

بررسی اثرات امواج مونسون بر ویژگی‌های رسوب‌شناسی رسوبات خلیج چابهار

محمد آفرین^{۱*} و محمدعلی حمزه^۲

۱ - کارشناس ارشد مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران

۲ - استادیار مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران

نویسنده مسئول: afarin.m@inio.ac.ir

دریافت: ۹۹/۱۰/۶ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۱۸

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

از ویژگی‌های منحصر به فرد دریای عمان وجود چرخه‌های موسمی است که تأثیر عمده‌ای بر خصوصیات محیطی منطقه دارد. هدف اصلی از این پژوهش، تعیین اثرات امواج حاصل از بادهای موسمی بر ویژگی‌های رسوب‌شناسی و نیمرخ‌های ساحلی خلیج چابهار است. روش کار شامل دانه‌بندی رسوبات با الک تر و دانه‌بندی لیزری، سنجش مقدار کربنات کلسیم و مواد آلی، نقشه‌برداری و برداشت نیمرخ‌های ساحلی در دو مرحله اوایل مونسون و پس از مونسون است. بر اساس مطالعه بافت رسوبی و اندازه ذرات، محیط رسوبی خلیج چابهار در زمان مونسون به سه بخش تیس و آب شیرین‌کن (عمدتاً ماسه‌ای)، کنارک (عمدتاً رسی) و دهانه خلیج (عمدتاً ماسه گلی) و پس از مونسون به سواحل تیس (ماسه نسبتاً زیاد)، کنارک و دهانه خلیج (سیلت نسبتاً زیاد) و آب شیرین‌کن (با نسبت مساوی ماسه و سیلت) تفکیک گردید. نتایج نشان داد امواج پرانرژی مونسون تابستانه با جهت جنوب-جنوب خاوری موجب فرسایش و جابجایی ذرات دانه ریزتر و در نتیجه افزایش نسبی سهم ذرات دانه درشت‌تر ماسه‌ای در بخش‌های خاوری و میانی خلیج (ایستگاه‌های تیس ساحلی و عمقی و آب شیرین‌کن) می‌گردد. بخش باختری خلیج چابهار (ایستگاه‌های کنارک ساحلی و عمقی)، به دلیل قرارگیری در پشت دماغه کنارک، کمتر تحت تأثیر امواج مونسون تابستانه (جنوب غربی) قرار گرفته و رسوبات آن در زمان مونسون دانه ریزتر می‌گردند (اغلب رسی). این حالت به دلیل تأمین رسوبات توسط جریان‌های موازی ساحل نیز روی می‌دهد. پس از مونسون، کاهش انرژی امواج موجب رسوب‌گذاری ذرات دانه ریزتر سیلتی و ایجاد پشته‌های ماسه‌ای در نواحی ساحلی خلیج چابهار می‌گردد. این امر موجب می‌شود رسوب‌گذاری در اطراف اسکله‌های بخش خاوری خلیج (اسکله شهید بهشتی، شهیدکلانتری، هفت تیر و تیس) به ندرت صورت گیرد، در حالی که اسکله کنارک در بخش غربی با رسوب‌گذاری زیادی مواجه شود.

واژگان کلیدی: مونسون تابستانه، دریای عمان، بافت رسوبات، مقطع عمود بر ساحل

۱- پیشگفتار

۱۹۶۴؛ آناملایی و مورتوگودده، ۲۰۰۵؛ سینگ و جی هو، ۲۰۰۷). شناخت ماهیت تغییرات خط ساحلی در این نواحی با تمرکز جمعیتی بالا نقش بسیار مهمی در مدیریت سواحل و نحوه ایجاد زیرساخت‌های ساحلی دارد. تغییرات فصلی مونسون اقیانوس هند به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای سامانه اقلیمی جهان، شامل مونسون جنوب باختری (مونسون تابستانه) و مونسون جنوب خاوری (مونسون زمستانه) به ترتیب آسیای جنوب خاوری و آسیای جنوب باختری را تحت تأثیر باران‌های سیل‌آسا و امواج شدید خود قرار می‌دهد (وبستر و همکاران، ۱۹۹۸). بطور مثال اثرات مونسون اقیانوس هند در سواحل مالزی شامل فرسایش ساحلی در زمان اوج فعالیت مونسون جنوب خاوری در

نواحی بین جزرومدی یکی از پویاترین محیط‌های رسوبی هستند که در آن‌ها تغییرات ریخت‌شناسی توسط امواج عمود بر ساحل و یا موازی آن دائماً در حال انجام است. تغییرات فصلی فرسایش و رسوب‌گذاری سواحل یکی از مهم‌ترین علل تنوع ریخت‌شناسی در بسیاری سواحل است که در آن‌ها تغییرات انرژی امواج در اثر چرخه‌های اقلیمی در فصول مختلف روی می‌دهد (بئرد، ۲۰۰۸). در نواحی تحت تأثیر امواج با انرژی فصلی متغیر، چرخه‌های سالیانه فرسایش و رسوب‌گذاری در فصول مختلف سال مشاهده می‌گردد که موجب تغییر شکل نوار ساحلی و تأثیر بر زیست بوم‌ها و زیرساخت‌های ساحلی می‌شود (دارلینگ،

بررسی رسوب‌شناسی رسوبات سطحی خلیج چابهار و تغییر نیمرخ‌های ساحلی در بازه زمانی اوایل مونسون و پس از مونسون، اثرات پدیده اقلیمی مونسون بر ویژگی‌های رسوب‌شناسی و محیط‌رسوبی خلیج چابهار از نظر بافت رسوبات و چگونگی جابجایی و انتقال رسوبات در بخش‌های مختلف خلیج چابهار ارزیابی و تفسیر می‌گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- شرایط محیطی خلیج چابهار

خلیج چابهار که از دیدگاه زمین ریخت‌شناسی، به خاطر شکل حلقه‌ای (Ω) خود از نوع خلیج‌های آمگایی شناخته می‌شود، در کناره دریای مکران (عمان) و در محدوده طول جغرافیایی $25^{\circ} 30' 25''$ و $60^{\circ} 32' 45''$ و عرض جغرافیایی $17^{\circ} 15' 25''$ و $08^{\circ} 26' 25''$ واقع گردیده است (شکل ۱). این خلیج یک محیط آبی نیمه بسته است که هم رسوبات آواری کوارتز، کلسیت، کانی‌های رسی و سنگین و هم رسوبات کربناته در آن در حال ته‌نشینی هستند (لک، ۱۳۷۹؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۶). عرض دهانه این خلیج در حدود $13/5$ کیلومتر و عمق آب در دهانه آن در حدود $14/5$ متر است. طول این خلیج در راستای خاوری-باختری در عریض‌ترین قسمت، حدود 20 کیلومتر و عرض آن در راستای شمالی-جنوبی 17 کیلومتر است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۶؛ محمدی و درویشی‌خاتونی، ۱۳۹۱). رودخانه‌های فصلی شور، پارک و کنارک به خلیج چابهار می‌ریزند که در محل ورود این رودخانه‌ها به خلیج چابهار، خور تشکیل شده (شکل ۱) که دریا از طریق این خورها ناحیه بالای جزرومدی پشت خط ساحلی را در مواقع توفانی و بخصوص در فصل مونسون مرطوب می‌کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

خلیج چابهار بعنوان بزرگ‌ترین خلیج در سواحل دریای عمان مطرح می‌باشد. بنادر تجاری و ترانزیتی چابهار و کنارک در خاور و باختر خلیج چابهار نیز بزرگ‌ترین بنادر ایرانی دریایی عمان هستند. بندر چابهار از خوش آب و هوای بنادر جنوبی ایران به شمار می‌رود که قرار گرفتن در مسیر بادهای موسمی شبه قاره هند (مونسون) در تابستان، چابهار را به خنک‌ترین و در زمستان آن را به گرم‌ترین بندر جنوبی کشور تبدیل کرده است (کميجانی و چگینی، ۱۳۹۱). میانگین دما در بندر چابهار 27 درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه در این شهرستان

زمستان و برف‌زدگی رسوبات ساحلی در زمان افول آن در تابستان است (وونگ، ۱۹۸۱؛ اسپیربر و همکاران، ۲۰۰۰). سامانه اقلیمی مونسون جنوب باختری از ویژگی‌های منحصر به فرد دریای عمان است که تأثیر زیادی بر خصوصیات محیطی و زیست‌بوم سواحل آن دارد (شات و مک کریتری، ۲۰۰۱؛ ویرتکی، ۱۹۷۳). مونسون اقیانوس هند که محدوده اصلی فعالیت آن از سواحل مرزی ایران و پاکستان به سمت شبه قاره هند است، همه‌ساله از اوایل خرداد تا اواخر شهریور سواحل منطقه چابهار را تحت تأثیر امواج قوی خود قرار می‌دهد (حبیبی، ۱۳۷۹). بادهای موسمی حاصل از این پدیده اقلیمی با ایجاد امواج قوی موجب برداشتن رسوبات بستر و حمل آن به سمت مناطق آرام‌تر که در پناه موانع فیزیکی هستند می‌گردد (ویسواناتان و همکاران، ۲۰۰۳؛ سنگوپتا و همکاران، ۲۰۰۱). تنوع رسوبات آواری، شیمیایی، بیوشیمیایی و تأثیر آن‌ها بر سازه‌های ساحلی و پایداری سواحل، جابجایی خطوط ساحلی، عوامل زیست‌محیطی و تأثیر رسوبات بر حیات موجودات کفزی و فراوانی آن‌ها، شناخت رسوبات ساحلی این ناحیه را بسیار پراهمیت می‌نماید. بنابراین، با توجه به نقش رسوبات و سرعت رسوب‌گذاری بر روی سازه‌های دریایی و نیز اهمیت رسوبات در حیات موجودات کفزی، بررسی رسوب‌شناسی و نحوه تجمع رسوبات در سواحل ایرانی دریای عمان و خلیج چابهار اطلاعات بسیار مفیدی در احداث و نگهداری سازه‌های ساحلی و دریایی و بعضاً تعیین منبع آلاینده‌های زیست‌محیطی در آینده ارائه خواهد نمود. تحقیقات اندکی در خصوص تأثیر مونسون بر رسوب‌شناسی رسوبات بستر سواحل ایرانی دریای عمان و خلیج چابهار صورت گرفته است. عمده مطالعات با عناوین مونسونی مربوط به شرایط اکولوژیک و زیستی است (لقمانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ توتونی و همکاران، ۱۳۹۵؛ فاضلی و زارع، ۲۰۱۱؛ فاضلی و همکاران، ۲۰۱۳). از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعات نیکوئیان (۱۳۸۰)، طاهری و همکاران (۲۰۱۰) اشاره نمود. تحقیقات مذکور نشان از کاهش تراکم ماکروبن‌توزها در فصل پس مونسون و افزایش آن در فصل پیش مونسون دارد. سایر مطالعات بر روی خواص رسوبی و ژئوشیمی رسوبات منطقه است که می‌توان به تحقیقات احرازی‌رودی (۱۳۹۲)، لک (۱۳۷۹)، محمدی و همکاران (۱۳۸۵) اشاره نمود. در این مقاله، با

۲-۲- امواج و جریان‌های دریایی

امواج یکی از مهم‌ترین عوامل هیدرولوژیک تاثیرگذار بر روی رسوبات، نحوه توزیع آن‌ها و نیز ساخت‌ها و ریخت‌شناسی سواحل در خلیج چابهار می‌باشند. امواج سواحل ایرانی دریای عمان در زمان‌های مختلف سال دارای ویژگی‌های متفاوتی هستند و قدرت تخریبی و ارتفاع آن‌ها در داخل خلیج چابهار کمتر از سواحل باز دریای عمان است. این امواج به‌خصوص در تابستان در سواحل ماسه‌ای خلیج چابهار موجب گردش‌گی، کرویت، جورشدگی و نیز بلوغ بافتی رسوبات ساحلی می‌گردد. هم‌چنین در سواحل صخره‌ای با تخریب پرتگاه‌های ساحلی موجب پسروری سواحل و پیشروی آب دریا به سمت خشکی شده و در واقع نقش تخریب کننده دارد (لک، ۱۳۷۹). شدیدترین امواج منطقه، امواج حاصل از مونسون جنوبی جنوب خاوری هستند که بزرگی آن‌ها به سه متر می‌رسد (ساکت و اعتمادشهبیدی، ۲۰۱۲؛ شاه‌حسینی و همکاران، ۲۰۱۸). در طی بازه زمانی ۲۳ ساله منتهی به سال ۱۳۸۶ بادهای جنوب-جنوب باختری بیش‌ترین شدت را در منطقه نشان می‌دهند (حدود ۹ متر بر ثانیه) (ساکت و اعتماد شهبیدی، ۲۰۱۲). میانگین ماهانه انرژی امواج نشان می‌دهد قدرت امواج محدوده مورد بررسی از حدود ۱ تا ۲/۵ کیلووات بر متر در نوسان است که بیش‌ترین آن متعلق به محدوده زمانی مونسون و کم‌ترین آن مربوط به زمان پس از مونسون (پاییز) است. میانگین سالانه انرژی امواج ۸/۲ کیلووات بر متر است. بر اساس داده‌های شدت امواج، ساکت و اعتماد شهبیدی (۲۰۱۲) تغییرات رژیم امواج منطقه به سه دوره زمستان تا اواسط بهار، اواخر بهار و تابستان (بیش‌ترین انرژی امواج) و نهایتاً پاییز (دوره آرام) تقسیم‌بندی نمودند (شکل ۱ ب). جهت حرکت امواج در فصول قبل از مونسون از سمت جنوب باختر است که با شروع مونسون به سمت جنوب و جنوب خاوری تغییر جهت می‌دهند و به ارتفاع امواج افزوده می‌شود.

جریان‌های دریایی در دریای عمان عمان و خلیج چابهار در نتیجه عملکرد متقابل بادهای و آب دریا است. آثار و مسیر این جریان‌ها را می‌توان از طریق نحوه پراکنش و انتقال مواد معلق شناسایی نمود. در خلیج چابهار جریان‌های دریایی بصورت جریان‌های موازی با ساحل^۲ وجود دارد و

۱۰۵ میلی‌متر ثبت شده که ۶۴ درصد آن مربوط به ماه‌های دی، بهمن و اسفند است. حداکثر و حداقل رطوبت به ترتیب ۶۷ و ۵۴ درصد است که بیش‌ترین میزان آن در اردیبهشت و خرداد دیده می‌شود (کميجانی و همکاران، ۱۳۹۰).

سواحل چابهار را می‌توان در زمره دشت‌های کرانه‌ای^۱ طبقه‌بندی نمود (شاه‌حسینی و همکاران، ۲۰۱۸)، که در آن یک جلگه ساحلی توسط پشته‌های ماسه‌ای متوالی عمدتاً موازی با ساحل پوشیده شده که این پشته‌ها نیز توسط گودی‌هایی از هم جدا شده‌اند (شفرز و همکاران، ۲۰۱۲). این ریخت‌شناسی معرف نواحی در حال بالآمدگی تکتونیک هستند. سواحل خلیج نیم دایره‌ای چابهار تا حدودی توسط سواحل بالآمده دماغه‌ای شکل (دماغه کنارک و به میزان کمتر دماغه چابهار) در برابر امواج اقیانوسی و توفان‌های حاره‌ای محافظت می‌گردند (شاه‌حسینی و همکاران، ۲۰۱۸). سواحل مورد بررسی در زمره سواحل تحت تأثیر امواج طبقه‌بندی می‌شوند.

جریان ورودی رودخانه‌ها به خلیج چابهار اغلب فصلی و به‌صورت موقت بوده و بندرت اتفاق می‌افتد. به‌طور کلی در مورد بیشینه بار رسوبی وارد شده به خلیج چابهار از طریق رودخانه‌ها دو نظریه مطرح است (نورماند و همکاران، ۲۰۱۹). در حالت اول، به نظر می‌رسد در زمان هولوسن، رودخانه‌هایی با جریان آب دائمی (رودخانه سرگان) برقرار بوده و از این طریق حجم زیادی از رسوبات دانه‌درشت (اغلب ماسه‌سیلتی) وارد خلیج چابهار شده است. در حال حاضر، به علت تغییر مسیر رودخانه سرگان به سمت خلیج پزم، ورودی رسوبات دانه‌درشت رودخانه‌ای به خلیج چابهار کاهش یافته و رسوبات به‌طور عمده از فرسایش تشکیلات زمین‌شناسی (گلسنگ‌ها و ماسه‌سنگ‌های آهکی) و حمل ذرات دانه ریزتر سیلتی توسط باد از تپه‌های ماسه بادی نوار ساحلی و اطراف خلیج چابهار نشأت گرفته‌اند (غریب‌رضا، ۲۰۱۶؛ غریب رضا و معتمد، ۲۰۰۶).

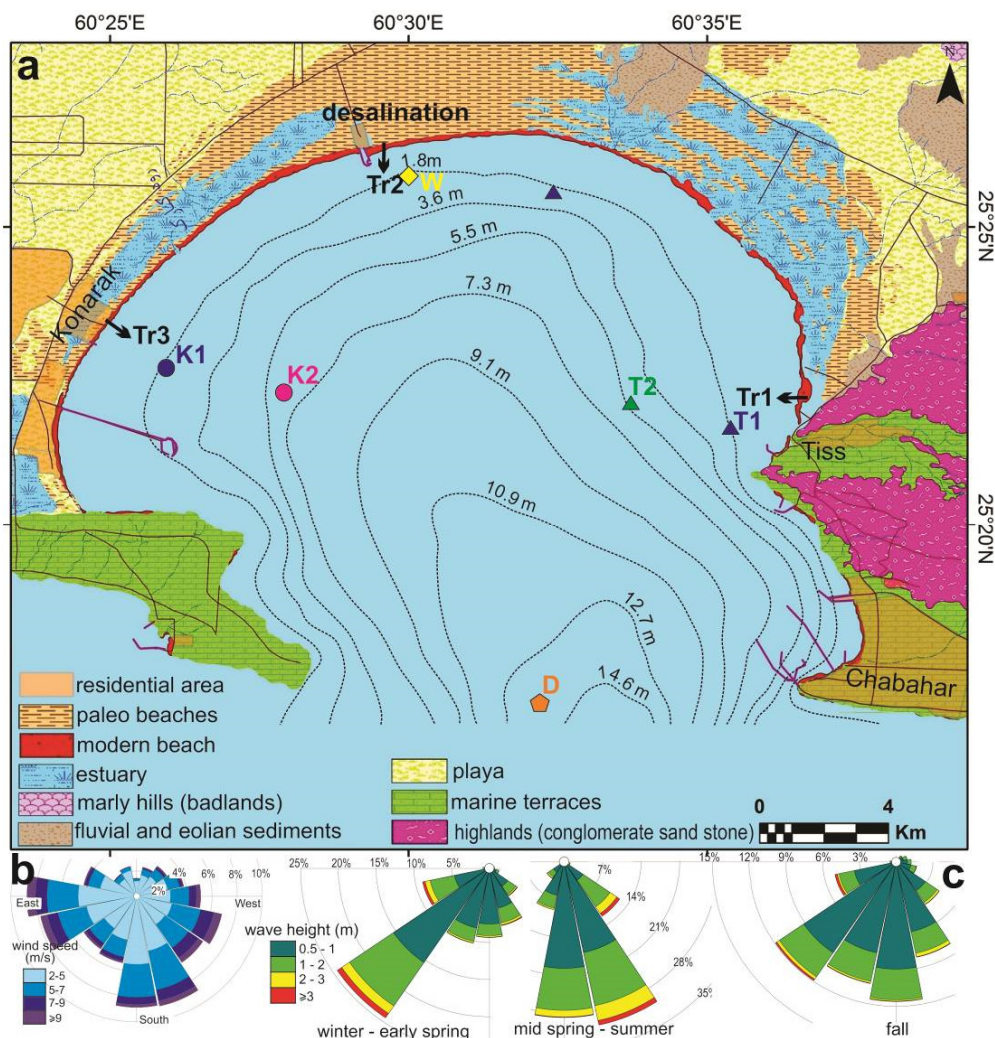
در حالت دوم، اعتقاد بر این است که پیشروی و ورود رسوبات به خلیج چابهار در حال حاضر نیز به قوت خود باقی است و این امر از طریق طغیان رودخانه‌های فصلی صورت می‌گیرد (شاه‌حسینی و همکاران، ۲۰۱۸).

² Longshore currents

¹ Strand plain

صورت افقی و جانبی دیده می‌شود. طبق آمار سازمان نقشه‌برداری کشور حداقل و حداکثر جزر در بندر کنارک به ترتیب ۰/۷۱ و ۱/۴۱ متر و حداکثر و حداقل مد هم به ترتیب ۲/۸۱ و ۲/۱۱ متر می‌باشد. هم‌چنین حداقل و حداکثر جزر در بندر چابهار به ترتیب ۰/۷۳ و ۱/۲۴ متر و حداکثر و حداقل مد هم به ترتیب ۲/۵۹ و ۲/۰۸ متر می‌باشد. بر این اساس، سواحل دریای عمان در محدوده خلیج چابهار، جزء سواحل با جزرومد متوسط^۳ طبقه‌بندی می‌شود (محمدی، ۱۳۸۶).

دلیل این امر نیز وجود زبانه‌های ماسه‌ای در دهانه رودخانه‌های فصلی شور، پارگ و کنارک است. بطور مثال ایجاد بند بر روی رودخانه پارگ (در عرض چند سال قبل)، مانع از ورود آب به داخل خلیج می‌گردد، لذا دهانه رودخانه پارگ بر اثر عملکرد جریان‌های دریایی موازی ساحل و ایجاد زبانه‌های ماسه‌ای کاملاً مسدود شده است. با توجه به ریخت‌شناسی سواحل خلیج چابهار، نوسانات سطح آب به صورت جزرومد در مناطق صخره‌ای که شیب بستر زیاد است بصورت قائم و بصورت تغییرات ارتفاعی می‌باشد و برعکس در سواحل با مورفولوژی ملایم این نوسانات به



شکل ۱. الف: نقشه زمین‌شناسی محدوده خلیج چابهار با نمایش عمق بستر و ایستگاه‌های نمونه‌برداری و تهیه نیمرخ عمود بر ساحل (پیکان ها)، ب: جدول مشخصات ایستگاه‌ها، ج: گلباد در طول سال و د: گلموج در زمان‌های مختلف سال زمان مونسون، قبل و بعد از آن (ساکت و اعتماد شهیدی، ۲۰۱۲).

۲-۳- روش مطالعه

۲-۳-۱- مطالعات میدانی و تهیه نیمرخ عمود بر

ساحل

تهیه نیمرخ سواحل جهت شناسایی شرایط توپوگرافی و تغییرات عمق ساحل توسط ترازیب نیوو و میله مدرج انجام گردید. نیمرخ‌های ساحلی همزمان با نمونه‌برداری در بازه زمانی اوایل مونسون و پس از مونسون در سه برش عمود بر ساحل تیس، آب شیرین‌کن و کنارک از پهنه بالای جزرومدی تا مرز بیش‌ترین حد جزر برداشت و ترسیم گردید. زمان برداشت نیمرخ ثبت گردید تا ارتفاع سطح آب در زمان تهیه نیمرخ و ارتفاع آب در حالت جزر و مد بعداً توسط داده‌های هیدروگرافی تعیین گردد. فاصله بین دو اندازه‌گیری متوالی ۵ متر انتخاب گردید. نیمرخ نهایی بصورت نمودار توسط نرم‌افزار Excel 2013 تهیه و بوسیله نرم‌افزار CoreIDRAW X7 پردازش گردید.

۲-۳-۲- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری در ماه‌های آذر ۱۳۹۲ و خرداد ۱۳۹۳ طی دو مرحله پس از مونسون و اوایل مونسون از شش ایستگاه (تیس ساحلی و عمقی، کنارک ساحلی و عمقی، آب شیرین‌کن و دهانه خلیج) منطقه زیر جزرومدی خلیج چابهار صورت گرفت (شکل ۱). نمونه رسوب از هر ایستگاه با سه تکرار توسط گرب وان وین با سطح مقطع ۲۵۰ سانتی‌متر مربعی برداشته شد و در هر ایستگاه عمق برداشت رسوب و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها نیز ثبت گردید.

۲-۳-۳- مطالعات آزمایشگاهی

۲-۳-۳-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها برای آنالیز اندازه

ذرات

به دلیل این‌که رسوبات مورد مطالعه تقریباً عاری از قلوه‌سنگ بودند، ۵۰ گرم نمونه جهت دانه‌بندی برداشت گردید، زیرا میزان بیشتر نمونه رسوب انتخابی موجب وقت‌گیر شدن دانه‌بندی گردیده و داده‌های قابل اتکایی ارائه نمی‌کند (کرومبین، ۱۹۳۸). قبل از شروع آزمایش دانه‌بندی به روش الک تر، مقداری نمونه رسوب داخل بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری از قبل توزین شده قرار داده شد و با ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید. سپس نمونه‌ها داخل دستگاه خشک‌کن (آون) قرار گرفت؛

در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت کاملاً خشک گردید. پس از خشک‌شدن، نمونه‌ها دوباره توزین گردید و میزان آب تیخیر شده در آن‌ها محاسبه شد. با توجه به میزان شوری آب دریا در مجاورت رسوب که در حین نمونه‌برداری ثبت شده بود و میزان وزن آب موجود در رسوبات، میزان نمک موجود در رسوب به گرم اندازه‌گیری و از وزن نمونه رسوب خشک، کسر گردید. دلیل این کار این است که به هنگام دانه‌بندی با الک تر، نمک موجود در نمونه رسوب در آب حل شده و از نمونه خارج می‌شود. بنابراین اگر وزن نمک موجود در نمونه رسوب، از آن کسر نگردد، موجب می‌شود که میزان ذرات سیلت و رس را بیشتر از میزان حقیقی نشان دهد. در مرحله بعد (پس از خشک کردن) محتوای کربنات کلسیم موجود در رسوبات حذف گردید. برای این کار سعی گردید در ابتدا ذرات درشت صدف‌های کربنات کلسیمی به صورت دستی حذف گردد. سپس مابقی دانه‌های ریز کربنات کلسیم به روش اضافه نمودن اسید کلریدریک سرد و رقیق (۱۰٪) حل گردید و پس از آنبوبی با آب مقطر، از رسوب خارج گردید (جکسون، ۱۹۵۶). در نمونه‌هایی که میزان مواد آلی بیش از ۳ درصد باشد، حضور این مواد می‌تواند موجب چسبیدن برخی دانه‌ها به هم شود و موجب تغییر در نتایج دانه‌بندی گردد. برخی از نمونه‌ها که از نظر ظاهری دارای رنگ تیره بودند داخل بشر ۶۰۰ میلی‌لیتری قرار داده شدند و حدود ۱۰ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد به آن اضافه گردید و مواد آلی موجود در آن اکسید شده و به صورت کربن دی‌اکسید از نمونه خارج گردید (ساهو، ۱۹۶۴). در صورت نیاز این کار تکرار گردید تا اینکه رنگ نمونه روشن و حباب‌های ناشی از واکنش ناپدید شد. در نهایت رسوبات مجدداً خشک و توزین گردید.

۲-۳-۳-۲- دانه‌بندی به روش الک تر و لیزری

نمونه رسوبات آماده‌سازی شده برای دانه‌بندی با قطر بین ۲ تا ۰/۰۶۳ میلی‌متر به روش الک تر، توسط سامانه الک شیکر با سری الک‌های منطبق با استاندارد MATEST به مدت متوسط ۳۰ دقیقه مورد آنالیز قرار گرفت (لوپیس و مک کونچی، ۱۹۹۴؛ بلر و مک فرسون، ۱۹۹۹). در این روش تعداد ۶ الک با شماره‌های ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۶۳ میلی‌متر به ترتیب از ریز به درشت (پایین به بالا)

آمدن سطح مایع برای ایجاد تعادل فشار در دو طرف لوله است، حجم گاز را می‌توان از روی حجم جابجایی مایع در لوله استوانه‌ای اندازه گرفت. اگر این حجم برابر V سانتی‌متر مکعب باشد با استفاده از رابطه زیر می‌توان میزان آهک در رسوب را محاسبه نمود (داسل و همکاران، ۲۰۰۹). در این فرمول A وزن رسوب بر حسب گرم و V میزان جابجایی ستون آب در لوله می‌باشد.

$$P = \frac{V}{2.24 \times A}$$

۲-۳-۳-۴- سنجش مواد آلی

در این مقاله جهت تعیین میزان مواد آلی رسوبات از روش کوره الکتریکی استفاده گردید (هیثری و همکاران، ۲۰۰۱). در این روش ۲ گرم رسوب کاملاً خشک شده داخل بوته چینی از قبل توزین شده قرار داده شد، در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲ ساعت داخل کوره الکتریکی قرار گرفت. پس از سرد شدن نمونه، میزان رسوب موجود در بوته چینی دوباره توزین و درصد کاهش وزن نمونه به عنوان درصد وزنی مواد آلی موجود در رسوب گزارش گردید.

۲-۳-۳-۴- نام‌گذاری رسوبات و عملیات آماری

نام‌گذاری رسوبات توسط نمودار مثلثی فولک (۱۹۸۰) انجام شد (شکل ۲). محاسبات مربوط به میانگین، انحراف معیار و رسم نمودارها و تنظیم جداول با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel انجام گردید (جدول ۱). به منظور ایجاد درک بهتری از نحوه توزیع ذرات رسوبی در خلیج چابهار، نقشه توزیع رسوبات در ایستگاه‌های مورد مطالعه توسط نرم‌افزار ArcGIS 10 تهیه گردید (شکل ۴).

۳- نتایج

نتایج حاصل از دانه‌بندی، کلسیمتری و مواد آلی به همراه بافت رسوبات در نمونه‌های اوایل مونسون و پس از مونسون در جدول ۱ مقایسه شده است. بر اساس داده‌های جدول ۱ و شکل‌های ۲ تا ۴، خلیج چابهار در زمان مونسون از نظر اختصاصات رسوب‌شناسی و بافت رسوبی به سه بخش مجزا قابل تفکیک است: ۱) ایستگاه‌های تیس ساحلی و عمقی و ایستگاه آب شیرین‌کن، بصورت عمده دارای ذرات ماسه است، به طوری که این ایستگاه‌ها به ترتیب ۹۷، ۹۸/۲ و ۸۳ درصد از ذرات ماسه را به خود اختصاص داده‌اند؛ ۲) ایستگاه کنارک ساحلی و عمقی که عمدتاً

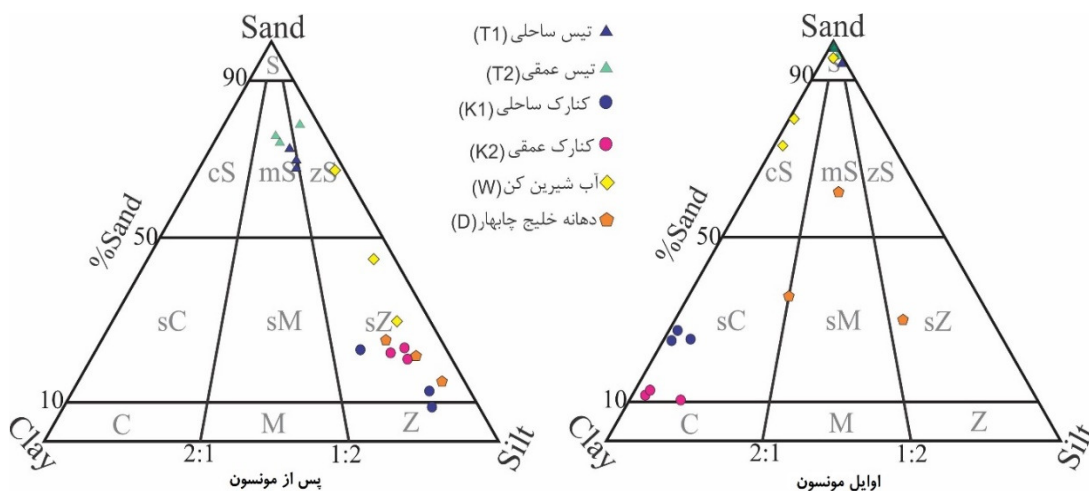
روی هم قرار داده شدند (ASTM 1988؛ شاو، ۱۹۶۵؛ تاکر، ۱۹۸۸). بر روی الک فوقانی درپوشی قرار داده شد که یک شیلنگ آب به آن متصل می‌باشد تا آب از بالا با فشار روی نمونه بپاشد. در زیر الک تحتانی نیز یک ظرف متصل به شیلنگ قرار داده شد تا آب خروجی از زیر الک را به ظرف بزرگی جهت ته‌نشست رسوبات دانه‌ریز سیلت و رس هدایت نماید. پس از پایان دانه‌بندی، الک‌ها حاوی نمونه رسوب داخل خشک‌کن در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس الک‌های حاوی رسوبات توزین شد و با در دست داشتن وزن الک‌های خالی، وزن خالص رسوبات روی هر الک مشخص گردید (رحیم‌زاده، ۱۳۷۸). ذرات عبوری از الک شماره ۶۳ میکرون (گل) پس از ته‌نشینی و خروج آب اضافی، به وسیله دستگاه دانه‌بندی لیزری Laser Particle Sizer 22 آنالیز شد (سیویتسکی، ۲۰۰۷؛ مرکوس، ۲۰۰۹؛ والسنگار، ۱۹۹۲). برای این کار، پس از جدایش ذرات در حمام اولتراسونیک و اضافه نمودن چند قطره ماده پراکنده کننده پیروفسفات سدیم ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) با غلظت ۰/۵ درصد، نمونه رسوب درون محفظه دستگاه دانه‌بندی لیزری قرار داده شد (گربر، ۲۰۰۴). پس از آنالیز مقادیر سیلت و رس، قطر این ذرات بر مبنای میکرون اندازه‌گیری شد. در پایان پس از تجزیه و تحلیل نمودارهای حاصله و تلفیق آن با نتایج دانه‌بندی الک تر، مقادیر ماسه، سیلت و رس بر مبنای ۱۰۰ درصد محاسبه گردید (جدول ۱).

۲-۳-۳-۲- کلسیمتری (کربنات‌سنجی)

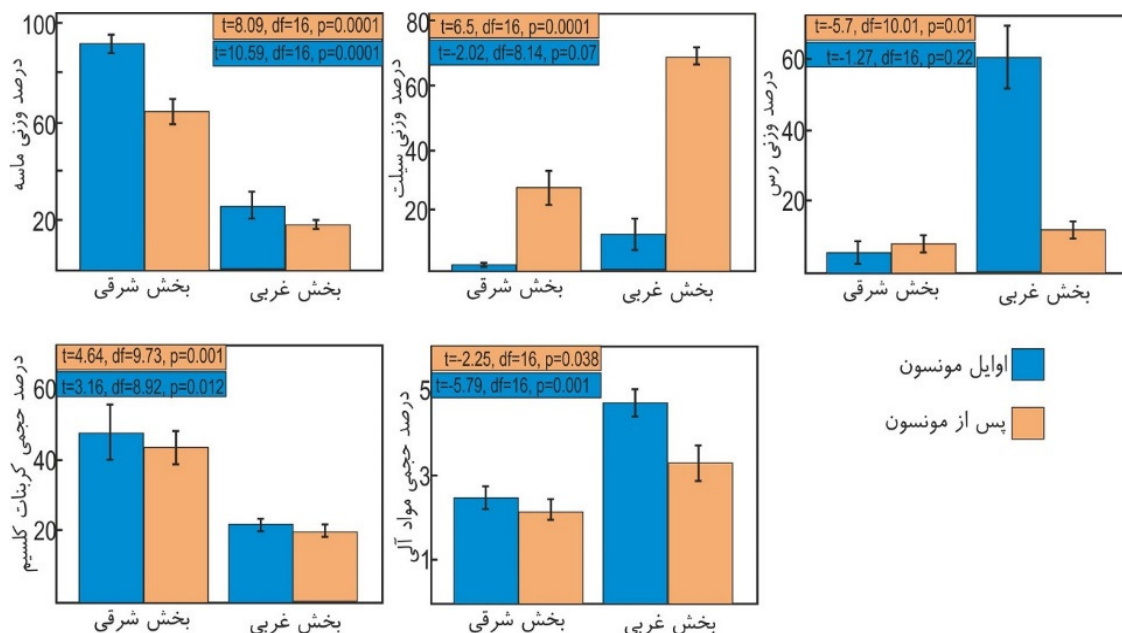
محتوی کربنات کلسیم نمونه رسوبات به روش کلسیمتر برنارد انجام شد (لوپیس و مک‌کونچی، ۱۹۹۴؛ داسل و همکاران، ۲۰۰۹). اساس اندازه‌گیری آهک، به روش انحلال در اسید کلریدریک است و با استفاده از گاز CO_2 متصاعد شده، می‌توان مقدار آهک در رسوب را اندازه‌گیری کرد. در این روش، مقدار معینی رسوب (حدود ۰/۲ گرم) را کاملاً پودر کرده، با یک لوله آزمایش مقدار 8 cc اسید کلریدریک رقیق نیز برداشت شد. با قرار دادن رسوب در داخل ارلن کمی آب به آن اضافه شد. با دقت لوله آزمایش محتوی اسید را در کنارش قرار داده تا محتوی آن به داخل ارلن نریزد. حال اگر با خم کردن ارلن، اسید روی رسوب ریخته و گاز CO_2 متصاعد شده سبب افزایش فشار در داخل لوله استوانه‌ای می‌شود و سطح مایع را پایین می‌آورد. پایین

شامل (ایستگاه‌های تیس ساحلی به‌طور میانگین ۸۰ درصد و تیس عمقی ۷۵ درصد دارای ذرات ماسه؛ ۲) بخش دوم دارای سیلت زیاد که مشتمل بر (ایستگاه‌های کنارک ساحلی با میانگین ۷۴/۷ درصد، کنارک عمقی با ۶۲/۷ درصد و ایستگاه دهانه خلیج چابهار با ۷۲/۳ درصد از ذرات سیلت) هستند؛ ۳) ایستگاه آب شیرین کن با ترکیب نسبتاً مساوی سیلت و ماسه در رسوبات به‌عنوان بخش سوم از خلیج چابهار در زمان پس از مونسون شناخته می‌شود.

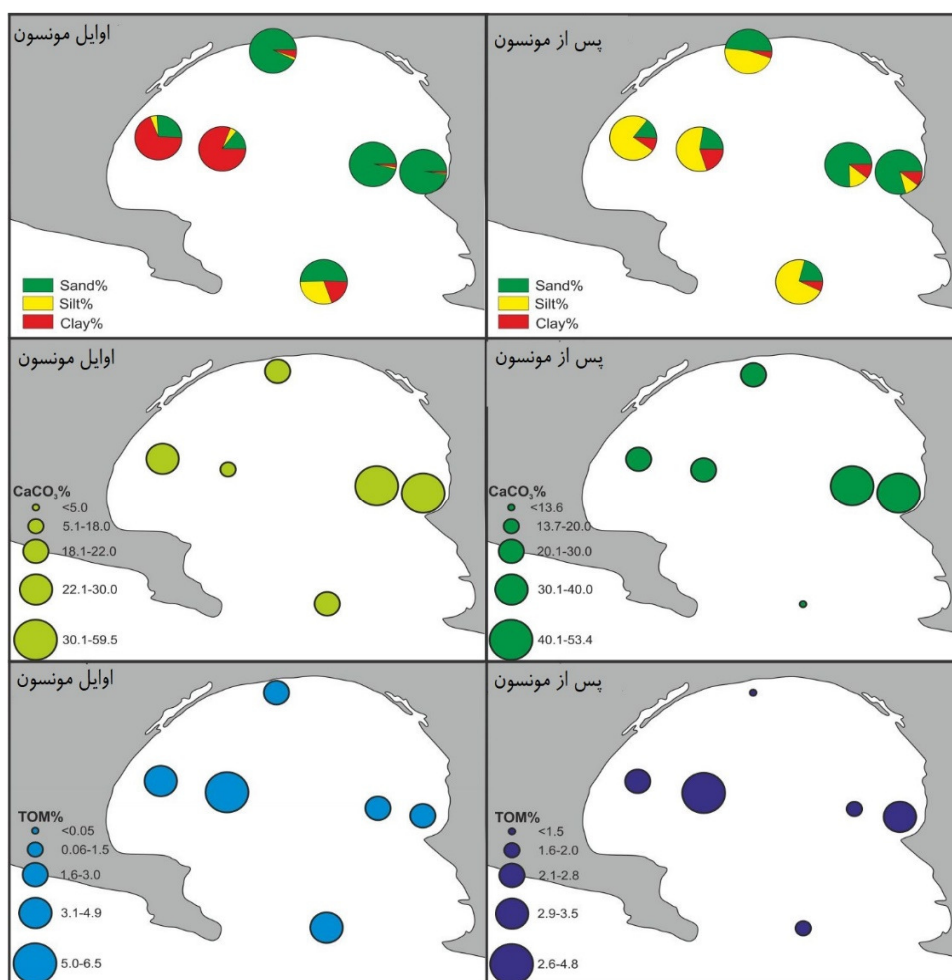
دارای ذرات رس هستند، به‌طوری‌که در ایستگاه کنارک ساحلی به‌طور میانگین ۷۲ درصد و در کنارک عمقی ۸۴/۲ درصد از ذرات رسوب را رس تشکیل می‌دهد؛ ۳) ایستگاه دهانه خلیج که در زمان اوایل مونسون از مخلوط ذرات دانه‌درشت و دانه‌ریز شامل ۴۲/۷ درصد ذرات ماسه و ۵۷/۳ درصد ذرات گل تشکیل شده است. در زمان پس از مونسون خلیج چابهار از نظر رسوب‌شناسی به سه بخش مجزا قابل تفکیک است. ۱) بخش اول دارای ماسه زیاد که



شکل ۲. مثلث نام‌گذاری رسوبات خلیج چابهار در اوایل مونسون و پس از مونسون به روش فولک ۱۹۸۰



شکل ۳. نمودار تغییرات دانه‌بندی، مواد آلی و کربنات کلسیم در نمونه رسوبات بخش‌های باختری (K1 و K2) و خاوری (T1 و T2) خلیج چابهار (اوایل مونسون و پس از مونسون)



شکل ۴. توزیع ذرات ماسه، سیلت و رس، کربنات کلسیم و مواد آلی در رسوبات خلیج چابهار (اوایل مونسون و پس از مونسون)

۳-۱- میزان ماسه

به‌طور کلی مقدار ذرات ماسه در رسوبات بخش خاوری خلیج، ایستگاه‌های تیس ساحلی (T1) و عمقی (T2) بیش‌تر از بخش‌های دیگر خلیج چابهار است، از این نظر ایستگاه‌های آب شیرین‌کن، دهانه خلیج و کنارک در رده‌های بعدی جای دارند. در بخش خاوری خلیج چابهار (ایستگاه تیس ساحلی و عمقی)، درصد وزنی ماسه بستر در آغاز مونسون بیش‌تر از پس مونسون است، به‌طوری‌که بافت رسوبات از ماسه به ماسه‌سیلتی تغییر کرده است. این حالت در دهانه خلیج و سواحل مرکزی و شمالی آن (ایستگاه آب‌شیرین‌کن) نیز دیده می‌شود. در این ایستگاه‌ها مقادیر ماسه در خرداد ماه ۱/۵ تا ۳ برابر بیش‌تر از آذرماه است. در ایستگاه کنارک ساحلی نیز روند افزایش ماسه در زمان مونسون با اختلاف کمتری وجود دارد، اما این روند در ایستگاه کنارک عمقی معکوس است. بدین

بر اساس نقشه‌های توزیع رسوبات (شکل ۴) به وضوح می‌توان دریافت که بافت رسوبات از ماسه و رس ماسه‌ای در رسوبات اوایل مونسون به سیلت ماسه‌ای پس از مونسون تغییر یافته است. نقشه توزیع مواد آلی (Organic Matter) ایستگاه‌های مورد مطالعه در خلیج چابهار مؤید رفتار معکوس بین مواد آلی و کربنات کلسیم است (شکل ۴). با افزایش اندازه ذرات میزان مواد آلی در رسوبات کاهش و کربنات کلسیم افزایش نشان می‌دهد؛ برعکس با کاهش اندازه ذرات رسوبی میزان کربنات کلسیم در رسوبات کاهش می‌یابد و به محتوی مواد آلی رسوبات افزوده می‌شود.

با توجه داده‌های جدول ۱ و شکل‌های ۱، ۲ و ۳ می‌توان تغییرات موارد یاد شده در زمان اوایل مونسون و پس از مونسون را به‌صورت زیر تجزیه و تحلیل کرد.

ایستگاه‌های کنارک و آب شیرین‌کن بسیار زیاد است، به طوریکه میزان سیلت از کمتر از ۱۰ درصد در زمان مونسون به ۵۰ تا ۸۰ درصد در زمان پس از مونسون می‌رسد. تغییرات منطقه‌ای میزان سیلت در دوره پس مونسون شامل فزونی این ذرات در بخش باختری نسبت به بخش خاوری خلیج است؛ اما تفاوت ذکر شده، در زمان مونسون قابل توجه نیست. درکل این‌گونه به‌نظر می‌رسد، که در زمان مونسون ذرات دانه‌ریز گلی (سیلت و رس) به سمت بخش‌های غربی خلیج جابجا شده‌اند.

معنی که میزان ذرات ماسه در ایستگاه کنارک عمقی در زمان مونسون کمتر از دوره پس از مونسون است (تقریباً ۵۰ درصد).

۳-۲- میزان سیلت

اختلاف فصلی میزان سیلت در رسوبات هر دو قسمت خاوری و باختری خلیج چابهار در تقابل با ذرات ماسه است. بدین ترتیب که، در هر دو بخش خلیج درصد این ذرات در زمان پس‌مونسون به میزان قابل‌توجهی از زمان اوایل مونسون بیش‌تر است. این اختلاف به‌خصوص در

جدول ۱. مقادیر درصد نسبی ماسه، سیلت، رس، کربنات کلسیم و مواد آلی در نمونه رسوبات اوایل مونسون و پس از آن در خلیج چابهار

ایستگاه	شماره	ماسه (%)		سیلت (%)		رس (%)		نوع بافت		جورشدگی		کربنات کلسیم (%)		مواد آلی (%)		عمق (متر)
		EM	PM	EM	PM	EM	PM	EM	PM	EM	PM	EM	PM	EM	PM	
T1	۱	۹۹	۷۲	۰/۳	۱۸	۰/۷	۱۰	S	zS	vG	G	۵۶/۸	۵۲/۱	۲/۶	۳	۲/۸
	۲	۹۸	۶۸	۰/۵	۲۰	۱/۵	۱۲	S	zS	vG	G	۶۴/۷	۵۲/۵	۳	۳	
	۳	۹۴	۷۰	۴/۵	۱۹	۱/۵	۱۱	S	zS	vG	G	۵۶/۹	۵۲/۳	۲/۵	۳	
	میانگین	۹۷	۷۰	۱/۸	۱۹	۱/۲	۱۱	-	-	vG	G	۵۹/۵	۵۲/۳	۲/۷	۳	
انحراف معیار	۲/۶	۲	۲/۴	۱	۰/۵	۱	-	-	-	-	۴/۵	۸/۱	۰/۳	۰		
T2	۱	۹۶/۵	۷۸	۳	۱۶	۰/۵	۶	S	zS	vG	G	۵۲	۵۳/۴	۱/۷	۱/۹	۵/۴
	۲	۱۰۰	۷۳	۰	۱۵	۰	۱۲	S	zS	vG	G	۵۶/۸	۵۲/۳	۱/۷	۲/۳	
	۳	۹۸	۷۴	۱/۵	۱۴	۰/۵	۱۲	S	zS	vG	G	۵۶/۹	۵۴/۵	۱/۸	۱/۸	
	میانگین	۹۸/۲	۷۵	۱/۵	۱۵	۰/۳	۱۰	-	-	vG	G	۵۵/۲	۵۳/۴	۱/۷	۲	
انحراف معیار	۱/۸	۲/۶	۱/۵	۱	۰/۳	۳/۵	-	-	-	-	۲/۸	۱/۱	۰/۵	۰/۳		
K1	۱	۲۵	۱۲	۱	۷۹	۷۴	۹	sC	sZ	G	G	۲۹/۴	۲۳/۹	۴	۲/۵	۲/۴
	۲	۲۷	۹	۱	۸۱	۷۲	۱۰	sC	cZ	G	G	۳۱/۴	۲۵	۵/۳	۳	
	۳	۲۵	۲۵	۵	۶۴	۷۰	۱۱	sC	sZ	G	G	۲۶/۵	۲۲/۷	۵/۵	۳	
	میانگین	۲۵/۷	۱۵/۳	۲/۳	۷۴/۷	۷۲	۱۰	-	-	G	G	۲۹/۱	۲۳/۹	۴/۹	۲/۸	
انحراف معیار	۱/۲	۸/۵	۲/۳	۹/۳	۲	۱	-	-	-	-	۲/۵	۱/۱	۰/۸	۰/۳		
K2	۱	۱۱	۲۰	۲	۷۰	۸۷	۱۰	sC	sZ	G	G	۱۷/۲	۲۰/۵	۳/۷	۴/۵	۶/۷
	۲	۱۲	۲۱	۲/۵	۶۰	۸۵/۵	۱۹	sC	sZ	G	G	۱۷/۲	۲۳/۹	۶/۲	۵	
	۳	۱۰	۲۲	۱۰	۵۸	۸۰	۲۰	sC	sZ	G	G	۱۹	۱۸/۲	۶	۵	
	میانگین	۱۱	۲۱	۴/۸	۶۲/۷	۸۴/۳	۱۶/۳	-	-	G	G	۱۷/۸	۲۰/۹	۵/۳	۴/۸	
انحراف معیار	۱	۱	۴/۵	۶/۴	۳/۷	۵/۵	-	-	-	-	۱/۰	۲/۹	۱/۴	۰/۳		
W	۱	۷۳	۳۰	۱/۵	۶۳	۲۵/۵	۷	cS	sZ	G	G	۱۷/۶	۲۲/۷	۲/۷	۱/۵	۲/۲
	۲	۸۰	۴۵	۰/۵	۴۹/۸	۱۹/۵	۴/۷	cS	sZ	G	rG	۱۹/۶	۲۶/۱	۳/۷	۱	
	۳	۹۶	۶۷	۳	۳۰	۱	۳	S	zS	vG	G	۱۹/۶	۲۲/۵	۳	۱/۵	
	میانگین	۸۳	۴۷/۵	۱/۷	۴۷/۶	۱۵/۳	۴/۹	-	-	G	rG	۱۸/۹	۲۳/۵	۳/۱	۱/۳	
انحراف معیار	۱۱/۸	۱۸/۶	۱/۳	۱۶/۶	۱۲/۸	۲/۰	-	-	-	-	۱/۲	۲/۰	۰/۵	۰/۳		
D	۱	۶۲	۲۱	۲۰	۷۰	۱۸	۹	mS	sZ	rG	rG	۲۲/۵	۱۳/۶	۴	۲/۱	۱۳/۱
	۲	۲۶	۲۵	۲۱/۵	۶۷	۴۲/۵	۸	sC	sZ	M	rG	۱۷/۶	۱۴	۴/۵	۲/۳	
	۳	۳۰	۱۵	۵۰	۸۰	۲۰	۵	sM	sZ	M	G	۱۶/۹	۱۳/۲	۴	۱/۷	
	میانگین	۴۲/۷	۲۰/۳	۳۰/۵	۷۲/۳	۲۶/۸	۷/۳	-	-	M	G	۱۹	۱۳/۶	۴/۲	۲/۳	
انحراف معیار	۱۷/۰	۵/۰	۱۶/۹	۶/۸	۱۳/۶	۲/۱	-	-	-	-	۳/۱	۰	۰/۳	۰		

نام‌گذاری رسوبات: S: ماسه، zS: ماسه‌سیلتی، mS: ماسه‌گلی، cS: ماسه‌رسی، sZ: سیلت ماسه‌ای، sM: گل ماسه‌ای، sC: رس ماسه‌ای. میزان جورشدگی رسوبات: vG: خیلی خوب، G: خوب، rG: نسبتاً خوب، M: متوسط، PM: پس از مونسون، EM: اوایل مونسون

۳-۳- میزان رس

میزان رس در بخش باختری خلیج در زمان مونسون بسیار بیش‌تر از پس مونسون است، اما این تفاوت در بخش خاوری چندان محسوس نیست. با توجه به شکل ۴، غنی‌شدگی و افزایش چشمگیر مقادیر ذرات رس در نواحی باختری (ایستگاه کنارک) و عمیق (دهانه خلیج) کاملاً آشکار است. این‌گونه به‌نظر می‌رسد، این امر در اثر انتقال و جابجایی رسوبات دانه‌ریز به‌صورت معلق به بخش‌های میانی (ایستگاه آب شیرین‌کن) و عمیق (دهانه خلیج) و هم‌چنین بخش‌های باختری خلیج (K1 و K2) که در پناه دماغه کنارک هستند باشد.

است. این امر به دلیل شسته شدن ذرات دانه ریز سیلت و رس از رسوبات و غلبه رسوبات ماسه‌ای در زمان مونسون است. این امر تا حدودی در ایستگاه آب شیرین‌کن نیز نمایان است. اما در ایستگاه کنارک جورشدگی خوب نمونه‌ها در دو زمان مورد بررسی، تغییر نکرده که حاکی از اثر کم مونسون بر این قسمت از خلیج است. بر خلاف موارد قبل، در دهانه خلیج، جورشدگی متوسط رسوبات اوایل مونسون به بعد از مونسون افزایش یافته است. دلیل آن را می‌توان انتقال رسوبات دانه‌ریز ساحلی به این بخش در زمان مونسون ذکر کرد که موجب اختلاط رسوبات ماسه‌ای و گلی در این ناحیه نسبتاً عمیق می‌گردد.

۳-۴- میزان کربنات کلسیم

تغییرات فصلی درصد حجمی کربنات کلسیم در هیچ‌کدام از دو منطقه باختری و خاوری تفاوت چشم‌گیری نشان نمی‌دهد. از دیدگاه منطقه‌ای، درصد حجمی کربنات کلسیم در هر دو فصل اوایل مونسون و پس از مونسون در بخش خاوری بیش‌تر از بخش باختری است. میزان کربنات کلسیم در رسوبات خلیج چابهار دارای همبستگی مثبت با مقدار ماسه موجود در این رسوبات است. در دو ایستگاه تیس ساحلی و عمقی، میزان کربنات کلسیم از ایستگاه‌های دیگر بیش‌تر است که با افزایش درصد ماسه همراه است. به‌نظر می‌رسد بخش اعظم میزان کربنات کلسیم بصورت خرده‌های صدفی در رسوبات حضور دارد که از این جهت همبستگی خوبی با ذرات دانه‌درشت دارد.

۴-۴- بحث

بررسی توزیع دانه‌بندی رسوبات اهمیت زیادی در شناخت مکانیزم‌های انتقال رسوبات و تغییرات انرژی محیط رسوبی دارد. حرکت ذرات رسوبی توسط شرایط محیطی کنترل می‌گردد و با کاهش شدت جریان به تدریج ذرات در اندازه‌های مختلف از یکدیگر جدا شده و ته‌نشین می‌شوند (موسوی‌حرمی، ۱۳۸۸). رسوبات آواری به همراه پوسته‌های صدفی اجزای اصلی رسوبات ساحلی منطقه را تشکیل می‌دهند (حمزه و همکاران، ۱۳۹۳). رسوبات آواری حاصل فرسایش واحدهای گل‌سنگی و ماسه‌سنگی اطراف خلیج چابهار و انتقال آنها توسط رودخانه‌های فصلی، باد و سایش مکانیکی صخره‌های ساحلی توسط امواج، به‌خصوص در فصل مونسون هستند. پس از ته‌نشست در سواحل و خلیج چابهار، شدت و جهت امواج غالب ساحلی در زمان‌ها (پیش مونسون- مونسون- پس مونسون) و مکان‌های (ایستگاه‌های مختلف خلیج چابهار) مختلف، توزیع و پراکنش این رسوبات را در خلیج چابهار تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مطالعه‌ای که توسط محمدی و همکاران (۱۳۸۶) در رسوبات بستر خلیج چابهار انجام شد، ۹ تیپ رسوبی (فولک، ۱۹۸۰). شامل گرانول، ماسه، ماسه گلی و سیلتی، سیلت و سیلت ماسه‌ای، گل و گل ماسه‌ای و رس ماسه‌ای در خلیج چابهار شناسایی شد. در پژوهش حاضر نیز ۸ نوع بافت رسوبی مشاهده گردید که ۵ نوع آن در نمونه‌های اوایل مونسون و ۳ نوع آن مربوط به نمونه‌های پس از مونسون است. تنوع اندازه ذرات (قطر کمتر از ۶۳ میکرون تا بیش از ۲ میلی‌متر) در خلیج چابهار نشان دهنده گستره وسیع انرژی امواج در خلیج چابهار در زمان

۳-۵- میزان مواد آلی

بیش‌ترین مقدار مواد آلی در ایستگاه‌های کنارک ساحلی و عمقی اوایل مونسون و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه‌های تیس عمقی و ساحلی در هر دو دوره زمانی مشاهده می‌شود. از طرفی، رسوبات بخش غربی خلیج در هر دو فصل حاوی مقادیر بیش‌تری از مواد آلی نسبت به بخش باختری آن است. تغییرات میزان مواد آلی عکس میزان کربنات کلسیم است که حاکی از تجمع آن در بافت دانه‌ریز دارد.

۳-۶- میزان جورشدگی

در ایستگاه تیس، میزان جورشدگی خوب نمونه‌های قبل از مونسون به خیلی‌خوب در زمان مونسون تغییر یافته

یا کناره‌های حوضه که در پناه دماغه قرار دارند (ساحل کنارک) حرکت می‌کنند. مشابه این رویداد در سواحل اورمارا پاکستان نیز گزارش شده است (اسنید، ۱۹۶۷). با توجه به مکانیزم ذکر شده انتقال رسوب و تغییرات ریخت‌شناسی سواحل در زمان مونسون و پس از آن بررسی می‌گردد.

۴-۱- زمان مونسون جنوب باختری

مونسون جنوب باختری در جنوب باختری آسیا (هند، پاکستان و نواحی هم‌جوار تا مرز ۳۰ درجه شمالی) معرف بارش‌های سیل‌آسا به‌همراه وزش بادهای شدید از سمت جنوب باختری به شمال خاوری است (سینگ و اوه جایی هو، ۲۰۰۷). در منتهی‌الیه جنوب خاوری ایران این دوره تنها با وزش بادهای شدید و موج شدن دریای عمان شناخته می‌شود. امواج حاصل از این بادهای موسمی در ابتدا به‌صورت امواج جنوب باختری است که در زمان اوج آن در تابستان به‌صورت امواج جنوب-جنوب خاوری سواحل منطقه را در می‌نوردند (ساکت و اعتماد شهیدی، ۲۰۱۲) (شکل ۵). به‌طور کلی نقش امواج حاصل از مونسون تابستانه بر سواحل باختری و جنوبی دریای عمان در ایران، پاکستان و شبه‌قاره هند فرسایشی است (کانوال و همکاران، ۲۰۲۰؛ شمجی و همکاران، ۲۰۱۰). این امواج موجب کاهش ارتفاع و شیب و هم‌چنین مسطح‌شدگی پشته‌های ماسه‌ای در سواحل می‌گردد. بر عکس پس از کاهش قدرت امواج مونسون رژیم افزایشی در سواحل ماسه‌ای دیده می‌شود. در این حالت انواع ریخت‌شناسی مرتبط با افزایش آورد ماسه ساحلی مانند پشته‌های ماسه‌ای^۴، سدهای ماسه‌ای^۵ و خاکریزهای ماسه‌ای^۶ را در سواحل منطقه ایجاد می‌کند (حمزه و همکاران، ۱۳۹۳) (آفرین و همکاران، ۲۰۱۵). اسنید (۱۹۶۷) نشان داد عملکرد امواج مونسون منجر به از بین رفتن پشته‌های ساحلی در سواحل رو به جنوب باختری و نهشته شدن رسوبات در سواحل رو به جنوب خاوری در سواحل دو سمت رأس اورمارا در پاکستان شده است. این تغییرات نوار ساحلی هم‌چنین منجر به حرکت پشته‌های ماسه‌ای بادی نیز می‌گردد. در سواحل که در آن‌ها امواج مونسون موجب عقب‌راندگی ساحل می‌گردند، پشته‌های ماسه‌ای بادی نیز

و مکان‌های مختلف است (جدول ۱). مواد آلی موجود در رسوبات نقش مهمی در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی رسوبات دارند. برخی خواص رسوبات که توسط مواد آلی تحت تاثیر قرار می‌گیرند شامل ساخت رسوب، قابلیت نشست و مقاومت برشی می‌باشند. بعلاوه، این مواد میزان مواد مغذی رسوبات را نیز کنترل می‌کند. از دیدگاه ژئوشیمی زیست‌محیطی، مهم‌ترین عملکرد مواد آلی موجود در رسوبات، اثر آن‌ها بر روی جذب عناصر سمی موجود در ستون آب می‌باشد. از این‌رو، تعیین میزان این مواد در رسوبات بسیار با اهمیت می‌باشد.

تشکیل سواحل هلالی شکل در تمامی سواحل شمالی دریای عمان در ایران و پاکستان یکی از نتایج رژیم متنوع امواج در سواحل این نواحی است (اسنید، ۱۹۶۷؛ شاه‌حسینی، ۲۰۱۸). در حقیقت سواحل صخره‌ای مرتفع که در میان آن‌ها نواحی کم ارتفاع محصور شده‌اند، مستعد ایجاد خلیج‌های هلالی شکل^۱ یا گوش ماهی شکل^۲ هستند (اسنید، ۱۹۶۷). در این سواحل صخره‌ها به‌صورت بخش‌های نسبتاً ثابتی عمل می‌کنند که سواحل مابین آن‌ها در اثر امواج شدید جنوب‌خاوری و جنوب‌باختری بر اساس قانون شکست امواج دچار فرسایش و رسوب‌گذاری متناوب می‌گردند (هسو، ۲۰۰۵). هنگامی که امواج به داخل خلیج وارد می‌شوند دچار شکست شده و سریعاً به‌صورت جریان موازی ساحل در می‌آیند. از آن‌جا که جهت امواج شکسته داخل خلیج به‌صورت واگراست، انرژی موج کاهش می‌یابد و رسوب‌گذاری انجام می‌شود. این امواج به‌صورت مورب به ساحل برخورد می‌کنند موجب ایجاد جریان موازی با ساحل می‌گردند که به نوبه خود منجر به انتقال رسوبات طی فرایند رانش کرانه‌ای^۳ می‌شوند (بئرد، ۲۰۱۱). این پدیده در شرایط عادی در سواحل خلیج چابهار منجر به انتقال رسوبات در امتداد ساحل (انتقال رسوبات به سمت چپ در بخش باختری خلیج و به سمت راست در بخش خاوری خلیج) می‌گردد. وجود زبانه‌های رسوبی در حال گسترش به سمت چپ در بخش باختری خلیج و بالعکس در سواحل خلیج چابهار گواه این مدعاست (آفرین و همکاران، ۲۰۱۵). در فصل مونسون با توجه به قدرت بسیار زیاد امواج، رسوبات ساحلی توسط امواج شسته شده و بخش‌های کم انرژی‌تر مرکز حوضه (ایستگاه دهانه خلیج)

⁴ Ridge

⁵ Bar

⁶ Berm

¹ Lunate

² Scalloped

³ Longshore drift

رسوبات آهکی فراوان‌ترین رسوبات شیمیایی هستند و اغلب با مواد دیگر به‌خصوص رس یا ماسه مخلوط و خیلی کم به صورت خالص دیده می‌شوند. منبع اصلی کربنات کلسیم رسوبات در خلیج چابهار از خرده‌صدف‌های نرم‌تنان، دوکفه‌ای‌ها، خارپوستان، پوسته خرچنگ‌ها، بریوزوآ و ریف‌های مرجانی است (احراری‌رودی، ۱۳۹۲؛ امینی یکتا و همکاران، ۱۳۹۲). این خرده‌صدف‌ها علت اصلی فراوانی کربنات کلسیم در ایستگاه‌های تیس و آب شیرین‌کن به‌خصوص در زمان مونسون هستند. میزان کربنات کلسیم در رسوبات این دو ایستگاه، ارتباط مستقیمی با محتوای ماسه دارد که دارای خرده‌صدف‌های فراوانی هستند (نیترویر و رایت، ۱۹۹۴؛ رینیک و سینگ، ۱۹۸۰؛ ژسوس و همکاران، ۲۰۰۷). ایستگاه‌های بخش خاوری خلیج چابهار (تیس ساحلی و تیس عمقی) نسبت به ایستگاه‌های بخش باختری (کنارک ساحلی، کنارک عمقی) و مرکزی (آب شیرین‌کن و دهانه خلیج) امواج مونسون تابستانی یا جنوب باختری بیشتر و با شدت زیادتری را تجربه می‌کنند که برجای ماندن و فراوانی رسوبات دانه‌درشت ماسه‌ای در این ایستگاه‌ها را در زمان مونسون به دنبال دارد (شکل‌های ۳ و ۴). امواج شدید حاصل از رویداد توفان حاره‌ای گونو در سال ۱۳۸۶، نیز اثرات مشابهی با رویداد مونسون بر سواحل ایرانی دریای عمان بجای گذاشت که شامل تخریب پشته‌های ساحلی و برجای گذاشتن ذرات رسوبی درشت در سواحل است (صالحی‌پور میلانی و همکاران، ۱۳۹۱). باتوجه به‌اینکه ایستگاه‌های کنارک ساحلی و عمقی و ایستگاه آب شیرین‌کن در پشت دماغه کنارک و حوضچه آرامش اسکله صیادی کنارک واقع شده‌اند، به‌دلیل آرامش نسبی آب در این بخش از خلیج، بیش‌تر رسوبات دانه‌ریز سیلت و رس ته‌نشین شده و بافت رسوبی عمدتاً دانه‌ریز رسی در ایستگاه‌های کنارک ساحلی و عمقی مشهود است (شکل‌های ۳ و ۴). در زمان بعد از مونسون با توجه به روند و شدت فعالیت جریان مونسون جنوب باختری در ایستگاه‌های مورد مطالعه در خلیج چابهار، میزان کربنات کلسیم در رسوبات ایستگاه‌های کنارک عمقی نسبت به ایستگاه‌های دیگر کاهش یافته است. هم‌چنین، در زمان مونسون در ایستگاه‌های کنارک ساحلی و عمقی، مقادیر رسوبات دانه‌ریز عمدتاً رسی و سیلتی نسبت به رسوبات

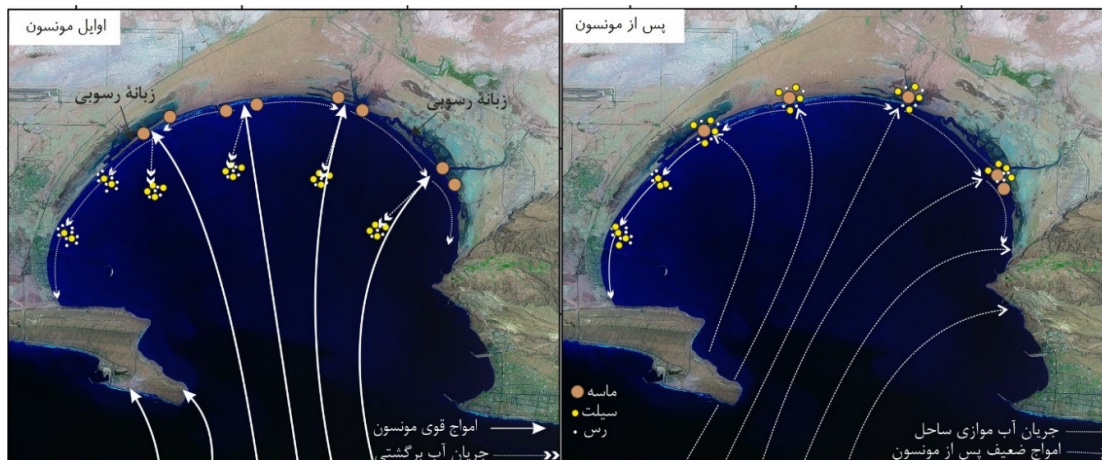
به سمت خشکی حرکت می‌کنند. در خلیج چابهار این امواج موجب فرسایش ساحل در مناطقی می‌گردد که کمتر توسط موانع طبیعی مانند دماغه‌ها محافظت می‌گردند (مانند بخش خاوری و مرکزی خلیج). بنابراین، در فصل تابستان و در نواحی تیس و آب شیرین‌کن فرسایش سواحل و پرتگاه‌های ساحلی موجب برداشته شدن اغلب رسوبات دانه‌ریزتر و حمل آن‌ها به نواحی عمیق‌تر (بخش مرکزی و باختری خلیج) توسط امواج برگشتی یا موازی ساحل^۷ می‌گردد (شکل‌های ۵ و ۶). این فرایند به نوبه خود منجر به برجای ماندن رسوبات دانه درشت‌تر (اغلب ماسه‌ای) در این نواحی نسبت به زمان‌های قبل و یا پس از مونسون می‌شود. در نواحی عمیق‌تر دور از ساحل مانند دهانه خلیج اثر این امواج در درشت‌تر نمودن بافت رسوبی، هر چند کمتر، ولی قابل رویت است (شکل ۵). افزایش میزان ماسه در نمونه‌های تیس و آب شیرین‌کن در زمان مونسون گواهی بر سازوکار ارایه شده در بالاست.

بر عکس حالت فوق، در این زمان، رسوبات بخش باختری خلیج که در پناه دماغه کنارک واقع شده‌اند، نه تنها دانه درشت‌تر نگردیده، بلکه میزان رس موجود در آن‌ها افزایش چشم‌گیری پیدا کرده است. به نظر می‌رسد این بخش از خلیج در زمان مونسون به دلیل قرارگیری در پشت دماغه کنارک کمتر تحت تأثیر امواج مونسون قرار گرفته است. از طرف دیگر امواج موازی خط ساحلی رسوبات دانه‌ریز فرسایش یافته از بخش‌های دیگر خلیج را در این منطقه نسبتاً آرام برجای می‌گذارند. تشکیل تعدادی زبانه ماسه‌ای^۸ (آفرین و همکاران، ۲۰۱۵) در مصب خورهای خلیج نیز که تحت تأثیر امواج هستند، گواهی بر عملکرد قوی این جریان‌ها در منطقه است (شکل ۵). به نظر می‌رسد جریان موازی ساحل در بخش خاوری خلیج نیز وجود دارد (به دلیل تشکیل زبانه ماسه‌ای در مصب خور رود شور)، اما به دلیل شدت امواج جنوب مونسونی در این ناحیه، نمی‌تواند رسوب‌گذاری اجزای دانه‌ریز را در این بخش انجام دهد. مشاهدات میدانی و نیمرخ ساحلی (شکل ۶) نیز نشان می‌دهد در زمان مونسون فرسایش سواحل توسط امواج، موجب شکل‌گیری نیمرخ مقعر در سواحل به خصوص در نواحی تحت اثر امواج (تیس و آب شیرین‌کن) می‌گردد.

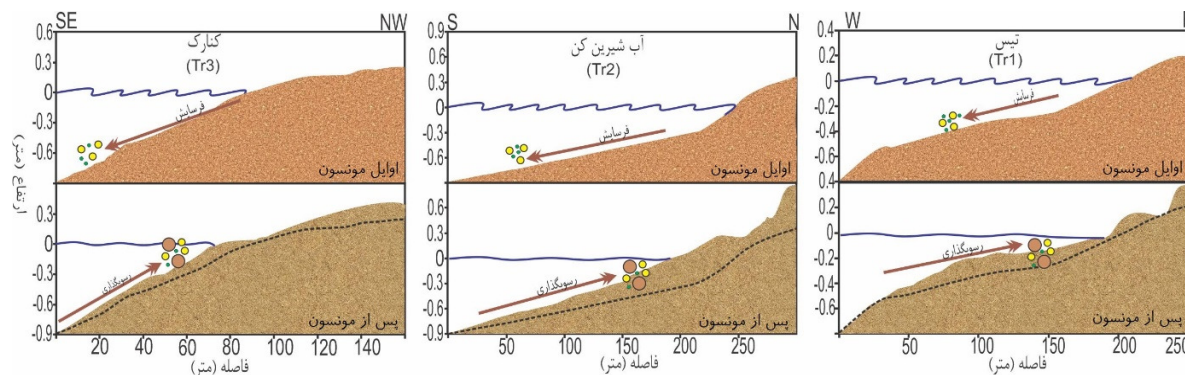
⁸ Sandspit⁷ Longshore currents

و دهانه خلیج در زمان مونسون بیش‌تر از دوره زمانی پس از مونسون است، که به دلیل بافت دانه‌ریز تر رسوبات (یافت عمدتاً رسی) در این ایستگاه‌ها در زمان مونسون می‌باشد (شکل ۴). این داده‌ها توسط نتایج تحقیق آمینی یکتا و همکاران (۱۳۹۲) در خلیج چابهار تأیید می‌گردد.

پس از مونسون این دو ایستگاه بیش‌تر می‌باشد، که دلیل بر کاهش مقادیر کربنات کلسیم و افزایش مواد آلی در رسوبات ایستگاه‌های کنارک ساحلی و عمقی نسبت به زمان پس از مونسون نیز است. با توجه به نقشه پراکندگی مواد آلی، تمرکز مواد آلی در رسوبات ایستگاه‌های کنارک



شکل ۵. نوع امواج و سازوکار توزیع نوع رسوبات خلیج چابهار در زمان مونسون و پس از مونسون



شکل ۶. نیمرخ‌های ساحلی برداشت شده در زمان مونسون و پس از آن در سه برش عمود بر ساحل. نیمرخ ساحلی زمان مونسون به صورت خط چین جهت مقایسه بر روی نیمرخ پس از مونسون رسم شده است. علایم بکار رفته برای فرسایش و رسوب‌گذاری ذرات ماسه، سیلت و رس با شکل ۴ یکسان است.

رسوب‌گذاری به صورت پشته‌های محدب با توپوگرافی خشن‌تر می‌شود. بازدیدهای میدانی نیز از ایجاد خاکریزهای ماسه‌ای در سواحل منطقه پس از مونسون حکایت دارد (شکل ۶). این رسوب‌گذاری‌ها منجر به افزایش میزان سیلت در رسوبات ساحلی و کاهش میانگین قطر ذرات و میزان جورشدگی می‌شود که در شکل ۳ قابل رویت است.

۴-۲- پس از مونسون جنوب باختری

مونسون اقیانوس هند در فصل زمستان با وزش بادهای معکوس (شمال خاوری) با شدت بسیار کمتر از مونسون تابستانه معرفی می‌گردد. تقابل این بادهای غالب اقیانوسی^۱ موجب شکل‌گیری امواج ضعیف ساحلی در زمان پس از مونسون در خلیج چابهار می‌شود. این امواج کم انرژی محیط بسیار آرامی در خلیج چابهار ایجاد می‌کنند و همچنان که در شکل ۵ قابل مشاهده است، موجب

^۱ Ocean swell

۳-۴- اثرات مونسون بر محیط طبیعی و سازه‌های ساحلی

به‌طور کلی و از آنجایی که بخش زیر جزرومدی کرانه‌های باختری و خاوری خلیج چابهار دارای اختصاصات رسوب‌شناسی متفاوت و عمدتاً معکوس هستند، این دو بخش اثرات متفاوتی بر محیط طبیعی و زیرساخت‌های ساحلی دارند. بخش خاوری خلیج چابهار (سواحل و ایستگاه‌های تیس) نرخ رسوب‌گذاری کمتری را متحمل می‌گردد و از این جهت سازه‌های ساحلی آن کمتر نیازمند لایروبی هستند. همچنان که در تصاویر ماهواره‌ای نیز قابل مشاهده است، دو سمت اسکله‌های سپاه و اسکله شهید کلاتری رسوب‌گذاری و ایجاد سواحل پیش‌رونده مشاهده نمی‌گردد. همچنین، این منطقه به دلیل بافت رسوبی دانه‌درشت‌تر و با ذرات معلق کمتر میزبان زیستگاه‌های مرجانی است (لقمانی و صادقی، ۱۳۹۴). بخش بین جزرومدی سواحل این نواحی پرشیب‌ترند و از ذرات درشت‌تری تشکیل شده‌اند و همچنین تغییرات ریخت‌شناسی آن‌ها در فصول مختلف سال شدیداً دچار تغییر می‌گردد. حاصل این تغییرات کاهش تجمع جانداران بستری است (فاروق و ارشد، ۲۰۱۰). بالعکس در سوی دیگر خلیج و در سواحل کنارک رسوب‌گذاری ذرات دانه‌ریز به میزان قابل‌ملاحظه‌ای انجام می‌گردد که موجب رسوب‌گذاری به خصوص در بخش شمالی اسکله‌ها می‌گردد. تجمع رسوبات و ایجاد سواحل کم‌شیب در شمال اسکله کنارک نیز به خوبی در تصاویر ماهواره‌ای قابل رویت است. این سواحل کم‌شیب و دانه‌ریزتر با مواد آلی بیشتر، بستری مناسب جهت رشد میگو ایجاد کرده‌اند (آزیر، ۱۳۸۸). تغییرات ریخت‌شناسی نواحی بین جزرومدی در این نواحی به نسبت بخش دیگر کمتر است و از این جهت جانداران بستری بیش‌تری در این محیط قابلیت زیست دارند.

۵- نتیجه‌گیری

۱- سواحل ایرانی دریای عمان محیط بسیار مناسبی جهت شناخت نقش متقابل فرایندهای تکتونیکی، آب و هوایی و اقیانوس‌نگاری است. در این نواحی فرایندهای هوازدگی، فرسایش و انتقال رسوبات ساحلی در یک محیط ساحلی بالارونده از دیدگاه تکتونیکی بطور فعال در حال انجام است.

۲- فقر پوشش گیاهی مانند جنگل‌های مانگرو یا بوته‌زارهای ساحلی در این نواحی نقش مهمی در تشدید این فرایندهای تغییرات سریع ریخت‌شناسی ایفا می‌کند.

۳- نتایج این بررسی بیانگر نقش بارز مونسون تابستانه در تغییرات رسوب‌شناسی و ریخت‌شناسی نوار ساحلی شمال دریای عمان است. در این خصوص مورفولوژی اولیه سواحل عمدتاً صخره‌ای منطقه در این مورد نقش بسیار مهمی دارد. در طول دوره مونسون تابستانه، امواج قوی‌ای که از سمت جنوب-جنوب خاوری به سواحل برخورد می‌کنند، سواحل بدون پناهگاه به شدت تحت تاثیر قرار می‌گیرند. در همین زمان سواحل که در پناه جلومدگی‌های طبیعی (دماغه) یا مصنوعی (موج شکن‌ها و اسکله‌ها) هستند کمتر دچار فرسایش شده یا حتی در آن‌ها رسوب‌گذاری انجام می‌شود.

۴- در دوره پس از مونسون، رسوب‌گذاری عظیم چهره سواحل را شدیداً دگرگون می‌کند و پشته‌ها، سدها و خاکریزهای ساحلی در سواحل ایجاد می‌کند.

۵- گسترش این پشته‌های ساحلی توسط ته‌نشست حجم عظیمی از رسوبات و فرسایش مجدد آن موجب می‌گردد بسیاری از موجودات بستری به دلیل از بین رفتن و تدفین متوالی محیط زیست خود، قدرت زیست در این نواحی را نداشته باشند.

۶- این تغییرات در خط ساحلی هم‌چنین می‌تواند اثرات مخربی بر سازه‌های ساحلی و فراساحلی داشته باشد. لذا لزوم انجام مطالعات دقیق رسوب‌شناسی و فیزیکی دریا قبل از احداث سازه‌های ساحلی و حتی دریایی در این نواحی پرنوسان رسوب‌شناسی و زمین ریخت‌شناسی بسیار حیاتی و با اهمیت است.

سپاسگزاری

این تحقیق برگرفته از طرح تحقیقاتی با عنوان "پایش محیطی حوضه دریای عمان" انجام گرفته در پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی (کد: ۰۱-۰۲۱-۳۹۲) است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از همکاران پژوهشی مشارکت کننده در آن طرح تحقیقاتی و هم‌چنین کارشناسان مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار (دریای عمان و اقیانوس هند) تشکر و قدردانی بعمل آورند. همین‌طور از داوران بسیار عزیز و محترم که با نظرات و پیشنهادات

علمی و بسیار مهم خویش به ارتقای سطح علمی و کیفی این مقاله افزودند، نهایت قدردانی ابراز می‌گردد.

منابع

- احراری‌رودی، م (۱۳۹۲) نقش تکتونیک در رسوب‌گذاری و مورفولوژی پادگانه‌های ساحلی دریای مکران. همایش ملی زمین‌ساخت ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- آزیر، م. ت (۱۳۸۸) بررسی برخی از خصوصیات زیستی شاه میگو (*homarus Panulirus*) به منظور بهینه‌سازی زمان صید در سواحل سیستان و بلوچستان. مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، مرکز تحقیقات شیلاتی آب‌های دور. ۶۳ ص.
- امینی‌یکتا، ف. آگاه، ه. آقاجان‌پور، ف. صالح، الف. جلیلی، م. حکمت‌آرا، م. صادقی، پ. واجدسمیعی، ج. حمزه، م. ع (۱۳۹۳) پراکنش رده‌های بی‌مهرگان کفزی در مناطق زیر جزر و مدی خلیج چابهار و آب‌های اطراف با تأکید بر تأثیر عوامل محیطی. نشریه اقیانوس‌شناسی، ۵ (۱۸): ۲۹-۳۷.
- توتونی، م. م. سواری، الف. دوست‌شناس، ب. سخایی، ن. ازدری، د (۱۳۹۵) اثر مانسون بر بیلان انرژی دوکفه‌ای *Azumapecten ruschenbergerii* در خلیج چابهار (دریای عمان). نشریه اقیانوس‌شناسی، ۲۶ (۱۰): ۹۹-۱۰۸.
- حبیبی، ف (۱۳۷۹) بررسی تأثیر مانسون هند بر روی ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۹، ص ۴۵-۲۹.
- حمزه، م. ع. بسکله، غ. و حبیبی، پ (۱۳۹۳) بررسی ژئوشیمیایی رسوبات سواحل دریای عمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، (فاز اول: چابهار تا گوآتر). پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی. کد: ۰۱-۰۲۱-۳۹۰.
- رحیم‌زاده، ن (۱۳۷۸) روش مطالعه و کاربرد تجهیزات نمونه برداری و آزمایشگاهی در بررسی‌های رسوب‌شناسی. گزارش داخلی سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۵۰ ص.
- صالحی‌پورمیلانی، ع. نژادافضلی، ک. بیانانی، ف (۱۳۹۱) بررسی توفان گونو و تأثیرات آن بر ژئومورفولوژی خطوط ساحلی دریای مکران با استفاده از سنجش از دور. نشریه علوم زمین ۸۳، ص ۲۳-۳۲.
- کمیحانی، ف. چگینی، و. بنازاده ماهانی، م. ر. سنجانی، م. س (۱۳۹۰) بررسی تغییرات فیزیکی آب‌های خلیج چابهار در مونسون زمستانه (۱۳۸۵-۱۳۸۶). مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۲۷، شماره ۴، ص ۱۹۵-۲۱۶.
- کمیحانی، ف. چگینی، و (۱۳۹۱) تحلیل فضایی و میدانی کمیت‌های فیزیکی آب خلیج چابهار در مونسون زمستانه
- سال ۱۳۸۶-۱۳۸۵. نشریه اقیانوس‌شناسی، شماره ۹، بهار ۱۳۹۱، ص ۶۹-۷۷.
- لقمانی، م. صادقی، پ (۱۳۹۴) بررسی پراکنش و تنوع مرجان‌های سخت (Hard Corals) در خلیج چابهار (دریای عمان). فصلنامه علمی پژوهشی محیط‌زیست جانوری. سال هفتم، شماره ۴، ص ۱۰۵-۱۱۶.
- لقمانی، م. سواری، ا. دوست‌شناس، ب. ارچنگی، ب. کبیری، ک (۱۳۹۵) بررسی اثر مانسون بر الگوهای تنوع زیستی پرتاران پهنه زیر جزر و مدی خلیج چابهار (دریای مکران)، نشریه اقیانوس‌شناسی، شماره ۲۵، بهار ۱۳۹۵، ص ۱۳-۲۲.
- لک، ر (۱۳۷۹) بررسی‌های دریایی و ویژگی‌های رسوبی خلیج چابهار، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۱۶۰ ص.
- محمدی، ع. لک، ر. بهبهانی، ر. درویشی‌خاتونی، ج (۱۳۹۲) رسوب‌شناسی و اکولوژی خورهای دریای عمان (سواحل ایرانی). سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌الملل تخصصی علوم زمین، ۲۷-۳۰ بهمن ۱۳۹۲.
- محمدی، ع. لک، ر. هوشمند، ح. معینی (۱۳۸۶) ژئوشیمی رسوبی خلیج چابهار. بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، تهران، ۸ ص.
- محمدی، ع. درویشی‌خاتونی، ج (۱۳۹۱) رسوب‌شناسی و بررسی تغییرات خط ساحلی خلیج چابهار بر اساس مطالعه مغزه‌های رسوبی. سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، تهران، ۷ ص.
- محمدی، ع. لک، ر. شیدینیا، ش (۱۳۸۵) بررسی منشا آلودگی‌های زیست‌محیطی خلیج چابهار براساس مطالعه رسوبات بستر خلیج، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، تهران، ۶ ص.
- محمدی، ع (۱۳۸۶) بررسی رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی خلیج چابهار مقیاس ۱:۵۰۰۰۰. گزارش داخلی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی، ۸۷ ص.
- موسوی‌حرمی، ر (۱۳۸۸) رسوب‌شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی، ۵۸۶ ص.
- نیکویان، ع. ر (۱۳۸۰) برآورد پتانسیل صید کفزیان در خلیج چابهار از طریق محاسبه تولید ثانویه ماکروبتوزها. مجله علمی شیلات ایران، سال دهم، شماره ۶، ص ۷۷-۱۰۲.
- نیکویان، ع (۱۳۷۶) بررسی تراکم، پراکنش، تنوع و تولید ثانویه بی‌مهرگان کفزی (ماکروبتوزها) در خلیج چابهار. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی. ۱۹۵ ص.
- Afarin, M., Hamzeh, M. A., Negarestan, H (2015) Sedimentological and Geomorphological Classification of Chabahar Coastal Area

- Gharibreza, M. R., and Motamed, A (2006) Late Quaternary Paleoshorelines and Sedimentary Sequences in Chabahar Bay (Southeast of Iran). *J. Coast. Res.*, 226: 1499–1504.
- Gerber, U (2004) Sample preparation for the laser particle sizer "analysette 22".
- Heiri, O., Lotter, A. F., Lemcke, G (2001) Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results: *Journal of Paleolimnology*, 25: 101-110.
- Hsu, J. R. C (2005) Engineering applications of coastal geomorphology. *Encyclopedia of Coastal Science*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 415-419.
- Jackson, M. L (1956) *Soil chemical analysis: advanced course*: Published by the author, Madison, Wis.
- Kanwal, S., Ding, X., Sajjad, M. and Abbas, S (2020) Three decades of coastal changes in Sindh, Pakistan (1989–2018): A geospatial assessment. *Remote Sensing*, 12(1): 8
- Krumbein, W. C (1938) Frequency distributions of sediments and normal phi curves: *Journal of sedimentary petrology*, 18: 84-90.
- Lewis, D. W., and Mc Conchie, D (1994) *Analytical sedimentology*, Chapman and Hall, London, UK, 197p.
- Merkus, H., G (2009) *Particle Size Measurements: Fundamentals, Practice, Quality*. Springer Netherlands: 17 (1): 534p.
- Muller, G. and Gatsner, M (1971) Chemical analysis. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte*, 10: 466– 469.
- Nittrouer, C. A., and Wright, L. D (1994) Transport of particles across continental shelves: *Reviews of Geophysics*, 32 (1): 85-113.
- Normand, R., Simpson, G., Herman, F., Biswas, R.H., and Bahroudi, A (2019) Holocene Sedimentary Record and Coastal Evolution in the Makran Subduction Zone (Iran). *Quaternary*, 2(21): 1-20
- Sahu, B. K (1964) Transformation of weight frequency and number frequency data in size distribution studies of clastic sediments. *sedimentary petrology*, 34: 768-773.
- Saket, A., Etemad-Shahidi, A (2012) Wave energy potential along the northern coasts of the Gulf of Oman, Iran. *Renewable Energy*, 40: 90-97.
- Scheffers, A., Engel, M., Scheffers, S., Squire, P., Kelletat, D (2012) Beach ridge systems, archives for Holocene coastal events? *Prog. Phys. Geogr*, 36: 5–37.
- Shah-Hosseini, M., Ghanavati, E., Morhange, C., Naderi Beni, A., Lahijani, H.A., Hamzeh, M. A (2018) The evolution of Chabahar beach ridge system in SE Iran in response to Holocene relative sea level changes. *Geomorphology*, 318: 139–147.
- (Chabahar-Gawater). *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)*, 6 (21): 51-63.
- Ariffin, E. H., Sedrati, M., Akhir, M. F., Yaacob, R. and Husain, M. L (2016) Open sandy beach morphology and morphodynamic as response to seasonal monsoon in Kuala Terengganu, Malaysia. *Journal of Coastal Research*, (75): 1032-1036.
- Annamalai, H., Murtugudde, R (2005) Role of Indian Ocean in regional climate variability, in *Earth's Climate: The Ocean-Atmosphere Interaction*, Geophys. Monogr. Ser., vol. 147, edited by C. Wang, S.-P. Xie, and J. A. Carton, pp. 213– 246, AGU, Washington, D. C.
- ASTM (1988) Designation D2216-80, Standard method for laboratory determination of water (moisture) content of soil, rock and soil-aggregate mixtures. In: *1988 Annual book of ASTM standards, Construction, soil and rock, building stones, geotextiles*, 04.08: 4-262.
- Bird, E. C (2011) *Coastal geomorphology: an introduction*. John Wiley & Sons. 411p.
- Blair, T. C., and McPherson, J. G (1999) Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 69 (1): 6–19.
- Chauhan, O. S (1995) Monsoon-induced temporal changes in beach morphology and associated sediment dynamics, central east coast of India. *Journal of coastal research*, 776-787.
- Daessle, L. W., Marquez, G. R., Camacoh-Ibar, V.F., Gutierrez-galindo, E. A., Shumilin, E., and Qrtiz-Compos, E (2009) Geochemistry of modern sediment from san Quintin coastal lagoon, Baja California: Implication for provenanc. *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, 26: 117-132.
- Darling, J. M (1964) Seasonal changes in beaches of the North Atlantic coast of the United States. *Proceedings of 9th Conference on Coastal Engineering*. Lisbon, pp. 236-48.
- Farooq, S. and Arshad, N (2010) Macrobenthos diversity and abundance during SW monsoon season at Sandspit Beach. *Pakistan Journal of Marine Sciences*, 19(1&2): 3-19.
- Fazeli, N., Zare, R (2011) Effect of seasonal monsoons on Calanoid Copepod in Chabahar Bay-Gulf of Oman. *Jordan Journal of marine sciences*, 4 (1): 55-62.
- Fazeli, N., Savari, A., Nabavi, S. M. B., Zare, R (2013) Seasonal variation of zooplankton abundance, composition and biomass in the Chabahar Bay, Oman Sea. *International Journal of Aquatic Biology*, 1(6): 294-305.
- Folk, R., L (1980) *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Tex., Hemphill Publishing, Co. 184p.
- Gharibreza, M (2016) Evolutionary trend of paleoshorelines in the Coastal Makran zone (Southeast Iran) since the mid-Holocene. *Quat. Int.*, 392: 203–212.

- Shamji, V. R., Shahul Hameed, T. S., Kurian, N. P. and Thomas, K. V (2010) Application of numerical modelling for morphological changes in a high-energy beach during the south-west monsoon. *Current science*, 98(5): 691-695.
- Shau, B. K (1965) Theory of sieving: *Journal Sedimentary Petrology*, 35: 750-753.
- Snead, R. E (1967) Recent morphological changes along the coast of west pakistan. *Annals of the Association of American Geographers*, 57(3): 550-565.
- Tucker, M. E (1988) *Techniques in sedimentology*. Blackwells, Oxford, 394 pp.
- Valsangkar, A. J (1992) Principles, methods and applications of particle size analysis. *Canadian Geotechnical Journal*, 29 (6): 92-115.
- Reineck, H. E., and Singh, I. B (1980) *Depositional sedimentary environments with references to terrigenous clastics: 2nd ed.*, Berlin and New York, Springer-Verlag.
- Sengupta, D., R. Senan, and Goswami, B. N (2001) Origin of intraseasonal variability of circulation in the tropical central Indian Ocean, *Geophys. Res. Lett.*, 28: 1267– 1270.
- Schott, F. A., and McCreary, J. P (2001) The monsoon circulation of the Indian Ocean, *Prog. Oceanogr.*, 51: 1– 123.
- Singh, G. P., and Oh, Jai-Ho (2007) Impact of Indian Ocean sea-surface temperature anomaly on Indian summer monsoon precipitation using a regional climate model, *International Journal of Climatology*, 27 (11): 1455-1465.
- Sperber, K. R., Slingo, J. M., and Annamalai, H (2000) Predictability and relationship between subseasonal and interannual variability during the Asian summer monsoon, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 126: 2545– 2574.
- Syvitski, J. P. M. (ed), (2007) *Principles, methods and application of particle size analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, 368p.
- Taheri, M., Yazdani, M., Bagheri, H (2010) Community Structure and Biodiversity of Intertidal Sandy Beach Macrofauna in Chabahar Bay, Northeast of Oman Gulf, IR Iran. *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)*, 1: 17-25.
- Webster, P. J., Magana, V. O., Palmer, T. N., Shukla, J., Tomas, R. A., Yanai, M., Yasunari, T (1998) Monsoons: process, predictability and the prospects for prediction. *Journal of Geophysical Research* 103 (C7): 14451–14510.
- Wong, P., P (1981) Beach changes on a monsoon coast, Peninsular Malaysia. *Geol. Soc. Malaysia, Bulletin*, 14: 59-74.
- Wyrтки, K (1973) An equatorial jet in the Indian Ocean, *Science*, 181: 262– 264.