J. Oceanography (JOC). Volume14 (55): 94-104, fall 2023

Journal of Oceanography
Homepage: joc.inio.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Introducing the Lomashell of Makran coast and their use for supplementing aquatic feed (Marine Science)

Aziz Ollah Tajvar[1*], Mohidin Ahrari Roudi[2], Nasim Elyaspour[3]

1- Assistant Professor, Department of Oceanography, Faculty of Marine Science, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Oceanography, Faculty of Marine Science, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran.

3- Geology teacher, high schools of Chabahar Free Zone, Chabahar, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 2023/02/15
Revised: 2023/12/30
Accepted: 2023/12/6

Keywords:
Lomashell
Coquinoid limestone
micronized calcium carbonate powder
aquatic feed
Makran coast

*Corresponding author:
✉ *Tajvar@cmu.ac.ir*

orcid: 0000-0001-8231-4625

doi: **10.52547/joc.14.55.7**

dor:

ABSTRACT

Background and Objectives: The study is conducted in the southeastern coast of Iran, in Sistan and Baluchistan province. The sandy and shallow coasts of this region have provided a very suitable environment for the joining of bivalves, foraminifera and ostracods shells with a low degree of cementation and the formation of Lomashell (Coquinoid limestone) deposits. A large part of these deposits are used as borrow pits in the construction of breakwaters on the Makran coast. However, the evidence shows that these deposits have other uses and high economic potentials.

Methods: In this research, using existing geological maps and satellite images, the Lomashell deposits of Makran coast have been identified and separated from other rocks. Then, by sampling and investigating the geochemical characteristics of these deposits, the economic value of ore body has been evaluated and the possibility of using them to supplementing aquatic feed has been analyzed.

Findings: Based on the results of chemical analysis, the average amount of CaO in Lomashell is 44.76 %wt., equivalent to 86.91%wt of $CaCO_3$. In addition, other nutrient elements and compounds such as Na, K, Fe, Mg and P, are 1.03, 0.59, 1.36, 0.86 and 0.26 respectively. On the other hand, the average concentration of some toxic elements such as Pb, Zn, As, F, and Hg in Lomashell samples are 14.96, 12.8, 7.06, 19.43, and 18.33 (ppm), respectively. Compared to the very high concentration of calcium as ore mineral, they are insignificant.

Conclusion: The high purity of calcium carbonate, the low contamination with toxic and waste elements, the small amount of silica, in addition to the appropriate tonnage, the low range of vertical and lateral changes of the ore body, the low amount of gangue with ore deposits and also the bright color of the ore mineral, collectively represent the best quality of the ore mineral in three areas of Makran coast. These characteristics highlight that the Lomashell deposits has the best quality for processing micronized calcium carbonate powder in the preparation of food supplements for aquatic feed.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
1	6	23

مقاله پژوهشی

معرفی سنگ‌آهک‌های لوماشل سواحل مکران و کاربرد آنها در تهیه مکمل غذایی آبزیان (علوم پایه)

عزیزالله تاج‌ور[۱،*]، محی‌الدین احراری رودی[۲]، نسیم الیاس‌پور[۳]

۱- استادیار، گروه اقیانوس‌شناسی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

۲- استادیار، گروه اقیانوس‌شناسی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

۳- دبیر زمین‌شناسی، دوره متوسطه دوم، آموزش و پرورش منطقه آزاد چابهار، چابهار، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۶
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۲/۱۰/۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۱۵

واژگان کلیدی:
لوماشل
سنگ‌آهک صدفی
پودر میکرونیزه کربنات کلسیم
غذای آبزیان
سواحل مکران

*نویسنده مسئول
Tajvar@cmu.ac.ir

orcid: 0000-0001-8231-4625
doi: 10.52547/joc.14.55.7
dor:

چکیده

پیشینه و اهداف: منطقه‌ی مورد مطالعه در نوار ساحلی جنوب خاوری کشور، در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. سواحل ماسه‌ای، پایاب و کم ژرفای این منطقه محیط بسیار مناسبی برای به هم پیوستن صدف دوکفه‌ای‌ها، روزن‌داران و استراکودها با درجه سیمان‌شدگی پائین و تشکیل ذخایر سنگ‌آهک‌های لوماشل (صدفی) را فراهم آورده است. بخش زیادی از این ذخایر در سواحل مکران به عنوان منابع قرضه در ساخت موج‌شکن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این وجود؛ شواهد نشان می‌دهد این ذخایر مصارف دیگری نیز داشته از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار هستند.

روش‌ها: در این پژوهش، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و تصاویر ماهواره‌ای سنگ‌آهک‌های لوماشل سواحل مکران شناسایی و تفکیک شده‌اند. سپس با نمونه‌برداری از آنها و بررسی ویژگی‌های زمین شیمیایی این ذخایر، ارزش اقتصادی آنها مورد ارزیابی قرار گرفته و امکان بهره‌برداری از آنها جهت تهیه مکمل‌های غذایی خوراک آبزیان تجزیه و تحلیل شده است.

یافته‌ها: بر پایه‌ی نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی مقدار میانگین CaO موجود در این سنگ‌ها ۴۴/۷۶ درصد وزنی معادل ۸۶/۹۱ در صد وزنی $CaCO_3$ است. افزون بر این، عناصر و ترکیبات مغذی دیگری مانند Na، K، Fe، Mg و P نیز در ترکیب سنگ‌آهک‌های لوماشل مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۱/۰۳، ۰/۵۹، ۱/۳۶، ۰/۸۶و ۰/۲۶ است. از طرفی میانگین غلظت برخی از عناصر سمی مانند Pb، Zn، As، F و Hg در این نمونه‌ها به ترتیب برابر با ۱۴/۹۶، ۱۲/۸، ۷/۰۶، ۱۹/۴۳ و ۱۸/۳۳(ppm) است که در مقایسه با غلظت بسیار بالای کلسیم به عنوان ماده معدنی بسیار اندک و ناچیز هستند.

نتیجه‌گیری: خلوص بالای کربنات کلسیم، آغشتگی اندک به عناصر سمی و مزاحم، ناچیز بودن میزان سیلیس در کنار تناژ مناسب، پایین بودن دامنه تغییرات عمودی و جانبی ماده معدنی، پایین بودن میزان باطله همراه با ماده معدنی و همچنین رنگ روشن ماده معدنی همگی نمایانگر قابلیت بسیار بالای ذخایر سنگ‌آهک لوماشل در سه منطقه از سواحل مکران بوده و نشان می‌دهد ماده معدنی کیفیت مطلوب برای فرآوری پودر میکرونیزه کربنات کلسیم در تهیه مکمل‌های غذایی خوراک آبزیان را دارد.

مقدمه

سنگ‌آهک لوماشل (Lumachell) یا آهک صدفی یا آهک کوهی یک نوع ماده معدنی کرم تا سفید رنگ است که از تجمع و سخت‌شدگی پوسته و صدف دوکفه‌ای‌ها، روزن‌داران، استراکودها، مرجان‌ها، حلزون‌ها و شکم‌پایان بدون سیمان‌شدگی یا با سیمان‌شدگی ضعیف تشکیل شده است[۱]. این سنگ‌ها در دسته‌بندی سنگهای رسوبی، در گروه سنگ‌های رسوبی زیست-شیمیایی قرار گرفته و کانی اصلی تشکیل دهنده‌ی آنها کلسیت و کانی‌های فرعی نیز شامل کوارتز، ژیپس، فلدسپات، کانی‌های رسی و به مقدار جزئی اکسیدهای آهن است. با توجه به اینکه صدف برخی از این جانوران دریایی مانند شکم‌پایان و نرم‌تنان، حاوی مقادیر به نسبت بالایی از کربنات کلسیم در ترکیب خود است، پس از مرگ جانوران بخش‌های نرم بدن از بین رفته و بخش‌های سخت (صدف و اسکلت) بعد از گذراندن فرایند سنگ‌شدگی تبدیل به سنگ‌آهک لوماشل می‌شود. در ادامه با عقب‌نشینی دریا و قرار گرفتن این سنگ‌ها بر روی خشکی ذخایر با ارزشی پدید می‌آید که با توجه به میزان بالای کربنات کلسیم در ترکیب آنها کاربردهای زیادی در صنایع مختلف برای آن متصور است. در حال حاضر یکی از مهمترین کاربردهای سنگ‌آهک لوماشل، استفاده از پودر میکرونیزه آنها به عنوان مکمل غذایی در تهیه خوراک آبزیان و در برخی موارد دام و طیور است[۲]. سالیانه نزدیک به ۵۰۰ هزار تن پودر میکرونیزه کربنات کلسیم در این صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲]. چرا که کلسیم موجود در پودر میکرونیزه کربنات کلسیم در استخوان‌سازی و انعقاد خون آبزیان نقش پر رنگی داشته و در رشد و تولید مثل این جانوران بسیار مؤثر است[۳]. قابلیت جذب بالای این ماده معدنی در آبزیان سبب رشد سریع و کامل استخوان‌ها شده، وزن‌دهی و نرخ رشد آنها را سرعت می‌بخشد[۴]. همچنین وجود این مکمل غذایی در خوراک آبزیان از بروز و شیوع برخی بیماری‌ها پیشگیری می‌کند. به عنوان مثال وجود کلسیم سبب کاهش استرس آبزیان شده و از بروز اختلال در شبکه‌ی عصبی ماهیان جلوگیری می‌نماید[۵]. این مکمل غذایی به سه شکل پودری (کمتر از ۱ میلی‌متر)، دانه شکری (بین ۳ تا ۱ میلی‌متر) و گراولی (بین ۵ تا ۳ میلی‌متر) قابل فراوری بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. درجه‌ی خردایش و میزان خلوص ماده معدنی نقش تعیین کننده‌ای در ارزش‌گذاری و قیمت نهایی محصول دارد. به گونه‌ای که هرچه میزان خردایش بیشتر و اندازه‌ی دانه‌ها ریزتر باشد، ارزش ماده معدنی در بازار فروش آن بیشتر خواهد بود.

افزون بر این موارد، از پودر میکرونیزه کربنات کلسیم در صنایع مختلف از جمله داروسازی، تهیه مواد پلیمری، صنایع P.V.C.، رنگ سازی، مواد آرایشی و بهداشتی، کارخانجات قند، مصالح ساختمانی، تهیه کود، صنایع دستی، ساخت ظروف چینی، تهیه عایق‌های رطوبتی و غیره نیز استفاده می‌شود[۶].

در برخی از مناطق ساحلی کشور از جمله استان گلستان، خوزستان و بوشهر ذخایری از این نوع ماده معدنی گزارش شده است[۷، ۸، ۹]. مهمترین نقطه ضعف معادن فعال سنگ‌آهک لوما شل افزون بر تناژ بسیار پایین و پراکندگی زیاد ماده معدنی، درجه خلوص بسیار پایین ماده معدنی در آنها است. اما در سواحل مکران در جنوب خاوری ایران به دلیل خلوص بالای کربنات کلسیم، رنگ روشن ماده معدنی و عدم وجود عناصر مزاحم، این ماده معدنی می‌تواند به عنوان یکی از بهترین جایگزین ها برای تولید پودر میکرونیزه‌ی کربنات کلسیم در تهیه خوراک دام و طیور مورد استفاده قرار گیرند. ضمن اینکه ذخایر در یک منطقه متمرکز بوده و حجم ذخیره معدنی نیز در حد قابل قبول بوده و دارای ارزش اقتصادی است. اما به دلیل ناشناخته بودن و عدم معرفی صحیح به عنوان سنگ لاشه در ساخت موج‌شکن‌های توده سنگی منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۰]. از این‌رو در پژوهش حاضر با شناسایی و معرفی ذخایر سنگ‌آهک لوماشل در سواحل مکران ارزش اقتصادی این ذخایر مورد ارزیابی قرار گرفته و با توجه به نیاز کشور به واردات خوراک دام و طیور دریچه‌ی جدیدی به شناسایی و استفاده از این ذخایر عظیم در کشور باز شود.

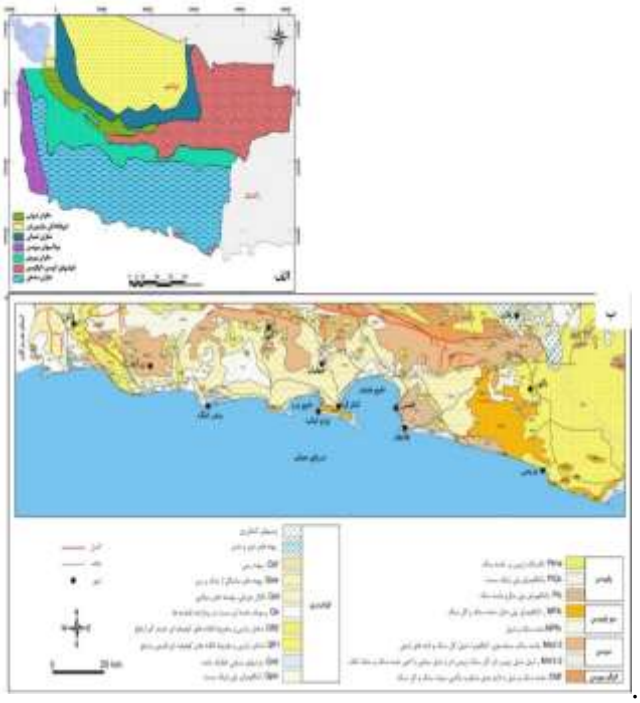
روش پژوهش

۱. زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش در بخش ساحلی منشور برافزایشی مکران واقع شده است. منشأ بخش زیادی از نهشته‌های رسوبی منشور برافزایشی مکران قاره‌ای است و تنها مقادیر اندکی از این نهشته‌ها به پوسته اقیانوسی نسبت داده می‌شوند[۱۱]. از شمال به جنوب سن رسوبات کاهش پیداکرده و بخش‌های ساحلی این منشور از رسوبات و پادگانه‌های آبرفتی کواترنر پایانی تشکیل شده است[۱۲، ۱۳، ۱۴]. منشور برافزایشی مکران از چهار واحد تکتونوا ستراتیگرافی اصلی تشکیل شده که به وسیله راندگی‌های بزرگ از هم جدا شده‌اند؛ این واحدها از جنوب به شمال و از جدید به قدیم به ترتیب عبارت‌اند از: مکران ساحلی، مکران بیرونی، مکرانی درونی و مکران شمالی[۱۵] (شکل۱، الف). منطقه موردمطالعه در بخش مکران ساحلی قرار دارد(شکل۱، ب). مکران ساحلی بیشتر از نهشته‌های جوان‌تر از میوسن پایانی تشکیل شده است. اما آنچه در نگاه اول بخش‌های ساحلی این منطقه را از دیگر بخش‌ها متمایز می‌نماید، وجود پادگانه‌های آبرفتی با پلاتفرم کم

عرض، شیب زیاد و سابخاهای ساحلی کم عرض، ساحل سنگی، فرورفتگی‌های ساحلی نعلی شکل و پادگانه‌های دریایی افقی به موازات ساحل است[۱۶]. پادگانه‌های دریایی منطقه به شکل ماسه سنگ و کنگلومراهای با سیمان سست و لایه‌بندی نه چندان منظم همراه با آثار فسیلی فراوان سنگ‌آهک‌های لوماشل را تشکیل داده‌اند. بر اساس نقشه زمین‌شناسی منطقه[۱۷]، فراوان‌ترین واحدهای سنگی منطقه واحدهای سنگی میوپلیوسن با تناوب لایه‌های ستبر تا توده‌های سنگ‌های زیستی- تخریبی، مارن و مارن سیلتی،

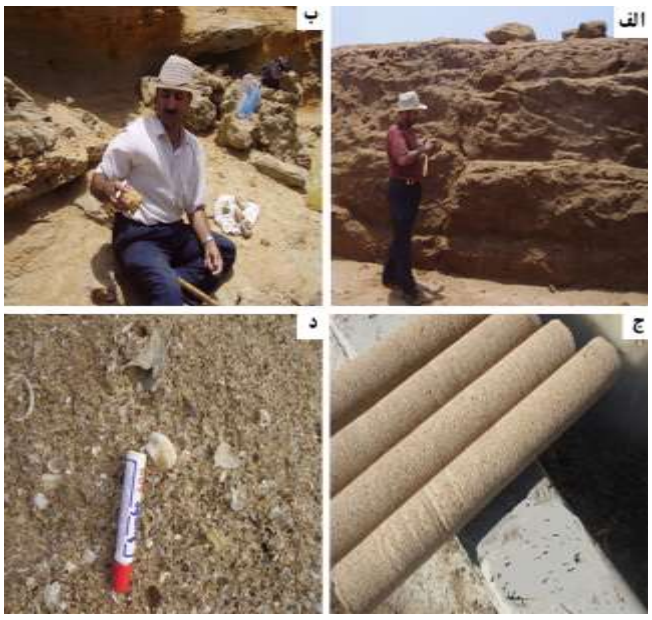
واحدهای سنگی پلیوسن و واحدهای سنگی کواترنر شامل ماسه سنگ‌های سست، ریزدانه تا درشت دانه با فرسایش حفره‌ای و کنگلومرا هستند[۱۷]. واحدهای مارنی با ستبرای نزدیک به ۸ متر بیشترین برونزد را در منطقه مورد مطالعه داشته و واحدهای رسوبات سیلیسی - آواری وکربناته حاوی سنگ‌آهک لوماشل با ستبرای نزدیک به ۶ متر به لحاظ فراوانی در رده‌ی دوم قرار می‌گیرند.



شکل۱: الف) واحدهای اصلی زمین‌ساختی منشور برافزایشی مکران، ب) نقشه زمین‌شناسی سواحل مکران (برگرفته از[۱۵])

۲-روش انجام کار

در طی عملیات صحرایی در منطقه مورد مطالعه، واحدهای سنگ‌آهک لوماشل شناسایی و از آنها نمونه‌برداری صورت گرفت(شکل۲، الف). تعداد ۱۰۰ نمونه سنگی از بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه برداشت شد (شکل۲، ب). همچنین به منظور ارزیابی گسترش عمقی ماده معدنی تعداد ۴ گمانه حفاری گردید و عملیات مغزه‌گیری صورت پذیرفت شد (شکل۲، ج). پس از نمونه‌برداری و مطالعات سنگ‌نگاری، تعدادی نمونه سنگی که هوازدگی تأثیر کمتری روی آنها گذاشته بود، به منظور تجزیه شیمیایی عناصر اصلی، عناصر جزئی و عناصر نادر خاکی انتخاب شد. افزون بر نمونه‌های سنگی، تعدادی نمونه‌های تحکیم نیافته که پوسته‌های صدفی بدون سیمان‌شدگی در کنار هم قرار گرفته بودند، نیز برای تجزیه شیمیایی انتخاب شدند (شکل۲، د). برای این منظور، حدود ۲۰۰ گرم از هر نمونه جدا و به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر گذاشته شد تا دانه‌های به هم چسبیده تفکیک شوند. سپس برای جلوگیری از اتصال رس‌ها و نیز عدم خرد شدن پوسته‌های صدفی نمونه به مدت ۱۵ دقیقه در همزن فراصوتی قرار داده شد. در ادامه دانه‌بندی نمونه‌ها با استفاده از سری الک‌ها به روش تر تعیین گردید. سری الک‌ها به ترتیب از بالا به پایین در اندازه‌های ۲ میلی‌متر، ۱ میلی‌متر، ۵۰۰ میکرون، ۲۵۰ میکرون، ۱۲۵ میکرون و ۶۳ میکرون قرار گرفته و به مدت ۳۰ دقیقه تحت لرزش قرار داده شده و دانه‌های مختلف از هم جدا شدند. در انتها پس از خشک نمودن این نمونه‌ها به وسیله آون، نخست ذرات ریزتر از ۶۳ میکرون به کمک دستگاه Laser Particle Sizer دانه‌بندی شده و سپس برای تجزیه شیمیایی انتخاب شدند. در مجموع تعداد ۳۰ نمونه شامل نمونه‌های سنگی، مغزه حفاری و ذرات دانه‌بندی شده برای تجزیه شیمیایی ارسال شده است. تجزیه شیمیایی عناصر اصلی به روش XRF و عناصر جزئی و نادر خاکی به روش ICP-MS در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور صورت گرفته است.



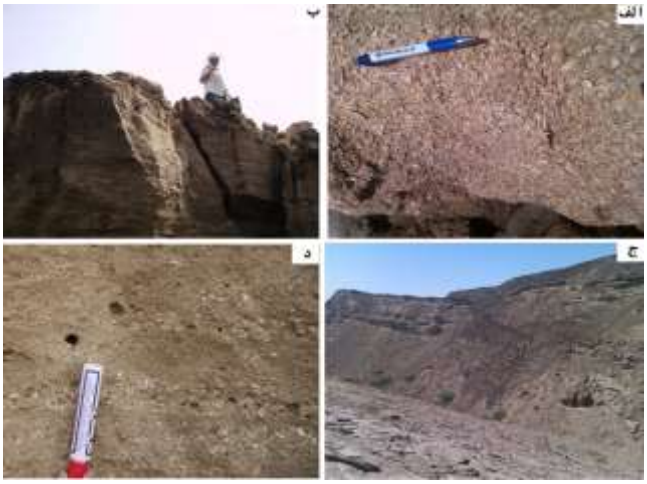
شکل ۲: تصاویری از نحوه نمونه‌برداری از سنگ‌آهک‌های لوماشل در منطقه مورد مطالعه: الف) شناسایی و تشخیص واحدهای لوماشل و تفکیک آنها از سایر

واحدهای سنگی، ب) جداسازی نمونه و شماره‌گذاری آن در صحرا، ج) مغزه گیری از واحدهای لوماشل، د) نمونه‌برداری از ذخایر تحکیم نیافته و بدون سیمان‌شدگی

نتایج و بحث

۱. مشاهدات صحرایی

نهشته‌های سیلیسی-تخریبی و کربناته، واحدهای سنگی اصلی دربرگیرنده‌ی سنگ‌آهک‌های لوماشل در منطقه مورد مطالعه هستند. در نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل۱)، این واحدهای سنگی تحت عنوان پادگانه‌های دریایی شناخته شده‌اند[۱۷]، به نظر می‌رسد منشأ واحدهای تخریبی در شمال و شمال خاوری منطقه مورد مطالعه قرار داشته و با دور شدن از منشأ، به طرف خاور میزان ذرات تخریبی کاهش یافته و شرایط برای تشکیل رسوبات کربناته فراهم شده است. در منطقه مورد مطالعه سنگ‌آهک‌های لوما شل در امتداد نوار ساحلی از باختر به خاور از نظر چینه سنگی با همدیگر تفاوت های آشکاری نداشته و نهشته‌های تخریبی پلیوسن پسین در مناطق باختری با نبود چینه شنا سی همراه ا ست. سنگ‌آهک‌های لوما شل به رنگ قهوه‌ای رو شن تا کرم دارای ظاهری خ شن و با جور شدگی ضعیف ه ستند (شکل۳، الف). هر چند در برخی نقاط لایه‌های درشت و ریزدانه صدف‌های به هم چسپیده ظاهری لایه لایه را به این واحدهای سنگی داده است(شکل۳، ب). پادگانه‌های دریایی مورد اشاره به صورت افقی و بالا آمده در دو سطح مرتفع و کم ارتفاع بیشتر به شکل پرتگاه‌های ساحلی دیده می‌شوند. نهشته‌های تشکیل دهنده‌ی این پادگانه‌ها مخلوطی سیلیسی، آواری و کربناته بوده که فاقد سیمان شدگی منا سب بوده و دارای پو سته‌های ب سیاری از صدف موجودات دریایی ا ست. ساخت‌های ر سوبی مانند طبقه‌بندی مورب و آثار حیوانات حفار در آنها به فراوانی دیده می‌شود(شکل۳، د). نهشته‌های قدیمی‌تر یا پادگانه‌های مرتفع نزدیک به ۴ متر ستبرا داشته و بخش زیادی از شهر چابهار نیز بر روی آنها بنا شده است. بیشترین برونزد این واحدهای حاوی سنگ‌آهک لوما شل در بخش جنوبی روستای کچو و در امتداد نوار ساحلی دیده می‌شود. این پادگانه‌های دریایی که به شکل افقی نهشته شده‌اند، به صورت دگرشیب رسوبات قدیم‌تر از خود را پوشانده و به طور معمول بر روی مارن‌های سبز رنگ قرار می‌گیرند(شکل۳، ج). در برخی نقاط مجموع ستبرای این دو واحد سنگی به بیش از ۷ متر هم می‌رسد. بیشترین گسترش سنگ‌آهک‌های لوماشل در سواحل بالا آمده و پرتگاهی واقع در جنوب شرق روستای لیپار دیده می‌شود. ستبرای این واحد سنگی در این منطقه از سمت باختر به سمت خاور افزایش می‌یابد. شکستگی‌های به نسبت زیادی در این مناطق بالا آمده دیده می‌شود. به نظر می‌رسد دلیل اصلی افزایش ستبرا و بالا آمدگی این واحدهای سنگی، فرورانش ورقه‌ی اقیانوسی عمان به زیر سنگ‌کره اوراسیایی ایران و پاکستان باشد. به گونه‌ای که تنش فشاری ناشی از این فرورانش سبب بالا آمدگی سواحل، شکستگی بلوک‌های سنگی و گسل‌خوردگی پادگانه‌های ساحلی از یک طرف و ورود رسوبات تخریبی به دشت سیلابی رودخانه لیپار از سوی دیگر شده است. بررسی تغییرات جانبی و عمودی رخساره‌های رسوبی به همراه شواهد فیزیکی در برونزد واحدهای سنگ‌آهک‌لوماشل نشان می‌دهد مخلوط نهشته‌های سیلیسی - آواری و کربناته در بخش‌های مختلف حاشیه ساحلی و تحت شرایط متفاوتی از نظر انرژی محیط نهشته شده‌اند. رخساره‌های گرینستونی که دارای مقادیر فراوانی از خرده‌های اسکلتی استنوهالین در اندازه ماسه وگراول هستند، نسبت به بقیه بیشتر تحت تأثیر امواج و جزر و مد قرار گرفته و نهشته شده‌اند. وجود ساخت‌های رسوبی نظیر طبقه‌بندی‌های مورب متوسط تا بزرگ مقیاس چند جهتی به همراه لایه‌بندی متوسط در این رخساره‌ها نیز نمایانگر محیط رسوب‌گذاری باانرژی بالا است[۱۸]. با افزایش تدریجی ژرفا و کاهش انرژی مکانیکی، رخساره‌های گرینستونی به پکستون‌های حاوی خرده‌های اسکلتی دریای باز نظیر براکیوپود، بریوزوئر و اکینودرم تغییر پیدا کرده است. کاهش ستبرای لایه‌بندی و افزایش گل‌های آهکی نیز رسوب‌گذاری زیر خط اثر امواج و در بخش‌های زیرین حاشیه ساحلی را تائید می‌نماید. از این‌رو رخساره‌های پکستونی که دارای گل آهکی هستند در بخش‌های زیرین پهنه‌ی جزر و مدی (در ژرفای بیشتر) و رخساره‌های گرینستونی بدون گل آهکی در بخش کم ژرفای بخش فوقانی این پهنه تشکیل شده‌اند.



شکل ۳: تصاویر صحرایی از سنگ‌آهک‌های لوماشل در منطقه مورد مطالعه: الف) نمایی نزدیک از سنگ‌آهک‌های لوماشل، جور شدگی بد و رنگ کرم تا قهوه‌ای در این تصویر آشکار است، ب) لایه‌بندی موازی نازک لایه در سنگ‌آهک‌های لوماشل، ج) دگرشیبی بین واحدهای قدیمی‌تر و جدید، و، بالا آمدگی واحدهای سنگی و شکستگی‌های ناشی از بالا آمدن ، د) آثار و شواهد موجودات حفار در سنگ‌آهک‌های لوماشل

. زمین‌شیمی سنگ‌آهک‌های لوماشل

به منظور بررسی ویژگی‌های زمین‌شیمیایی سنگ‌آهک‌های لوماشل و برآورد ارزش اقتصادی آنها با توجه به عیار کربنات کلسیم، از نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه نمونه‌برداری شد. همان‌گونه که در بخش روش کار نیز به آن پرداخته شد، نمونه‌برداری به صورت ترکیبی از روش‌های کلوخه‌ای، مخروط سازی و مغزه‌گیری انجام گرفت تا برآورد به نسبت دقیقی از خصوصیات و عیار ماده معدنی به دست آید. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه‌های جمع‌آوری شده (جدول۱)، ویژگی‌های زمین‌شیمیایی سنگ‌آهک‌های لوماشل سواحل مکران نشان می‌دهد ماده معدنی در برخی خصوصیات مانند میزان خلوص کربنات کلسیم، عدم حضور ترکیبات مزاحم در فرآوری و رنگ ماده معدنی در مقایسه با سایر منابع کربنات کلسیم گزارش شده از سایر مناطق ساحلی کشور دارای مزیت‌های به مراتب بیشتری است. بر اساس استاندارد شماره ۴۸۳۷ موسسه‌ی ملی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران میزان مجاز کلسیم (Ca) در آهک‌های صدفی به منظور استفاده جهت تغذیه طیور و دام، بیش از ۳۸/۸ درصد (معادل ۵۳ درصد اکسید کلسیم (CaO) است[۲]. این در حالی است که بر اساس ویژگی‌های زمین‌شیمیایی سنگ‌آهک‌های لوماشل در نوار ساحلی مکران دارای خلوص بسیار بیشتری بوده و مقدار میانگین CaO در ترکیب آنها ۴۴/۷۶ درصد وزنی معادل ۸۶/۹۱ درصد وزنی $CaCO_3$ است. به عبارتی میزان خلوص کربنات کلسیم که از آن برای تهیه پودر میکرونیزه به منظور مکمل غذایی خوراک آبزیان و طیور استفاده می‌شود، در حد قابل قبول و نزدیک به ۸۶/۹۱ درصد است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی سنگ‌آهک‌های لوماشل منطقه مکران، افزون بر کلسیم که ترکیب چیره ماده معدنی در نمونه‌های مورد مطالعه است، عناصر و ترکیبات مغذی دیگر مانند Na، K، Fe، Mg و P نیز دارای ارزش غذایی بالا بوده و می‌توانند در رشد آبزیان مؤثر باشند[۱۹]. میانگین غلظت هر یک از عناصر مغذی بالا در ترکیب سنگ‌آهک‌های لوماشل مورد مطالعه به ترتیب برابر با سدیم (۱/۰۳)، پتاسیم (۰/۵۹)، آهن (۱/۳۶)، منیزیم (۰/۸۶) و فسفر (۰/۲۶) است (جدول ۱). بر پایه‌ی ویژگی‌های زمین‌شیمیایی پودر سنگ‌آهک لوماشل ایده‌آل جهت استفاده در تهیه مکمل غذایی آبزیان و دام و طیور می‌بایست حداقل بین ۲۸ تا ۳۰ درصد CaO باشد[۲]. حال اینکه در نمونه‌های مورد مطالعه حداقل میزان CaO برابر با ۳۷/۷۳ و حداکثر آن برابر ۵۱/۰۲ درصد وزنی است. از طرفی، اگر چه میزان ماسه (سیلیس) موجود در پودر میکرونیزه کربنات کلسیم سبب بروز مشکلات تغذیه‌ای نمی‌شود؛ اما با افزایش مقدار این ترکیب در پودر مورد اشاره میزان خلوص کلسیم به شدت افت کرده و بر کیفیت محصول نهایی تأثیر بسزایی دارد. از این‌رو توصیه شده است حداکثر میزان SiO_2 موجود در پودر میکرونیزه کربنات کلسیم از ۲۰ درصد تجاوز ننماید[۲، ۱۹]. پارامترهای آماری نشان می‌دهد میزان غلظت سلیسیوم در نمونه سنگ‌آهک لوماشل مورد مطالعه بین ۵/۴۵ تا ۲۴/۷۶ درصد متغیر بوده و مقدار میانگین آن ۱۳/۸۷ درصد وزنی است. این درصد ناچیز در مقایسه با خلوص به نسبت بالای کربنات کلسیم (۸۶/۹۱ درصد وزنی) قابل توجه نبوده و از این‌رو می‌توان کیفیت، میزان خلوص و ارزش ماده معدنی را در حد قابل قبول ارزیابی کرد.

افزون بر غلظت و میزان SiO_2 که در فرایند فرآوری سنگ‌آهک‌های لوماشل مقادیر بالای آن کیفیت ماده معدنی را کاهش می‌دهد، برخی عناصر دیگر نیز به عنوان مزاحم شناخته شده و غلظت زیاد آنها در ترکیب ماده معدنی نقطه ضعف محسوب شده و ضمن کاهش کیفیت ماده معدنی می‌کاهد، سبب بروز مسمومیت و خسارت‌های جبران ناپذیری به آبزیان مصرف کننده نیز خواهد شد. برخی از این عناصر در ترکیب ماده معدنی جزو ترکیبات سمی محسوب شده و نه تنها منجر به بی ارزش شدن و کنار گذاشتن ماده معدنی می‌شوند؛ بلکه وجود مقادیر بالاتر از استاندارد سبب کاهش ارزش اقتصادی آن ماده معدنی خواهند شد. به ویژه در سنگ‌آهک‌های لوماشل که به عنوان مکمل غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، این موضوع از حساسیت بیشتری برخوردار است. با این وجود، برخی از این عناصر مانند فلوئور، سرب و روی در مقادیر و غلظت‌های اندک برای رشد و نمو آبزیان و موجودات زنده لازم و ضروری است؛ اما در مقادیر و غلظت‌های بیش از حد استاندارد سبب بروز مشکلات بی‌شماری خواهند شد. از این رو، غلظت برخی از عناصر سمی مانند Mn، Pb، Zn، As، F و Hg در نمونه‌های سنگ‌آهک لوماشل منطقه مکران اندازه‌گیری شده و در جدول شماره ۱ آورده شده است. بر اساس داده‌های جدول غلظت همه‌ی عناصر مزاحم و سمی در حد واحد در میلیون (ppm) و پایین‌تر از حد استاندارد بوده، حتی در برخی موارد مانند جیوه خارج از حد حساسیت دستگاه هستند. از این‌رو، غلظت این عناصر خطری برای مصرف کنندگان به دنبال نخواهد داشت. به گونه‌ای که مقدار حداقل و حداکثر عنصر منگنز به ترتیب برابر با ۰/۶۵ و ۱/۷۵، حداقل و حداکثر روی برابر ۰/۵۴ و ۳/۷، مقدار حداقل و حداکثر سرب برابر ۰/۶۲ و ۲/۲، مقدار حداقل و حداکثر آرسنیک ۰/۶۵ و ۲/۷۵، مقدار حداقل و حداکثر عنصر ید ۰/۱۷ و ۱/۱ و مقدار حداقل و حداکثر جیوه به ترتیب برابر ۲۵۴ و ۶۶۳ (ppm) است که در مقایسه با غلظت بسیار بالای عنصر کلسیم به عنوان ماده معدنی بسیار اندک و ناچیز هستند.

جدول ۱: نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی سنگ‌آهک‌های لوماشل

شماره نمونه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na_2O (%)	K_2O (%)	P_2O_5 (%)	L.O.I. (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)	F (ppm)	Hg (ppm)
Ch-۰۱ -۱	۲۵° ۱۴' ۲۳"	۶۱° ۰۵' ۳۵"	۹/۱۷	۱/۰۶	۰/۲	۱/۲۴	۴۷/۱۱	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۴۲	۰/۳	۳۸/۴۶	۶۳۲	۷	۱۱	۱۲	۴۳	۳۰
Ch-۰۱ -۲	۲۵° ۱۲' ۱۶"	۶۱° ۲۳' ۱۷"	۱۶/۴۵	۱/۴۲	۰/۰۱	۱/۱۹	۴۴/۲۵	۰/۶۶	۰/۸۶	۰/۴۱	۰/۲۱	۳۲/۷۴	۵۵۷	۵	۱۷	۵	۴۶	۲۵
Ch-۰۱ -۳	۲۵° ۱۲' ۲۵"	۶۱° ۲۲' ۱۹"	۷/۷۹	۱/۶۸	۰/۰۲	۱/۲۲	۴۹/۵۴	۰/۷۱	۰/۹۴	۰/۵۰	۰/۳۳	۳۶/۱	۶۱۶	۴	۱۴	۱	۴۱	<۱۰
Ch-۰۱ -۴	۲۵° ۱۱' ۴۱"	۶۱° ۲۲' ۰۲"	۱۲/۴۵	۱/۶۴	۰/۱۳	۱/۲۱	۳۷/۷۳	۰/۷۱	۰/۹۴	۰/۴۷	۰/۲۵	۴۲/۹۵	۵۶۹	۴	۲۳	۲	۴۳	<۱۰
Ch-۰۱ -۵	۲۵° ۱۲' ۳۱"	۶۱° ۲۰' ۳۸"	۱۱/۹۷	۲/۴۹	۰/۹۰	۱/۵۱	۴۴/۶۵	۰/۹۶	۱	۰/۶۵	۰/۱۹	۳۴/۶	۶۰۸	۱۰	۲۰	۵	۳۴	۳۵
Ch-۰۱ -۶	۲۵° ۱۰' ۴۰"	۶۱° ۱۶' ۱۷"	۵/۴۵	۳/۱۵	۰/۱۴	۱/۸۸	۴۹/۷۷	۱/۱۷	۱/۱۴	۰/۷۷	۰/۲۴	۳۴/۸۱	۵۷۱	۹	۱۴	۲	۱۳	۲۵
Ch-۰۱ -۷	۲۵° ۱۱' ۱۳"	۶۱° ۱۵' ۲۵"	۱۴/۱۳	۲/۹۳	۰/۱۱	۱/۸۲	۵۱/۰۲	۱/۰۸	۱/۱۷	۰/۷۸	۰/۳۸	۲۵/۷۳	۵۷۹	۳	۱۷	۳	۱۲	۲۵
Ch-۰۱ -۸	۲۵° ۰۸' ۱۸"	۶۱° ۱۵' ۵۱"	۹/۳۵	۲/۱۱	۰/۱۴	۱/۳۳	۴۵/۲	۰/۹۸	۱/۰۹	۰/۵۷	۰/۲۵	۳۸/۳۳	۵۵۹	۱۱	۱۴	۴	۱۵	۱۴
Ch-۰۱ -۹	۲۵° ۱۱' ۵۴"	۶۱° ۰۹' ۵۲"	۱۶/۶۷	۲/۲۱	۰/۰۸	۱/۳۷	۴۸/۳۱	۰/۶۷	۰/۹۷	۰/۵۸	۰/۳۳	۲۷/۴۹	۵۸۹	۲۲	۱۹	۸	۱۴	۴۹
Ch-۰۱ -۱۰	۲۵° ۱۳' ۴۹"	۶۱° ۰۷' ۲۷"	۸/۹۹	۱/۸۴	۰/۰۹	۱/۲۳	۴۹/۵۷	۰/۷۶	۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۱۹	۳۶	۶۵۲	۱۰	۱۵	۷	۲۴	۱۲
Ch-۰۲ -۱۱	۲۵° ۲۰' ۰۵"	۶۱° ۰۴' ۵۸"	۱۸/۸۷	۲/۱۶	۰/۱۸	۱/۳۷	۴۴/۷۶	۰/۷۷	۱/۱۱	۰/۵۹	۰/۲۴	۲۸/۸۸	۶۳۲	۶	۹	۶	۱۴	<۱۰
Ch-۰۲ -۱۲	۲۵° ۲۳' ۱۱"	۶۱° ۰۶' ۵۷"	۱۲/۶۵	۱/۸۴	۰/۰۸	۱/۲۱	۴۹/۵۳	۰/۷۷	۰/۹۹	۰/۵۵	۰/۲۶	۳۱/۸	۶۴۶	۱۴	۱۴	۸	۱۴	<۱۰
Ch-۰۲ -۱۳	۲۵° ۲۶' ۳۶"	۶۱° ۰۶' ۵۳"	۱۲/۹۸	۲/۱۶	۰/۰۶	۱/۴۱	۴۰/۳۱	۰/۸۱	۱/۰۸	۰/۶۳	۰/۱۸	۳۸/۰۷	۶۵۳	۱۲	۱۶	۳	۱۷	<۱۰
Ch-۰۲ -۱۴	۲۵° ۲۲' ۳۷"	۶۰° ۵۸' ۴۷"	۲۴/۷۶	۲/۱۳	۰/۰۶	۱/۲۹	۳۸/۴۳	۰/۸۳	۱/۱۸	۰/۶۱	۰/۱۸	۳۱/۳۲	۶۷۷	۸	۹	۶	۱۶	<۱۰
Ch-۰۲ -۱۵	۲۵° ۱۶' ۴۳"	۶۰° ۵۷' ۴۳"	۱۷/۴۳	۱/۲۵	۰/۰۷	۱/۳۳	۳۹/۳۸	۰/۸۲	۰/۲۹	۰/۶۳	۰/۱۷	۳۶/۱۴	۶۲۳	۷	۱۵	۱۸	۲۱	۵۰
Ch-۰۲-۱۶	۲۵° ۱۶' ۲۵"	۶۰° ۵۴' ۲۹"	۱۶/۹۷	۲/۱۸	۰/۹	۱/۲۸	۴۷/۹۸	۰/۸۰	۱/۲۳	۰/۵۸	۰/۲۱	۲۵/۹۲	۶۲۱	۴	۱۷	۷	۱۶	<۱۰
Ch-۰۲ -۱۷	۲۵° ۳۱' ۳۲"	۶۱° ۰۹' ۱۵"	۱۷/۶۵	۱/۷۵	۰/۱۸	۱/۱۸	۳۹/۳۵	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۵۴	۰/۲۷	۳۶/۲۴	۶۴۴	۴	۱۲	۳	۲۲	۴۳
Ch-۰۲ -۱۸	۲۵° ۳۳' ۵۸"	۶۱° ۰۶' ۴۳"	۱۲/۸۵	۱/۵۳	۰/۱۶	۱/۵۳	۴۹/۴۳	۰/۹۴	۱/۰۴	۰/۶۴	۰/۳۶	۳۰/۴	۵۸۵	۸	۹	۴	۱۵	<۱۰
Ch-۰۲ -۱۹	۲۵° ۳۱' ۱۰"	۶۱° ۰۰' ۵۵"	۱۹/۵۴	۲/۵۲	۰/۱۱	۱/۵۱	۴۶/۲۷	۰/۹۲	۱/۰۵	۰/۶۵	۰/۳۵	۲۵/۶۹	۶۱۱	۱۰	۱۳	۶	۱۴	<۱۰
Ch-۰۲ -۲۰	۲۵° ۲۹' ۴۳"	۶۰° ۵۷' ۱۲"	۲۱/۸۷	۲/۵۳	۰/۱۳	۱/۵۳	۳۸/۱۲	۰/۹۴	۱/۱۰	۰/۶۴	۰/۲۸	۳۱/۰۳	۵۷۰	۵	۲۳	۵	۱۶	<۲۰
Ch-۰۳ -۲۱	۲۵° ۲۷' ۰۵"	۵۹° ۳۸' ۵۸"	۱۸/۶۵	۲/۴۶	۰/۱۸	۱/۵۲	۴۴/۶۷	۰/۹۷	۱/۱۱	۰/۶۶	۰/۲۶	۲۹/۱۴	۵۹۰	۱۱	۱۲	۱۹	۱۲	<۱۰
Ch-۰۳ -۲۲	۲۵° ۲۸' ۰۰"	۵۹° ۴۳' ۳۹"	۱۶/۳۲	۱/۴۲	۰/۱۶	۰/۵۱	۴۶/۱۷	۰/۹۵	۱/۰۶	۰/۶۹	۰/۲۸	۳۱/۲۳	۵۹۴	۹	۲۱	۸	۱۴	<۱۰
Ch-۰۳ -۲۳	۲۵° ۲۹' ۲۲"	۵۹° ۴۳' ۵۶"	۱۲/۹۸	۲/۰۴	۰/۱۶	۱/۳۵	۴۲/۶۷	۰/۹۶	۱/۰۱	۰/۵۱	۰/۳۴	۳۷/۰۳	۵۷۱	۱۳	۱۵	۶	۱۳	۵۲
Ch-۰۳ -۲۴	۲۵° ۳۰' ۴۵"	۵۹° ۴۱' ۰۰"	۱۰/۱۲	۲/۰۵	۰/۱۵	۱/۳۸	۴۳/۵۱	۰/۹۲	۰/۹۶	۰/۵۲	۰/۲۹	۳۸/۲۳	۵۶۱	۱۷	۱۶	۱۱	۱۷	<۱۰
Ch-۰۳ -۲۵	۲۵° ۳۳' ۱۹"	۵۹° ۴۲' ۱۷"	۱۶/۳۴	۲/۱۷	۰/۲۲	۱/۳۷	۳۹/۱۶	۰/۸۰	۰/۹۴	۰/۵۸	۰/۱۹	۳۸/۱۳	۶۳۹	۱۶	۱۱	۵	۱۲	۵۷
Ch-۰۳ -۲۶	۲۵° ۳۴' ۵۴"	۵۹° ۳۹' ۳۲"	۱۲/۸۷	۲/۲۷	۰/۲۷	۱/۴۲	۴۶/۱۱	۰/۸۱	۱/۲۲	۰/۶۲	۰/۱۵	۳۴/۱۴	۶۶۳	۱۵	۹	۱۰	۹	۴۹
Ch-۰۳ -۲۷	۲۵° ۳۶' ۱۸"	۵۹° ۳۶' ۴۱"	۸/۹۷	۲/۲۱	۱/۰۹	۱/۳۷	۴۴/۹۴	۰/۸۷	۱/۱۹	۰/۵۹	۰/۲۶	۳۶/۵۲	۶۳۵	۴۴	۸	۱۴	۱۶	<۱۰
Ch-۰۳ -۲۸	۲۵° ۳۴' ۵۱"	۵۹° ۳۶' ۴۹"	۹/۸۹	۲/۳۹	۱/۱۴	۱/۴۷	۴۶/۲۲	۰/۸۷	۱/۲۷	۰/۶۴	۰/۳۷	۳۳/۶۵	۶۵۶	۴۵	۱۵	۷	۱۶	۳۸
Ch-۰۳ -۲۹	۲۵° ۳۳' ۱۷"	۵۹° ۳۸' ۳۱"	۱۰/۵۴	۲/۲۷	۰/۱۱	۱/۴۱	۴۱/۱۶	۱/۱۰	۱/۶۱	۰/۵۹	۰/۳۶	۳۸/۹۵	۶۰۵	۳۳	۲۲	۳	۱۱	۴۶
Ch-۰۳ -۳۰	۲۵° ۲۹' ۱۹"	۵۹° ۳۵' ۲۶"	۱۱/۴۸	۲/۲۶	۱/۰۹	۱/۴۲	۴۷/۶۶	۰/۸۵	۱/۱۶	۰/۵۵	۰/۲۶	۳۱/۸۱	۶۵۱	۱۸	۱۹	۱۴	۱۳	<۱۰

۳. معرفی نواحی امیدبخش

با انجام عملیات میدانی، نمونه‌برداری از واحدهای سنگی لوماشل و نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی در کنار به‌کارگیری فنون دورسنجی بر روی تصاویر ماهواره‌ای، مناطق دارای پتانسیل بالای سنگ‌آهک لوماشل در منطقه موردمطالعه تفکیک گردید. بر این اساس واحدهای لوماشل بیشتر در نوار ساحلی منطقه مکران مشاهده می‌شوند. هرچند در برخی از نقاط با فاصله گرفتن از خط ساحلی نیز ذخایر با ارزش اقتصادی وجود دارند. بر اساس مشاهدات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای ستبرای واحدهای لوماشل از باختر به سمت خاور افزایش پیدا می‌کنند. به گونه‌ای که لایه‌های اقتصادی و با ارزش سنگ‌آهک‌های لوماشل بیشتر در واحدهای زمین‌شناسی جوان‌تر نزدیک به خط ساحلی متمرکز بوده و واحدهای قدیمی‌تر به سن میوسن و پلیوسن از اهمیت کمتری برخوردار هستند.

برای تفکیک مناطق دارای پتانسیل اقتصادی سنگ‌آهک لوماشل از مناطق غیر اقتصادی می‌بایست بخش‌هایی از ذخیره‌ی معدنی که در گستره‌ی مناطق حفاظت شده قرار می‌گیرند را از سایر نقاط تفکیک نمود. این دو نوع منطقه بر روی نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه تفکیک شده‌اند (شکل۴)[۲۰، ۲۱]. در این نقشه مناطق حفاظت شده که در آنها استخراج و بهره‌برداری از منابع معدنی ممنوع است، نشان داده شده است. این مناطق شامل مناطق حفاظت شده‌ی زیست محیطی، گستره بنادر و تأسیسات، منطقه آزاد تجاری صنعتی چابهار و پیکره‌های مختلف آن، مناطق انتظامی و نظامی و غیره هستند[۲۲]. بخش مهم و قابل توجه این نقشه گستره‌هایی است که در حال حاضر پراونه اکتشاف و استخراج از سازمان صنعت، معدن و تجارت استان سیستان و بلوچستان داشته، معادن آنها به صورت فعال و یا غیرفعال بوده و در آنها سنگ‌آهک‌های لوماشل جهت ساخت بدنه‌ی سنگی موج‌شکن‌های منطقه استخراج می‌شوند[۲۳]. این موج‌شکن‌ها از سمت خاور به باختر عبارتند از اسکله‌های ماهیگیری گواتر، پسابندر، بریس، رمین، بنادر تجاری شهید رجایی و شهید کلانتری چابهار، اسکله‌های ماهیگیری تیس، کنارک، پزم-تیاب و تنگ که در آنها منابع و ذخایر با ارزش اقتصادی سنگ‌آهک‌های لوماشل استخراج و هدر داده می‌شوند..

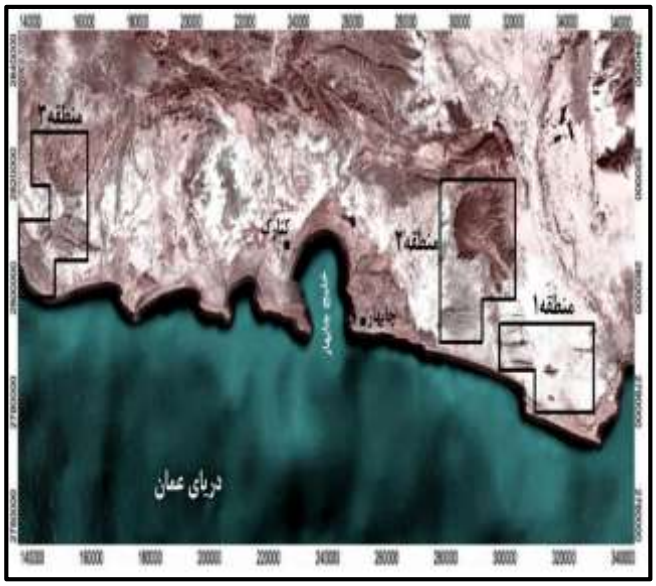
شکل ۴: نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه که بر روی آن گستره‌های حفاظت شده، مناطق نظامی، تجاری، صنعتی و شهری که در آنها استخراج ذخایر معدنی ممنوع است، نشان داده شده است. همچنین در این نقشه گستره‌هایی که در حال حاضر پراونه اکتشاف داشته و در آنها سنگ‌آهک‌های لوماشل جهت ساخت بدنه‌ی سنگی موج‌شکن‌های منطقه استخراج می‌شوند، تفکیک شده‌اند[۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳].

با در نظر گرفتن محدوده‌های حفاظت شده و معادن فعال، در مجموع سه گستره‌ی امید بخش دارای ارزش اقتصادی از ذخایر سنگ‌آهک لوماشل تفکیک و در نقشه شکل ۵ نشان داده شده است. این سه منطقه به لحاظ ویژگی‌های زمین‌شیمیایی ماده معدنی بسیار به هم شباهت دارند؛ به گونه‌ای که CaO، به عنوان ماده معدنی اصلی، در هر سه منطقه امیدبخش دارای غلظت یکسانی است (شکل۶، الف). این موضوع نشان می‌دهد ماده معدنی دارای ترکیب شیمیایی یکنواخت بوده و به نسبت همگن است. اگرچه تفاوت‌های جزئی در سه منطقه وجود دارد که قابل چشم‌پوشی بوده و تأثیر چندانی در ارزش اقتصادی ماده معدنی ندارند. به عنوان مثال غلظت SiO_2، به عنوان ترکیب مزاحم در فرآوری ماده معدنی، در منطقه امیدبخش ۲ اندکی بیشتر از دو منطقه دیگر بوده و منطقه ۱ دارای غلظت به مراتب کمتری از SiO_2 است (شکل۶، الف). همچنین در بین عناصر مضر و سمی در ترکیب ماده معدنی غلظت Hg در منطقه ۲ و ۳، و غلظت F در منطقه ۱ قدری بیشتر است (شکل۶، ب).

منطقه شماره ۱ در مجاورت خلیج گواتر قرار گرفته که از شهر چابهار نزدیک به ۱۱۰ کیلومتر فاصله دارد. خلیج گواتر فرو رفتگی به نسبت کوچکی است که در منتهی‌الیه جنوب خاوری کشور و در مرز بین ایران و پاکستان واقع شده است. با توجه به اینکه تاکنون هیچ‌گونه نقشه زمین‌شناسی از این منطقه تهیه نشده است، از این رو در نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه گنجانده نشده اما در تصویر ماهواره‌ای نشان داده شده است. جهت دسترسی به این منطقه می‌توان از طریق جاده آسفالته چابهار گواتر اقدام نمود. واحدهای سنگ‌آهک‌لوماشل در این منطقه دارای شیب افقی بوده و به صورت مسطح هستند. ریخت‌شناسی تختگاه (Messa) حاصل از نحوه قرارگیری این واحدهای سنگی در این منطقه شکل گرفته و بر حسب شرایط و عوامل فرسایش این سطوح بریده و گستره‌های جدا از هم را به وجود آورده که این عامل سبب پراکندگی ماده معدنی در این منطقه شده است. یکی از ویژگی‌های ماده معدنی در این منطقه وجود آهک‌های ماسه‌ای دربردارنده‌ی خرده‌های صدفی و اسکلت جانوران دریایی است که به وفور در این بخش پراکنده هستند. این واحدهای سنگی که به طور معمول پادگانه‌های دریایی را پدید آورده‌اند، دارای مقادیر متفاوتی از ماسه سیلیسی و رس هستند، در چند سطح تراز دیده می‌شوند، شیب نزدیک به افق دارند و در بخش‌های شیب‌دار، شیب لایه‌ها به سمت دریا است. ستبرای لایه‌های در برگیرنده‌ی سنگ‌آهک‌لوماشل از نزدیک به نیم متر تا حدود یک و نیم متر متغیر بوده و بیشتر در بخش فوقانی پادگانه‌های دریایی تشکیل شده‌اند. در برخی از این لایه‌ها نزدیک به ۷۰ تا ۸۰ درصد خرده‌های صدف دیده می‌شود. افزون بر این، در این منطقه قطعات به هم‌ریخته و پراکنده صدف‌های آهکی حاصل از فرسایش و از هم پاشیدن لایه‌های قدیمی‌تر به وفور تشکیل شده است. ستبرای این لایه‌های فرسایشی اندک است و در بخش زیرین خود به یک لایه‌ی ماسه‌سنگی به نسبت سخت می‌پیوندد که خرده‌های صدفی آن متغیر بوده و چنین به نظر می‌رسد که قابلیت تشکیل لایه‌ای از سنگ‌آهک‌لوماشل جدید را دارد. هر چند ستبرای حقیقی این لایه مشخص نیست و از این رو نمی‌توان برآورد دقیقی از ماده معدنی به دست آورد.

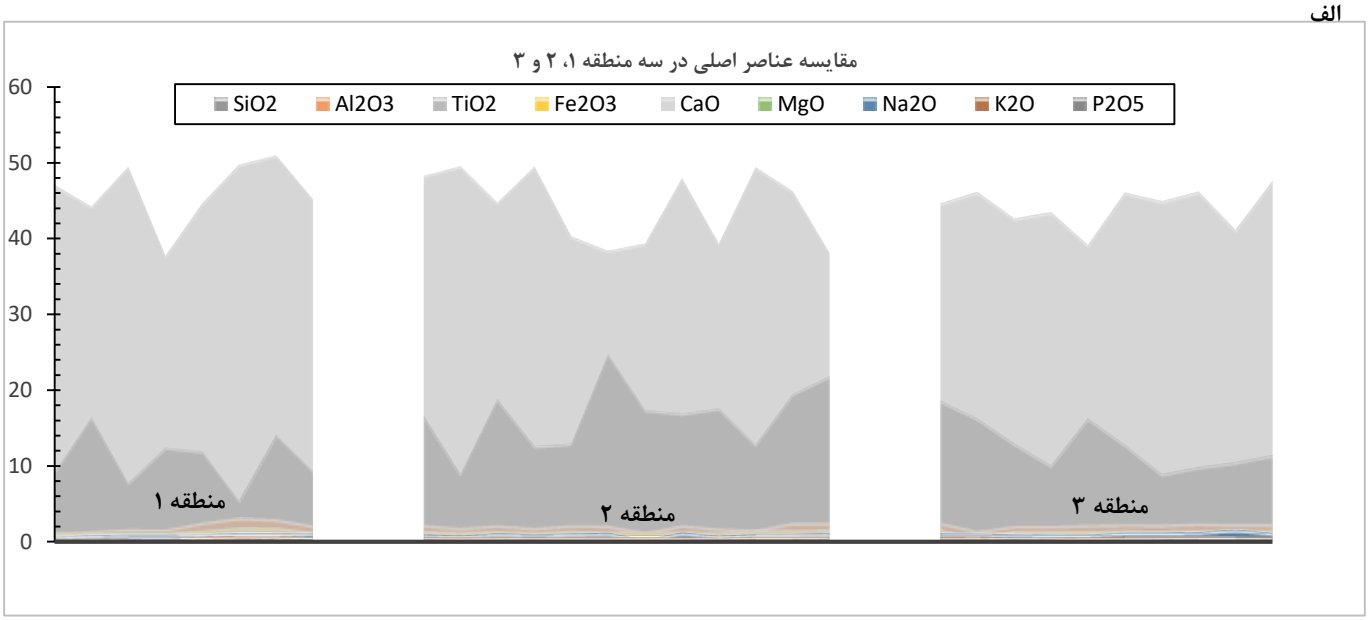
منطقه شماره ۲ که در فاصله دورتری نسبت با خط ساحلی واقع شده است، در حد فاصل بین منطقه شماره ۱ و شهر چابهار قرار دارد. جهت دسترسی به این منطقه می‌توان از طریق جاده آسفالته چابهار به سمت دشتیاری اقدام کرد. ذخیره سنگ‌آهک‌های لوماشل این منطقه در بخش شمال خاوری شهر چابهار و در فاصله ۲۵ کیلومتری این شهر در دو سمت جاده پراکنده شده‌اند. اما بخش اعظم ماده معدنی در سمت چپ جاده و در بخش شمال-شمال باختری منطقه شماره ۲ واقع شده است. در این بخش بیشتر شاهد واحدهای مارن هستیم و سنگ‌آهک‌های لوماشل به صورت لایه‌هایی پلکانی در سرتاسر آن گسترش یافته و تا ضلع جنوب خاوری روستای تیس نیز امتداد می‌یابند. با توجه به حضور فراوان مارن و فاصله به نسبت زیاد این منطقه تا ساحل، به نظر می‌رسد واحدهای سنگی در این بخش قدیمی‌تر نسبت به بخش‌های دیگر باشند. نهشته‌های مارن به رنگ سبز بوده و حاوی میان لایه‌هایی نازک از جنس مادستون و سیلتستون هستند. لایه‌ی فوقانی که حاوی خرده‌های صدف با میان لایه‌های از رس است به سمت شمال تا شمال خاوری شیب اندکی داشته و همانند سایر نقاط بر روی پادگانه‌های دریایی قرار می‌گیرد. افزون بر این، شواهد نشان می‌دهد فرسایش تأثیر بیشتری بر روی این واحدهای سنگی گذاشته و قطعات جدا شده از ارتفاعات نیز حاکی از این موضوع است. ریخت‌شناسی کویستا (Questa) شکل چیره در بخش ارتفاعات این منطقه بوده و تپه‌های مارنی با شیب به سمت شمال در بخش‌های مختلف پراکنده هستند. بر روی این مارن‌ها لایه‌های ماسه‌سنگ و کنگلومرای حاوی قطعات صدفی تشکیل شده که با همان مورفولوژی و شیب دیده می‌شوند. ستبرای این لایه‌ها که در برگیرنده‌ی اصلی ماده معدنی هستند از ۱ تا ۳ متر متغیر بوده و در بخش‌هایی تغییرات جانبی زیادی در آنها دیده می‌شود. اما در کیفیت ماده معدنی تغییر چشم‌گیری دیده نمی‌شود. در این منطقه به سبب فرسایش به نسبت زیاد واحدهای قدیمی‌تر، برونزد نهشته‌های مارن حاوی گچ گسترش فراوانی دارند. واحدهای سخت و سنگی ماسه‌سنگ و لوماشل از پیرامون این نهشته‌های مارن را احاطه کرده‌اند. از این رو به نظر می‌رسد ماده‌ی معدنی در بخش مرکزی توده‌های سنگی نیز گسترش داشته باشند. به همین سبب می‌توان چنین برآورد نمود که بیشترین بخش ذخیره‌ی سنگ‌آهک‌های لوماشل در منطقه شماره ۲ قرار گرفته است.

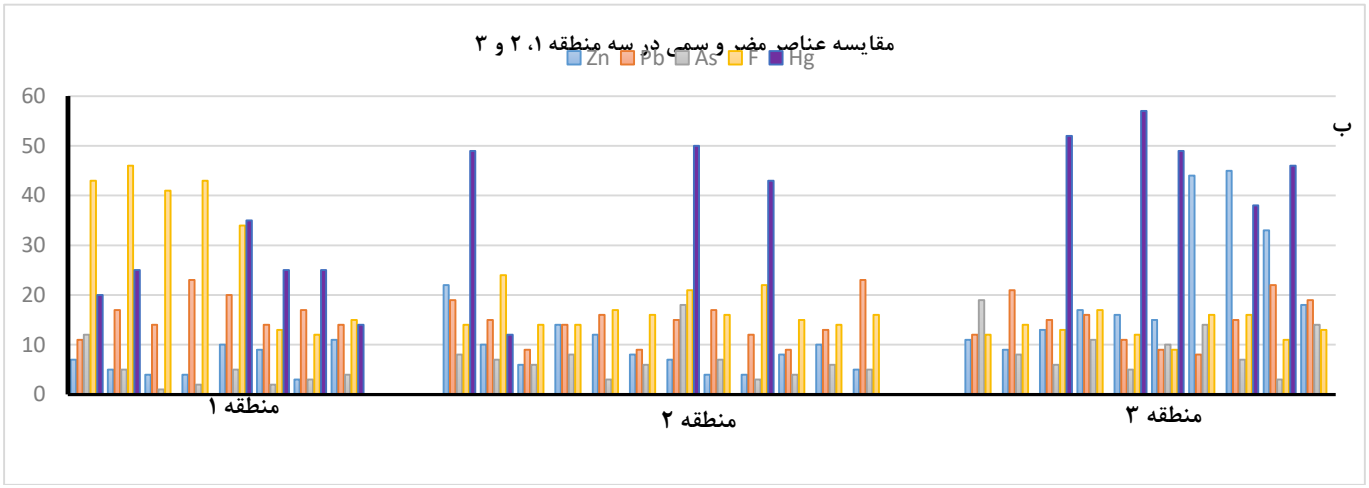
منطقه شماره ۳ که در بخش باختری سواحل مکران واقع شده است، از شهر چابهار نزدیک به ۱۵۰ کیلومتر فاصله دارد. به منظور دسترسی به این منطقه و ذخیره سنگ‌آهک لوماشل آن می‌توان از طریق جاده آسفالته چابهار به جاسک اقدام نمود. به این صورت که ابتدا با پیمودن مسافت ۴۵ کیلومتری در مسیر چابهار به کنارک از طریق سه راهی روستای کهیر به سمت جاسک تغییر مسیر می‌دهیم. سپس با طی مسافت نزدیک به ۱۰۰ کیلومتر در مسیر شهرستان زرآباد به جاسک در محل روستای کلات تغییر مسیر داده و از طریق جاده خاکی با طی حدود ۵ کیلومتر به سمت جنوب به ذخیره منطقه شماره ۳ خواهیم رسید. به لحاظ ریخت‌شناسی واحدهای اصلی سنگی این منطقه شکل پلکانی داشته و بین ۱۰ تا ۱۵ درجه شیب ملایمی در جهت شمال به خود گرفته‌اند. عامل اصلی شکل‌گیری این حالت، زمین‌ساخت منطقه است؛ به گونه‌ای که تنش فشاری ناشی از فرورانش ورقه‌ی اقیانوسی عمان به زیر سنگ‌کره‌ی قاره‌ای ایران و پاکستان سبب بالا آمدگی بخش‌های ساحلی شده و در نتیجه این بالاآمدگی شکستگی‌هایی در واحدهای سنگی پدیدار شده است. جدا شدن این شکستگی‌ها و فروریختن آنها به سمت پایین منجر به شکل‌گیری آرایش پلکانی در واحدهای سنگی شده است. روند عمومی پلکان‌ها خاوری – باختری است و ستبرای هر کدام از آنها به حدود ۵ متر نیز می‌رسد. سطح تازه شکسته شده‌ی این واحدهای سنگی نشان می‌دهد ترکیب سنگ‌شناسی آنها ماسه‌سنگ و در برخی موارد با درشت‌تر شدن اندازه‌ی دانه‌ها، کنگلومرا است. در این حالت قطعات اصلی تشکیل دهنده‌ی سنگ، خرده‌های صدفی هستند. از این رو، می توان بخش زیادی از این واحدهای سنگی را لوماشل در نظر گرفت که ارزش اقتصادی بالایی برای استخراج دارند. لایه‌های سنگ‌آهک لوماشل در این منطقه در بالاترین سطح قرار دارند؛ اگر چه میان لایه‌هایی نیز در بخش‌های زیرین دیده می‌شود. افزون بر اینها، واریزه‌هایی که در بخش قائده و در نتیجه فرسایش و ریزش واحدهای فوقانی شکل گرفته‌اند، دارای مقادیر قابل توجهی از پوسته، صدف و اسکلت موجودات دریایی هستند که در صورت برآورد ستبرای حقیقی آنها می‌توان از آنها به عنوان پتانسیل با ارزش اقتصادی بالا یاد کرد. لایه‌های لوماشل‌دار سطوح فوقانی به صورت متناوب با ماسه‌سنگ، مارن و سیلتستون قرار گرفته‌اند. تناوب لایه‌های سنگی در این بخش بدین صورت است که در بخش رویی ترادفی از لایه‌های مختلف ماسه‌سنگ و لوماشل با ستبرای بین ۵ تا ۶ متر وجود دارد. در زیر این لایه‌ها، واحدهای ماسه‌سنگی دیده می‌شود که رنگ آن روشن‌تر و خرده‌های اسکلتی آن به مراتب کمتر از بخش فوقانی است. ستبرای این بخش در بیشترین حالت به حدود ۲ متر می‌رسد. سپس واحدهای سنگی آرایش پلکانی به خود گرفته و در انتها نیز واریزه‌های صدفی در بخش دیده می‌شوند



شکل ۵: تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه که بر روی آن سه منطقه امیدبخش برای استخراج و بهره‌برداری از سنگ‌آهک‌های لوماشل نشان داده شده است

الف





ب

شکل ۶: مقایسه ویژگی‌های زمین‌شیمیایی سه منطقه امیدبخش: الف) نمودار مقایسه عناصر اصلی در سه منطقه، در این نمودار غلظت دو ترکیب CaO (به عنوان ماده معدنی اصلی) و SiO2 (به عنوان ترکیب مزاحم) مقایسه شده است، ب) نمودار مقایسه غلظت عناصر مضر و سمی در سه منطقه ۱، ۲ و ۳.

نتیجه‌گیری

تکثیر و پرورش آبزیان در کشور و به ویژه در مناطق ساحلی مکران روز به روز در حال گسترش است. از این‌رو، همزمان با گسترش این صنایع تقاضا برای تهیه خوراک و مکمل‌های غذایی نیز رو به افزایش است. بنابراین شناخت پتانسیل‌های معدنی کربنات کلسیم در سواحل جنوبی استان سیستان و بلوچستان کمک قابل توجهی به برآورده شدن بخش زیادی از این تقاضا خواهد نمود. مهم‌ترین نقطه ضعف معادن فعال در حوزه سنگ‌آهک‌های لوماشل درجه خلوص بسیار پایین ماده معدنی در آنها است. افزون بر این، تناژ پایین همراه با کوچک و پراکنده بودن ماده‌ی معدنی در مناطقی مانند استان گلستان و خوزستان نیز یک مشکل اساسی به حساب می‌آید. با این حال، در صورتی که این این ذخایر به لحاظ کیفیت و کمیت مناسب هم باشند، باز هم جوابگوی نیاز داخلی کشور نبوده و نیاز به واردات آنها ضروری است. با این وجود، در سواحل مکران در جنوب خاوری کشور ذخایر قابل توجهی از سنگ‌آهک‌های لوماشل با خلوص بالا و تناژ مناسب (نسبت به سایر مناطق ساحلی کشور) وجود دارد که متأسفانه بخش زیادی از این ذخایر مهم و با ارزش اقتصادی به عنوان منابع قرضه در ساخت بدنه‌ی موج‌شکن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش سعی شد با شناسایی و معرفی این ذخایر مهم از یک‌سو ارزش اقتصادی آنها را به چالش کشیده و از سوی دیگر با نمونه‌برداری، تجزیه شیمیایی و تجزیه و تحلیل داده‌ها کیفیت ماده‌ی معدنی مورد ارزیابی قرار گیرد. بر پایه‌ی نتایج حاصل و با کنار گذاشتن مناطق حفاظت شده‌ی زیست‌محیطی، مناطق مسکونی شهری و روستایی، مناطق صنعتی و تجاری، مناطق نظامی و همچنین معادن فعال و غیرفعال، سه منطقه امیدبخش که در آنها تمامی ویژگی‌های

سنگ‌آهک‌های لوماشل حاکی از کیفیت و کمیت بالای ماده معدنی به منظور تهیه پودر میکرونیزه کربنات کلسیم به عنوان مکمل غذایی خوراک آبزیان است، معرفی گردید. امید آن است که با شناسایی و معرفی این ذخایر افزون بر اینکه بخشی از نیاز کشور در این زمینه تأمین می‌گردد، دریچه‌ای نوین به شناسایی و توجه به این ذخایر با ارزش در کشور باز شود.

مشارکت نویسندگان

در انجام این پژوهش نویسنده اول ۵۰ درصد، نویسنده دوم ۳۰ درصد و نویسنده سوم ۲۰ درصد همکاری داشته‌اند.

تشکر و قدردانی *(اختیاری)*

شایسته است مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولین محترم بخش آزمایشگاه مرکزی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به جهت همکاری در تجزیه شیمیایی نمونه‌ها اعلام داریم.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع

[1] . Moslow, T. F., Zonneveld, J. P., (2005). Origin, architecture, sedimentary characteristics and reservoir properties of bioclastic accumulations (ie 'coquina'), Lower-Middle Triassic of the WCSB. Canadian Society of Petroleum Geologists Reservoir, 33: 30-44 **(14 pages).**

[2] . The Iranian National Standards Organization Reports, The use of calcium carbonate for consumption in animal, poultry and aquatic feed (Iran's Institute of Standards and Industrial Research, Standard No. 4837), Persian.
https://www.inso.gov.ir/portal/home/?896320/

[3] . Cherai, A.; Nobakht, A.; Shahir, M.H., (2011). The effects of different levels of biohebal feed supplement (contains thymus and garlic extracts) on performance, egg traits and blood biochemical and immunity parameters of laying *hens.* Veterinary Researches and Biological Products*, 24(1): 58-65* ***(7 pages),*** *Persian*.
https://doi: 10.22092/vj.2011.101108

[4] . Guerreiro, P. M.; Renfro, J. L.; Power, D. M.; Canario, A. V., (2007). The parathyroid hormone family of peptides: structure, tissue distribution, regulation, and potential functional roles in calcium and phosphate balance in fish. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 292(2): 679-696 **(17 pages).**
https://doi.org/10.1152/ajpregu.00480.2006

[5] . Fiol, D. F.; Kültz, D., (2007). Osmotic stress sensing and signaling in fishes. The FEBS journal, 274 (22): 5790-5798. **(8 pages).**

[6] . Pighun, A.; Raghimi, M.; Rahmati, M.; Qalipour, M., (2013). Geochemistry and application of Lomashell in industries. The first applied geochemical conference of Iran, Damghan **(8 pages),** Persian.
https://civilica.com/doc/307101

[7] . Karimi, A., (2000). Report on the prospecting and exploration of Lomashell in the North-North-East of Gonbad-E-Kavus. Geology and Mineral Exploration Organization of Iran (GSI) **(90 pages),** Persian.

[8] . Hassanzadeh, S. N., (2000). Report on the exploration of Lomashell deposits on the coast of the Persian Gulf in Khuzestan province, General Directorate of Mines and Metals in Khuzestan province **(122 pages),** Persian.

[9] . Fazli, S. A.; Mohammad, A. R; Mosuravi, F., (2004). Preliminary Feasibility Study of Processing Limestone deposite (coquina) in north east of Gonbad-E-Kavus, Golestan Province. Geological Survey & Mineral Exploration of Iran (GSI) **(109 pages),** Persian.
https://gsi.ir/fa/reports/1732/

[10] . Jalali, H.; Nashi, S. A.; Nicodel, M. R., (1997). Evaluation of the rocks materials used in the breakwaters of southeast Iran-Chabahar. The first annual conference of the Geological Society of Iran **(10 pages),** Persian.
https://gsi.ir/fa/articles/227/

[11] . McCall, G. J., (2002). A summary of the geology of the Iranian Makran. Geological Society, London, Special Publications., 195(1): 147-204 **(57 pages).**
https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.195.01.10

[12] . Dolati, A., (2010). Stratigraphy, structural geology and low-temperature thermochronolgy across the Makran accretionary wedge in Iran. [Ph.D. thesis]. Swiss Institute of Technology (ETH) **(370 pages).**
https://doi.org/10.3929/ethz-a-006226348

[13] . Haghipour, N.; Burg, J.P.; Kober, F.; Zeilinger, G.; Ivy-Ochs, S.; Kubik, P.W., et al., (2013). Rate of crustal shortening and non-Coulomb behavior of an active accretionary wedge: The folded fluvial terraces in Makran (SE, Iran). Earth Planet. Sci. Lett., 355: 187-198 **(11 pages).**

interpretation Coastal Sediments of east Chabahar, 10th conference of Geological Society Iran **(10 pages),** Persian.

[19] . Iran Standard and Industrial Research Institute; Poultry feed - vitamin and mineral supplements - characteristics and test-review methods (Standard No. 2387, first edition) **(10 pages),** Persian.
https://www.inso.gov.ir/portal/home/?896320/

[20] . Geographical Organization of Iran's Military Forces, (2004). Topographic map of Chabahar, scale 1:250000. Persian.

[21] . Geographical Organization of Iran's Military Forces, (2004). Topographic map of Pibeshk, scale 1:250000. Persian.

[22] . Organization of Industries and Mines of Sistan and Baluchistan Province, (2007). Areas with exploration and exploitation licenses and environmentally protected areas. Persian.

[23] . Abedian, N.; Borna, B.; Jan Nesari, A; Karimi, A., (2011). Identification of Lomashell in the southern coast of Sistan and Baluchistan province. Geology and Mineral Exploration Organization of Iran (GSI) **(408 pages),** Persian

https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.09.001

[14] . Burg, J.-P., (2018). Geology of the onshore Makran accretionary wedge: Synthesis and tectonic interpretation. Earth Sci. Rev., 185: 1210-1231 **(10 pages).**
https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.09.011

[15] . Burg, J. P., Dolati, A., Bernoulli, D., Smit, J. (2013). Structural style of the Makran Tertiary accretionary complex in SE-Iran. In Lithosphere dynamics and sedimentary basins: The Arabian Plate and analogues. Springer, Berlin, Heidelberg: 239-259 **(20 pages).**
https://DOI: 10.1007/978-3-642-30609-9_12

[16] . Motamed, A.; GHARIB REZA, M.R., (2008). Evolution of coastal Makran zone during late Quaternary. Geographical Research Quarterly, 40(64), 77-87 **(10 pages),** Persian.
https://sid.ir/paper/5431/

[17] . Samadian, M. R., Jafarian, M. B., (1996). Geological map of Chabahar, scale 1:100000. Geological Survey of Iran, Persian.

[18] . Ahrari-Roudi, M., Mousavi-Harami, R., Nadjafi, M., Mahboobi, A., (2006). Age review and depositional History

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Tajvar. A., *Assistant Professor, Department of Oceanography, Faculty of Marine Science, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran*

✉ ***tajvar@cmu.ac.ir*** 0000-0001-8231-4625

✉ ***Ahrari Roudi.M.,*** *Assistant Professor, Department of Oceanography, Faculty of Marine Science, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran.*

✉ ***ahrari@cmu.ac.ir*** 0000-0001-8231-4625

Elyaspour N., *Geology teacher, high schools of Chabahar Free Zone, Chabahar, Iran.*

✉ ***N.elyaspour@gmail.com*** 0000-0002-9083-4900

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:

HOW TO CITE THIS ARTICLE

http://doi.org/10.52547/joc.14.55.8

http://joc.inio.ac.ir/ article-1-1752-fa.html

https://orcid.org/0000-0001-8231-4625

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.