر امواج رسوبگذاری شده‌اند (احراری رودی و همکاران ۱۳۸۵). رسوبات مارنی سست و بسیار فرسایش‌پذیر می‌باشند، اما بخش ماسه‌سنگی، زودفرسا بوده و ارتفاع نسبتاً متوسطی را دارد. رسوبات مخلوط سیلیسی- آواری و کربناته که پادگانه‌های دریایی خوانده می‌شوند، افقی بوده و دارای سختی نسبتاً زیادی می‌باشند. در این مطالعه، چهار برش چینه‌شناسی در جنوب کمپ تیاب، اسکله شهید بهشتی، غرب روستای رمین و جنوب روستای لیپار واقع در جنوب شرق چابهار، اندازه‌گیری و نمونه‌برداری شد که

بیشترین ضخامت در توالی برش لیپار قابل مشاهده است. همچنین جهت مطالعه‌ی رسوبات عمقی و بررسی تغییرات نسبی سطح آب دریا، ۲۳ مغزه رسوبی، با دستگاه مغزه‌گیر ایوگر (Euger) با مجموع ضخامت ۹۷/٤٤ متر، از سواحل جنوبی استان از خلیج پزم در غربی‌ترین تا خلیج گواتر در شرقی‌ترین بخش بندر تهیه شد. براساس مطالعات چینه‌نگاری سکانسی، دو سکانس رسوبی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند که وجود سطح فرسایشی مشخص (SB_2) نشان‌دهنده مرز نوع دوم در این سکانس‌ها است.

تغییرات سطح دریا در منطقه مورد مطالعه، با منحنی‌های جهانی مطابقت کاملی ندارد که علت آن فعالیتهای تکتونیکی است (احراری رودی و همکاران ۱۳۸۵). پادگانه‌های دریایی شرق چابهار، با افزایش ارتفاع، قدیمی‌تر شده که با گذشت زمان، تغییرات نسبی سطح دریا را ثبت می‌کنند (احراری رودی و همکاران ۱۳۸۵).

تغییرات نسبتاً شدید سطح آب دریا در این رسوبات، بیشتر به‌علت فرایندهای تکتونیکی ناشی از نرخ برافزایشی زون فرورانش و تغییرات جهانی سطح دریا (Eustasy) بوده است (Bloom et al. 1974, Miall 1996, Reyss et al. 1999, Zuffa et al. 1995). نوار ساحلی منطقه مورد مطالعه، به دلیل وضعیت خاص تکتونیکی جزو مناطق فعال محسوب می‌شود (Wanner et al. 2011).

در سواحل منطقه، جریان‌های دریایی حاکم در مقیاس وسیع، همراه با ورود آب رودخانه‌ها به دریا، باعث تشکیل خلیج‌های زیبایی در منطقه شده است. این خلیج‌ها به علت شکل نیمه دایره‌ای، به خلیج‌های امگایی (نعلی شکل) معروف هستند.

این خلیج‌ها، تحت تأثیر عوامل تکتونیکی و فرآیند بالاآمدگی سواحل قرار گرفته، دچار شکستگی و فرسایش شده و در نهایت باعث ایجاد خلیج‌های ساحلی مانند خلیج‌های چابهار، گواتر و پزم شده است. از سوی دیگر حرکت ماسه‌های ساحل به سمت خشکی، به همراه ماسه‌های تخریب شده از سطوح ماسه‌سنگی، باعث ایجاد دشت‌های ماسه‌ای روان در این مناطق شده است (موسوی حرمی ۱۳۸۸) (تصویر ٥).

خلیج‌های نوار ساحلی دریای مکران از شرق به غرب با ساختاری نسبتاً یکسان (خلیج گواتر، خلیج چابهار و خلیج پزم) قرار گرفته‌اند. این سه خلیج از طریق شاخابه‌هایی به صورت خور و یا مصب با محیط خشکی در ارتباط هستند که این مسئله باعث ارتقای شرایط زیست‌محیطی حاکم بر این مناطق شده است. در مجموع، وجود مورفولوژی های مختلفی از سواحل گلی، ماسه‌ای، سنگی و صخره‌ای با مورفولوژی متنوع و نیز وضعیت هیدرولوژیکی خورها، مصب‌ها، خلیج‌های کوچک و... با وجود شرایط هیدروگرافی، جزرومدی و رسوبی، پناهگاه مناسبی را برای زیست موجودات در این منطقه فراهم آورده‌اند (تصویر ٦).

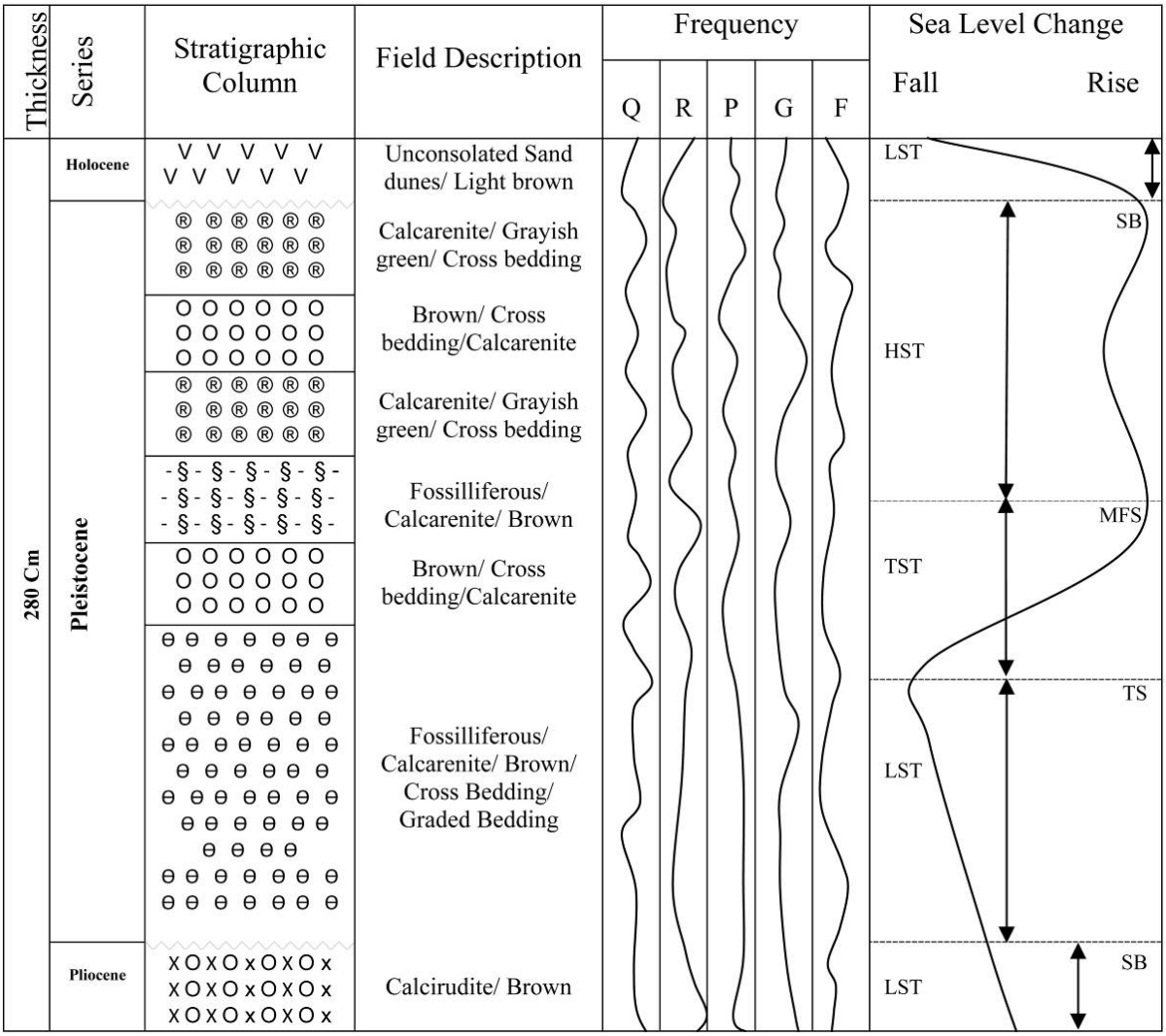
جهت تعیین بهتر وضعیت تخریب و فرسایش در سواحل جنوب استان، با بررسی خصوصیات صحرایی، آنالیزهای عنصری (ICP) و سایر داده‌های آزمایشگاهی، رخساره‌های رسوبی در مغزه‌ها و رسوبات سطحی و عمقی شناسایی شده که در نهایت مناطق پسرونده و پیشرونده شناسایی شدند (جدول ۱، تصاویر ۷ ، ۸ و ۹).

تصویر ٥- گسترش منطقه ساحلی خلیج چابهار

تصویر ٦- خورهای رسوبی به عنوان زیستگاه پرندگان (فلامینگو)

جدول ١- نتایج ICP در نمونه‌های عمقی خور شور

Sample No.	Fe (%)	K (%)	Ca (%)	Al (%)	Mg (%)	Na (%)
S1-01-89	3.43	1.36	5.32	5.49	1.82	2.62
S1-02 -89	1.65	0.71	14.9	2.75	1.02	1.13
S1-03 -89	2.95	1.21	5.62	5.00	1.57	2.39
S1-04 -89	2.91	1.17	5.56	4.92	1.54	2.38
S1-05 -89	2.17	0.94	6.52	3.84	1.20	2.31
S1-06 -89	2.22	0.93	5.84	3.95	1.26	2.48
S1-07 -89	2.47	0.99	5.54	4.22	1.34	2.36
S1-08 -89	2.52	1.02	5.54	4.30	1.42	2.35
S4-01 -89	4.28	1.76	4.21	6.47	2.07	2.70
S22-07 -89	2.63	1.01	5.86	4.21	1.88	2.80
S22-08 -89	3.63	1.40	4.57	5.44	1.77	2.51
S22-09 -89	5.05	2.16	2.07	7.28	2.54	2.86

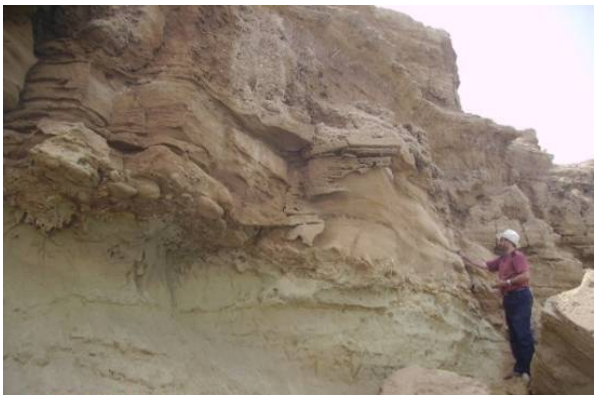


تصویر ۷- نمودار تغییرات نسبی سطح آب دریا، درصد فراوانی اجزای متشکله، برش تیاب، مقیاس ۱۰۰: ۱

تصویر ۸- نمونه‌ای از مغزه رسوبی خور پارک، عمق ۱ متری، رسوبات تبخیری در سطح به‌خوبی قابل مشاهده می‌باشند

تصویر ۹ – نحوه مغزه‌گیری از رسوبات منطقه ساحلی لیپار

بر اساس وجود تغییرات مقدار عناصر اصلی و مقایسه آنها با یکدیگر و کاهش مقدار دانه‌های آواری با منشاء خارج از حوضه، مشخص شد که از غرب به شرق چابهار شدت عمل پیشروی و پسروی آب دریا در تخریب سواحل کاهش می‌یابد، یعنی با تغییر خط مد آب و پیشروی آب، توسعه ساحلی خیلی کمتر از مناطق شرقی مثل رمین، لیپار و گواتر است (تصاویر ۱۰ و ۱۱).



تصویر ۱۰- واحد ماسه‌سنگی بایوکلاستی تشکیل شده در دماغه پزم

تصویر ۱۱- رخنمون واحد سنگی متشکل از تناوب ماسه‌سنگ و مارن در غرب پسابندر

همچنین با توجه به تغییرات عناصر اصلی به‌ویژه آهن، کلسیم، آلومینیوم، سدیم، منیزیم و منگنز و مقایسه آنها با یکدیگر، بررسی تغییرات وزنی بین عناصر، وجود بیشترین مقدار عناصر اصلی مذکور در رسوبات دانه ریز گلی و نیز باتوجه به عدم تشکیل دولومیت اولیه، منشاء تشکیل عناصر اصلی، آواری است. یکی دیگر از عوامل مهم تغییر سواحل، رودخانه‌های منطقه مانند رودخانه سرکان در غرب منطقه پزم و رودخانه لیپار در شرق منطقه است که در حالت طغیان سواحل را متاثر می‌سازند (تصویر۱۲). با توجه به منطقه فرورانش و عملکرد گسل‌های مزدوج و امتداد لغز (تصویر۱۳) و نقش نئوتکتونیک، تغییرات تخریبی حاصله نیز چشمگیر است، به‌طوری که ایجاد سواحل پرتگاهی در غرب و شرق این سواحل کاملاً مشهود بوده که در ایجاد رسوب و شکستگی بسیار مؤثر می‌باشند.

تصویر ۱۲- نمایی از رسوبات دشت سیلابی رودخانه لیپار با رسوبات گلی فراوان

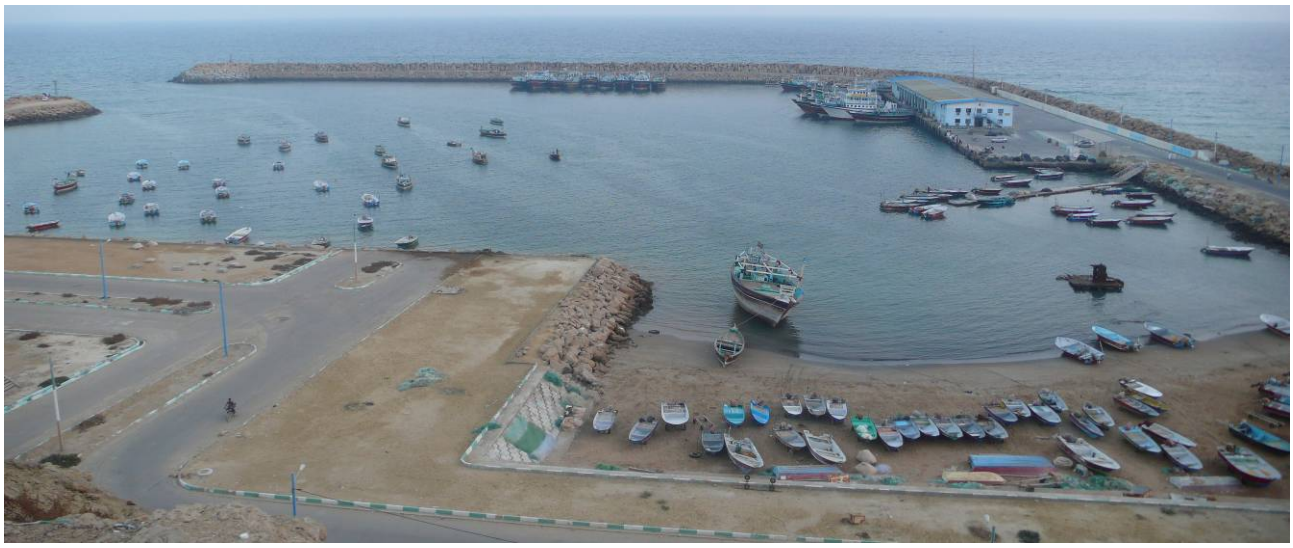
تصویر ۱۳- عملکرد توأم سیستم‌های درزه و شکاف در خردشدگی واحدهای سنگی شرق چابهار

فرسایش بادی، از دیگر عوامل مؤثر در تغییر خطوط ساحلی است. در طی زمان و به علت عدم تجانس هوا و خشکی، این تغییرات زیاد اتفاق افتاده که باعث حرکت تپه‌های ماسه ای و تخریب تپه‌های قدیمی شده است (تصویر ١٤).

تصویر ١٤- حرکت تپه‌های ماسه‌ای به علت وزش بادهای پر تداوم

با توجه به نرخ رسوب‌گذاری در بخش‌های مختلف ساحلی، امواج دارای بار رسوبی می‌شوند. این مسئله، باعث ایجاد موج‌های گلی شده که تحت تأثیر جریانات دریایی باعث فرسایش و تخریب سواحل می‌شوند (هرچند که تأثیر نیروی جزر و مد قابل توجه است).

فعالیت‌های عمرانی و بشری مانند توسعه راه‌های ساحلی، احداث و ساخت بنادر (صیادی یا تجاری)، توسعه شهری (مناطق مسکونی و تجاری) و احداث سدهای آبگیر نیز باعث تغییرات عمده‌ای به‌ویژه در محل اسکله‌ها شده است. سپس این عوامل با فعالیت‌های ناشی از پسروی آب دریا توام شده و باعث تخریب یا عقب نشینی دریا و در نهایت تخریب این نوع سازه‌ها می‌گردد. این تغییرات هم در غرب و هم در شرق سواحل قابل مشاهده می‌باشند. بنادر صیادی پسابندر، بریس، رمین، پزم و بنادر تجاری و نظامی که به‌ویژه در خلیج چابهار تا کنارک احداث شده‌اند، نقش قابل توجهی را در تغییرات خطوط ساحلی داشته‌اند (تصویر ١٥). مجاورت سواحل جنوب استان سیستان و بلوچستان با اقیانوس هند و دریای عمان، سبب شده که سواحل منطقه تحت تأثیر سونامی، شرایط آب و هوایی، اقلیم خاص ناحیه و تحت تأثیر طوفان‌های حاره‌ای قرار گرفته، که این موضوع در تخریب سواحل بسیار مؤثر می‌باشد.



تصویر ١٥- نمایی از تأثیر قابل توجه فعالیت‌های عمرانی در تغییرات شدید مناطق ساحلی

٥- نتیجه‌گیری

١- بر اساس وضعیت توسعه و تخریب در سواحل مکران در جنوب سیستان و بلوچستان، دو مجموعه سواحل ماسه‌ای پست (با شیب کم) و سواحل سنگی (حالت پرتگاهی) شناسایی گردید.

٢- پیمایش‌های میدانی و بررسی‌های زمین‌شناسی نشان داد که مهم‌ترین تغییرات خطوط ساحلی سنگی دریای مکران، پسروی و بالاآمدگی تدریجی آنهاست (سواحل پیشرونده).

٣- تنوع عوامل زمین‌شناسی به عنوان عوامل اصلی پیدایش واحدهای سنگی ساحلی دریای مکران تا حدود زیادی در ایجاد تغییرات ساحلی مؤثرند. البته با توجه به شواهد صحرایی مانند ساخت‌های رسوبی، وضعیت شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه، عوامل دیگری مانند جایگاه زمین ساختی و چینه‌شناسی، ماهیت سنگ‌شناسی و فرایندهای فرسایشی، در تغییرات خط ساحلی و بالا آمدگی سواحل مؤثرند.

٤- امواج رسیده به سواحل سنگی دریای مکران، به صورت طوفانی به سواحل حمله برده که در محل درزه و شکاف‌ها و بریدگی گوه‌های گسلی (به‌ویژه شرق مناطق رمین و لیپار) بیشترین تأثیر را دارد.

٥- بالا بودن ظرفیت حمل رسوب جریان‌های ساحلی منطقه نسبت به واردات رسوب از خشکی در سواحل سنگی، باعث شستن رسوبات تجمع یافته در دامنه دیواره‌های سنگی و بالاخره ادامه روند فرسایش و عقب نشینی ساحلی گردیده که این محل‌ها (از شرق اسکله شهید بهشتی تا غرب روستای پسابندر) برای ساخت، سوخت‌گیری و توسعه بنادر و اسکله‌ها مناسب نمی باشند.

٦- سواحل دریای مکران پس از تحمل بالا آمدگی کف حوضه به علت وجود زون فرورانش که در حال حاضر نیز ادامه دارد، در معرض دو گروه عوامل محیط های خشکی (عامل سازنده) و دریا (عامل مخرب) قرار گرفته‌اند، عوامل زمین‌شناختی، بعنوان عوامل اصلی محسوب می‌گردند. از طرفی سه سیستم گسلی شامل گسلهای طولی، مزدوج و نرمال، بطور متقاطع و گسترده در واحدهای سنگی ساحلی عمل نموده و شبکه وسیعی از درزه، شکاف و گوه‌های گسلی را در سواحل مکران ایران ایجاد نموده است.

در این شرایط واحدهای سنگی تحت تأثیر فرایندهایی مانند انحلال، تجزیه و دگرسانی اجزاء سازنده، دچار پوکی فزاینده شده‌اند و سواحل را در برابر هجوم، ضربه امواج و بارگذاری‌های موضعی بسیار آسیب پذیر می‌نمایند.

٦- در برخی نقاط مانند شرق رمین تا غرب پسابندر، این عوامل به تنهایی ریزش و جدایش بلوکه‌های سنگی ساحلی و نهایتاً عقب نشینی آنها را موجب شده است. در دیگر نقاط ساحلی مانند دیواره‌های دریایی حدفاصل خلیج‌های پزم و چابهار و نیز گواتر، عوامل هیدرودینامیکی (مانند اثر امواج)، اقلیمی (مانند بادهای مونسون) و فرسایش بادی، به عنوان عوامل مکمل عوامل اصلی در فرسایش و عقب نشینی سواحل سنگی نقش داشته‌اند.

٧- عوامل مؤثر در تغییرات منطقه در سواحل غیر سنگی همان عوامل مؤثر در واحدهای سنگی است. البته، در این مناطق تأثیر عوامل هیدرودینامیکی و اقلیمی متمایزتر شده که تغییرات کوتاه مدت خود را نشان داده است. همچنین نقش پروژه‌های عمرانی در تغییرات ساحلی بسیار قابل مشاهده است.

٨- سواحل پسرونده در خلیج چابهار و پزم، شاخص یک ساحل پسرونده در زمان پیشروی آن به سمت دریا می‌باشند.

٩- بهترین مناطق ساحلی جهت ساخت و توسعه اسکله‌ها (اعم از تجاری، صیادی، سوخت گیری)، بنادر و سایر سازه‌های دریایی در جنوب استان سیستان و بلوچستان شامل مناطق ساحلی واقع در حواشی خلیج پزم، خلیج چابهار، شرق آب شیرین کن، سواحل تیس و تا حدودی سواحل واقع در جنوب روستای تیاب پیشنهاد می‌گردند.

مراجع

آقانباتی، ع.، ١٣٨٨، "زمین‌شناسی ایران"، *سازمان زمین‌شناسی کشور، ٦٠٦ ص.*

احراری رودی، م.، موسوی‌حرمی، س. ر.، محبوبی، ا. و نجفی، م.، ١٣٨٥، "بازنگری سن و تفسیر تاریخچه رسوبگذاری پادگانه‌های دریایی شرق چابهار"، *دهمین انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ٩ ص.*

سازمان منطقه آزاد چابهار، واحد گردشگری، ١٣٨٥، "آشنایی با مراکز تاریخی و آثار باستانی چابهار"، *٢٥ ص.*

صمدیان، م. ر. و جعفریان، م. ب.، ١٣٧٥، "نقشه زمین‌شناسی ورقه ١٠٠٠٠٠: ١ چابهار"، *سازمان زمین‌شناسی کشور.*

محمدی، ع. و لک، ر. ، ١٣٨٩، "گزارش رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی حوضه رسوبی دریای عمان"، *سازمان زمین‌شناسی کشور ، ٨٧ ص.*

موسوی حرمی، س. ر.، ١٣٨٨، "رسوب‌شناسی"، *مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی- مشهد، ٤٤٠ ص.*

هاشمی، م.، ١٣٨٥، "بررسی زمین‌شناسی مهندسی ورقه ١٠٠٠٠٠:١ چابهار"، *گزارش داخلی سازمان زمین‌شناسی کشور، ٣٧ ص.*

Bloom, A. L., Broecker, W. S., Chappell, J. M. A., Matthews, R. K. & Mesolella, K. J., 1974, "Quaternary sea level fluctuations on a tectonic coast: New 230TH/234U dates from the Huon Peninsula, New Guinea", *Quaternary Research, Vol. 4 (2): 185-205.*

Dolati, A., 2010, "Stratigraphy, structural geology *and* low-temperature termochronology across *the* Makran accretionary wedge *in* Iran", *Diss ETH, No. 19151, 215 pp.*

Miall, A.D., 1996, "The Geology of Stratigraphic Sequences", *Springer; 1 edition, 433 pp.*

Reyss, J. L., Pirazzoli, P. A., Haghipour, A., Hatté, C. & Fontugne, M., 1999, "Quaternary marine terraces and tectonic uplift rates on the south coast of Iran", *Geological Society, London, Special Publications, Vol. 146: 225-237.*

Vernant, P. H., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbasi, M. R. Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Matinod, J., Ashtian, A. & Chery, J., 2004, "Present day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and Northern Oman", *Geophysical Journal International, Vol. 157 (1): 381-398.*

Wanner, H., Solomina, O., Grosjean, M., Ritz, S. P. & Jetel, M., 2011, "Structure and origin of Holocene cold events", *Quaternary Science Reviews, Vol. 30: 3109-3123.*

Zuffa, G. G., Cibin, U. & Giulio, A. D., 1995, "Areenite petrography in sequence stratigraphy", *The Journal of Geology, Vol. 103: 451-459.*