نقش مطالعهٔ رسوبات هولوسن در تفسیر محیط‌های رسوبی دیرینه*

دکتر رسول اخروی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران

چکیده

پیشرفتهای علم رسوب‌شناسی از زمانی سرعت گرفت که زمین شناسان با توجه به‌اصل هاتن (یونیفرمیتاریانیسم) به‌مطالعهٔ تجربی فرآیندها و محیط‌های رسوبی امروزی پرداختند. طبق اصل هاتن (زمان حال کلید گذشته است) لازمهٔ پی بردن به‌محیط‌های رسوبی دیرینه، شناخت کامل نمونه‌های عهد حاضر است. از طرفی، در یک قرن و نیم گذشته بسیاری از پژوهشگران به‌این نتیجه رسیده‌اند که درموارد زیادی چون ساختمان اواولیتها، وضعیت دریاهای اپیریک[1] ، طبیعت جیوسینکلینالها، رسوب سنگ آهن های لایه‌ای و... اصل هاتن چندان هم کارساز نیست .

حال بازیرسئوال رفتن اصل هاتن آیا بازهم لازمهٔ شناخت محیط‌های رسوبی دیرینه مطالعهٔ فرآیندهای رسوبی و رسوبات امروزی (هولوسن) است؟ پاسخ به‌این سؤال به‌اختلاف روش مطالعه در زمین شناسی با سایر علوم پایه مربوط می‌گردد که موضوع بحث مقالهٔ حاضر است.

---

* اصل این مقاله در همین شماره درج گردیده است .

1- Epeiric seas

J. of Sci. Univ. Tehran, Vol **17** (1988), *nos* 3-4, *p.* 129-141.

نقش مطالعهٔ رسوبات هولوسن در تفسیر محیط‌های رسوبی دیرینه *

دکتر رسول اخروی

گروه زمین شناسی ، دانشکدهٔ علوم ، دانشگاه تهران

The Role of Recent Sediments Study in Interpretation of the Ancient Sedimentary Environments *

Dr. Rasool Okhravi

Dept. of Geology, Faculty of Science, Univ. of Tehran.

Abstract

It is deduced from the rule of Uniformitarianism which proposed by James Hutton that reconstruction of ancient sedimentary depositional environments necessitates study of their modern analogous. Although modern sedimentary environments have successuflly been used as a base for comparison to the ancient ones in last decades, but, many investigators have reached the conclusion that in many instances, such as the structures of ooid cortices, Epeiric seas, nature of geosynclines, and deposition of banded iron formations, etc. **the present is hardly key to the past.**

Considering this fact, how one can use the results of the studies of the modern sedimentary environments to infer ancient depositioaul models? the answer to this question goes back to the nature of scientific resoning that is specific to geology in compare to the other field of science . In physics and chemistry known processes are followed via carefully controled experiments to see what unknown products will result. Therefore, the reasoning is forward from process to product, but, by contrast, in geology the rock is the known product and processes are the unknowns.In the present article this fact has been evaluated through discussion about the structure of ooios cortices.

* چکیدهٔ فارسی در صفحهٔ ٤۹ است.

مقدمه

سیارهٔ ما، مواد سازندهٔ آن و فرآیندهای مؤثر برآن قرنها فکر بشر را به‌خود معطوف داشته است. نوشتارهای موجود درمورد سنگواره‌ها[1]، جواهرات و زمینلرزه‌ها و آتشفشانها به یونان باستان یعنی بیش از ۲۳۰۰ سال قبل برمی‌گردد. به‌تحقیق یکی از بـا نفوذترین فلاسفهٔ یونان باستان ارسطوست. چون ارسطو یک‌فیلسوف بود، لذا توصیفهای وی از زمین نیز براساس مشاهدات وتجربیات نبوده وبیشترجنبهٔ تفسیری وتوجیهی داشته است. اوعقیده‌داشت که سنگها تحت تأثیر ستارگان بوجود آمده‌اندو زلزله هنگامی رخ می‌دهد که هوا وارد زمین شده و پس‌ازگرم شدن توسط آتش درون زمین با انفجار به‌بیرون رها می‌شود. وی‌وقتی به‌سنگوارهٔ ماهیها برمی‌خورد آنرا چنین توصیف می‌نمود که تعداد بسیار زیادی ماهی‌بی‌حرکت در خاك می‌زیسته‌اند و در مواقـع حفاری یافت شده‌اند (Lutgens and Trabuck, 1989). گرچه‌نظریات‌ارسطو برای‌زمان خودش نامناسب نبود، امامتأسفانه افکار وی تا اواخر قرون‌وسطی در جوامع علمی حاکمیت داشت.

طی قرنهای هفدهم و هجدهم‌نظریهٔ کاتاستروفیسم[2] فلسفهٔ متداول وحاکم برییان مسائل‌زمین بود. به طورخلاصه ،کاتاسترو فیستها براین باورند که چهرهٔ زمین دراصل براثر تغییرات ناگهانی بزرگی‌بوجود آمده است. عوارضی مثل کوهها و دره‌های عمیق که اکنون به‌خوبی می‌دانیم تشکیل آنها مدت زیادی طول کشیده‌است به‌شکلی بیان می‌شد که ناگهان و بر اثر یک فاجعه جهانی‌وبه‌علل نامعلومی که دیگر عمل نمی‌کنند،به‌وجود آمده‌اند. این فلسفه سعی داشت که سرعت فرآیندهای زمین را با سن تعیین شده برای زمین درآن زمانها تطبیق دهد. درسال ۱۶۵۴ اسقف اعظم‌جیمز-آشر[3] نتیجه‌گرفت که سن زمین ۶۰۰۰ سال است و زمین در سال ۴۰۰۴ قبل ازمیلاد خلق‌شده‌است. بعدها، روحانی‌مسیحی‌دیگری پارا از این حد هم فراتر نهاده و اظهار داشت که زمین در ساعت ۹ صبح روز ۲۶ اکتبر سال ۴۰۰۴ قبل‌ازمیلاد خلقت یافته‌است. ارتباط بین کاتاستروفیسم و سن زمین با عبارت زیر بیان شده است:

«زمین حوادث زیادی را پشت سرگذاشته و درگذشتهٔ‌نامعلوم تحولات زیادی را متحمل شده‌که بخوبی برای چشمان کاوشگر آشکار است. اما برای جمع کردن این وقایع در یک دورهٔ چندهزار ساله نیاز به‌یک فلسفهٔ پیش ساخته‌ای است، فلسفه‌ای که براساس تغییرات شدید و ناگهانی پی‌ریزی شده باشد» . (Lutgens and-Tarbuck, 1989)

تولد زمین‌شناسی جدید

قرن هجدهم عموماً بعنوان شروع زمین شناسی نو درنظر گرفته می‌شود، زیرا در اواخر این قرن اصل همانندی پدیده‌ها[4] توسط جیمزهاتن[5] بیان‌گردید. این اصل، اساس زمین شناسی نو را تشکیل می‌دهد. طبق این اصل نیروها و فرآیندهائی که درشکل بخشیدن به‌زمین عمل می‌کنند درگذشته نیز به‌همین منوال‌عمل کرده‌اند. بنابراین برای پی‌بردن به‌وقایع‌گذشته باید پدیده‌های امروزی و عملکرد آنها و نتایج حاصل از آنرا بشناسیم . این اصل چنین بیان می‌شود که:«زمان حال کلید زمان گذشته‌است.» علیرغم اهمیت این موضوع در زمین شناسی جدید، نباید نظریهٔ همانندی پدیده‌هارا به‌مفهوم سادهٔ لغوی آن درنظرگرفت. بیان این‌مطلب که پدیده‌های زمین‌شناسی‌درگذشته نیزمثل‌زمان حال‌عمل‌می کرده‌اند، بدین مفهوم نیست که ایندو با سرعت یکسانی عمل نموده‌اند . با اینکه فرآیندها عمدتاً مثل هم هستند، اما بدون شک سرعت‌و میزان آنها طی زمانهای زمین‌شناسی متفاوت بوده است.

پذیرش اصل همانندی پدیده‌ها در حقیقت به‌معنی پذیرش تاریخ طولانی برای زمین است که طی آن چهرهٔ زمین پس‌از یک مدت طولانی به‌صورت امروزی در آمده است.

بعنوان‌مثال، سنگهای حاوی سنگواره‌هائی از موجوداتی که در ۱۰ میلیون سال قبل در دریا می‌زیسته‌اند اکنون قسمتی از کوههائی را تشکیل می‌دهند که ۳۰۰۰ متر ازسطح دریاارتفاع دارند. این بدان معنی است که این کوهها در عرض ۱۰ میلیون سال باندازهٔ حداقل ۳۰۰۰ متر بالا آمده‌اند. بدین ترتیب میزان بالا آمدن آنها درسال فقط ۰٫۲ میلیمتر بوده است. میزان فرسایش نیز تقریبا معادل همین مقدار است. بنابراین مشاهده می‌شود که دهها میلیون سال وقت لازم است تا کوههائی ساخته‌شوند یا ازبین بروند (Lutgen and Tarbuck, 1989) .

یکی از رشته‌هائیکه تحت تأثیر یونیفرمیتاریانیسم بوده‌است، رسوب‌شناسی می‌باشد. ازسال ۱۹۵۰ به‌بعد مطالعهٔ محیطهای‌عهد حاضربه‌منظور پی‌بردن به‌فرآیندها ومحیطهای رسوبی دیرینه سرعت گرفت. لذا این دوره را عهد حاضر[6] می‌نامند. درمقالهٔ حاضر باتوجه به‌روندمطالعات‌رسوب‌شناسی‌درمورد دیاژنزاواوئیدها[7] ونتایج‌حاصل از آن، این اصل مورد ارزیابی قرارگرفته است.

انواع دانه‌های پوشش دار وساختمان پوستهٔ آنها

اواوئیدها از دانه‌های‌پوشش‌دار آهکی غیر اسکلتی بشمار می‌روند که شبیه تخم‌ماهی بوده ومعمولادارای هسته‌ای از جنس

1- Fossils
2- Catastrophism
3- Archbishop James Usher
4- Uniformitarianism
5- James Hutton
6- Recent
7- Ooids

قطعات آهکی یا غیر آهکی می‌باشند وروی هسته را پوسته‌ای مرکب از دانه‌های متحدالمرکز آهکی می‌پوشاند.

درگذشته دانه‌های پوشش دار کوچکتر از ۲ میلیمتررا اواولیت می‌نامیدند و دانه‌های نامنظم‌تر و درشت‌تر از آنها را پیزولیت به‌حساب می‌آوردند.

اگرچه اکثر اواوئیدها کوچکتر از ۲ میلیمتر هستند، اما بکار-گیری عدد ۲ میلیمتر جهت متمایز نمودن اواوئیدها از سایر دانه‌های پوشش‌دار هیچ دلیل قابل قبولی ندارد. در زیر چند مثال از اواوئیدهای بزرگتر از ۲ میلیمتر ذکرگردیده است:

۱- اواوئیدهای دریاچه‌ای تا قطر ۵ میلیمتر از دریاچهٔ پایرامید، نوادا [1] در امریکا توسط پوپ و ویلکینسون (Popp and Wilkinson, 1983)

۲- اواوئیدهای آراگونیتی تااندازهٔ ۵ میلیمتر (۵ سانتیمتر) از چشمه‌های آبگرم تخه‌الیکا [2] ترکیه، توسط ریچتر وبزنکر (Richter and Besenecker, 1983).

۳- اواوئیدهای آراگونیتی نهشته‌های اسپرودلشتین [3] (چشمه‌های آبگرم کارلسباد [4] توسط سربی (Sorby, 1879).

۴- مثالهای متعدد دیگری توسط ریچترلیست گردیده است (Richter, 1983 b).

درحال حاضر دانه‌های پوشش دار را به‌انواع اواوئیدها، انکوئیدها [5] پیزوئیدها [6] ورودوئیدها [7] تقسیم‌بندی‌می‌کنند (Peryt, 1983). وجه تمایز اواوئیدها با انکوئیدها این‌است که لایه‌های پوسته در اواوئیدها منظم‌ودر انکوئیدها نامنظم‌است. به‌علاوه در اواوئیدهاوجود و شرکت موجودات زنده در ساختن لایه‌ها به‌چشم نمی‌خورد، گرچه ممکن‌است موجودات ذره‌بینی در ساختن آنهانقش داشته باشند (Richter, 1983).

پوستهٔ‌اواوئیدها معمولاً از بلورهای ریز آراگونیت، کلسیت (کم منیزیم) و یا کلسیت پر منیزیم [8] ترکیب یافته است. آرایش این بلورها در پوسته به‌صورت مماسی، درهم [9] و یا شعاعی می‌باشد. در آرایش مماسی بلورهای ریز آراگونیت طوری قرار دارند که‌محور طولی اکثر بلورهابه‌طور آماری بموازات سطح پوستهٔ اواوئیدهااست. در آرایش شعاعی، بلورها (آراگونیت، کلسیت پرمنیزیم) طوری‌قرار دارند که محورطولی‌آنها اکثرا به‌موازات شعاعهای اواوئید است. درآرایش درهم، محورطولی‌بلورها درجهات‌مختلف‌است. اواوئیدهای امروزی اکثرا از جنس آراگونیتی بوده و آرایش مماسی دارند، درحالیکه اواوئیدهای موجوددرسنگ آهکهای اواولیتی‌قدیمی‌اکثرا شعاعی هستند. حال این سئوال مطرح است که آیا شرایط تشکیل اواوئیدهای‌امروزی‌بااواوئیدهای‌دیرینه تفاوت‌داشته‌است؟ درصورت مثبت بودن پاسخ آیا اصل یونیفرمیتاریانیسم در این مورد مصداق پیدا می‌کند؟ حال باسروری به‌مطالعات انجام شده طی یکصد سال گذشته درمورد‌فابریک اواوئیدها این‌موضوع مورد بررسی‌قرارمی‌گیرد.

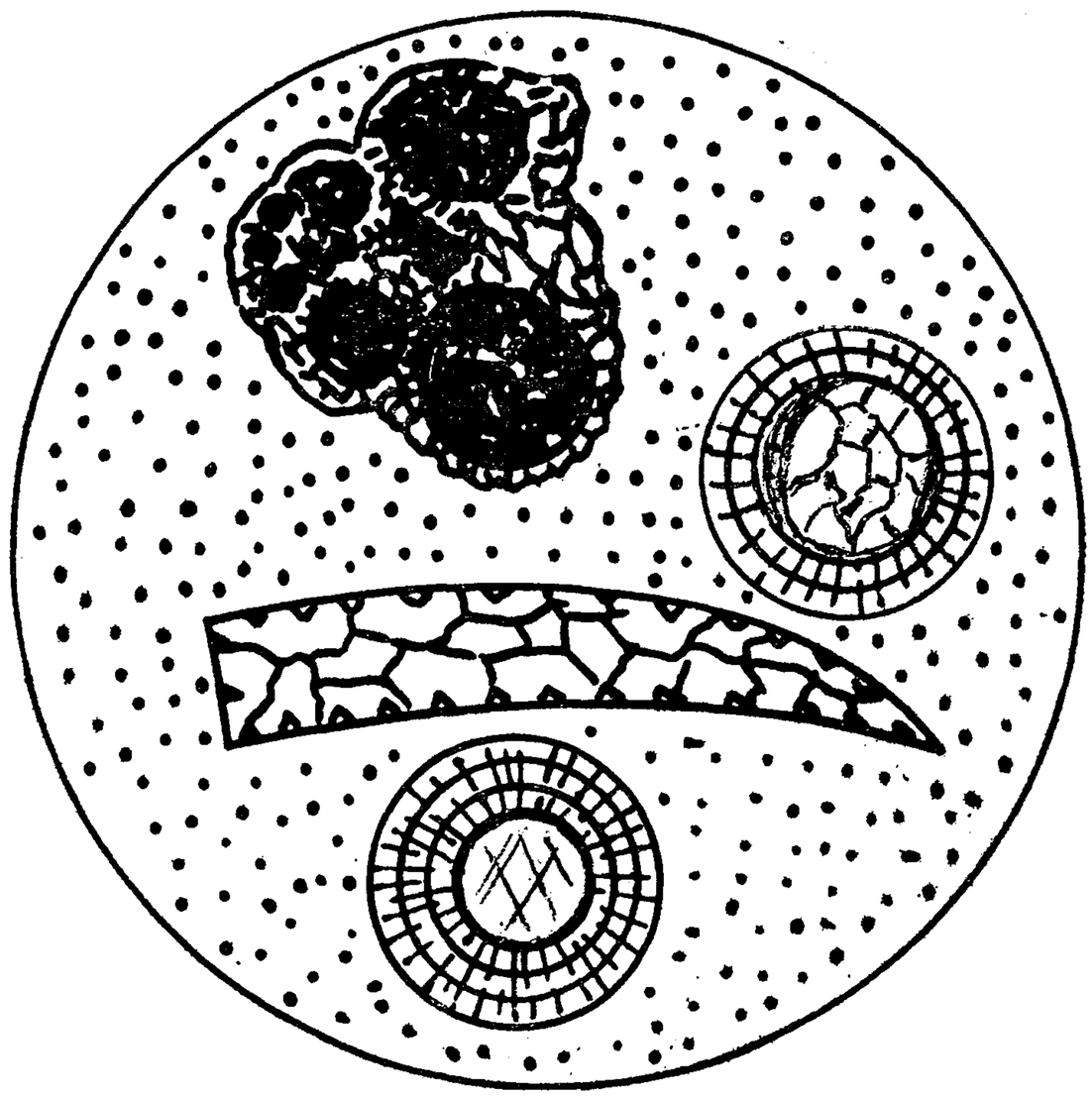
ترکیب کانی شناسی پوستهٔ اواوئیدها

سربی (Sorby, 1879) متوجه گردیدکه اواوئیدهای آراگونیتی عهد حاضر وبسیاری از اواوئیدهای‌دیرینه از نظرساختمان داخلی شبیه یکدیگرند. او نشان دادکه در بسیاری از سنگهای آهکی قالبهای (کست) سنگواره‌های آراگونیتی با موزائیکی از بلورهای سیمان کلسیتی پر شده است. وی به‌این نتیجه رسید که آراگونیت صدفها حل‌گردیده و حفرهٔ باقی مانده از آنهاباکلیست پر شده است. چنین‌قالبهائی از صدفهای آراگونیتی‌همراه اواوئیدهای کلسیتی‌یافت می‌شوند وگاهی‌نیزهسته بعضی‌از اواوئیدهارا تشکیل می‌دهند(شکل-۱). حفظ جزئیات ساختمانی‌آنها دلیل براین‌است که ترکیب‌اولیهٔ‌آنهاآراگونیتی‌نمی‌باشد؛ بلکه‌آنهادراصل‌بصورت کلسیت رسوب نموده‌اند. مقالهٔ سربی یکی ازکارهای اولیه‌ای بود که با اصل یونیفرمیتاریانیسم‌مطابقت نداشت. زیرا ساختمان اواوئیدهای موجوددرسنگ آهکهای‌دیرینه همانند ساختمان اواوئیدهای‌گزارش شده از خلیج فارس و جزایر باهاما توسط ایلینگ (Illing, 1954) کندال و همکاران (Kendal *et al*; 1969) و لوروپرسر (Loreau and Purser, 1973) نبود.

بعدهاعده‌ای ازسنگ‌شناسان مانند اردلی (Eardley,1938)، کاروزی (Carozzi, 1962) و بترست (Bathurst, 1986) تبدیل آراگونیت شعاعی به‌کلسیت کم منیزیم را طی دیاژنز یاد آور شدند. ابتدا، اردلی (Eardley, 1938) اظهار داشت‌که ساخت شعاعی اواوئیدهای دریاچهٔ بزرگ نمک [10] آمریکادیاژنزی‌است و ساخت شعاعی‌آنها حاصل‌تبلور دوبارهٔ آراگونیت‌به‌کلسیت می‌باشد. این نظر بعدها در مورد اواوئیدهای دریائی نیز بکار برده شد. نظر اردلی تأثیر عمیقی برافکارسنگ شناسان داشت و حداقل تا ۳۰ سال نظریهٔ‌حاکم بود.

کاروزی (Carozzi, 1962) به پیروی از نظر اردلی نحوهٔ تشکیل‌اواوئیدهای‌چین‌دار (Cerebroid Ooids) موجود دردریاچهٔ بزرگ نمک آمریکا را بشرح زیر بیان نمود:

1- Pyramid Nevada
2- Tekhe Ilica
3- Sprudelstein
4- Karlsbad
5- Oncoids
6- Pisoids
7- Rhodoids
8- High Mg Calcite
9- Random
10- Great Salt Lake



شکل ۱ ـ مدل بازسازی شده براساس تفکر سربی را را نشان میدهد.

ابتدا یک لایهٔ آراگونیتی نا خالص براثر فرآیند اواولیتی‌شدن روی یک هسته رسوب نموده و مطابق شکل ـ۲ به کلسیت مبدل می‌شود. رشد دسته‌هائی از بلورهای شعاعی کلسیت باعث انبساط لایهٔ اولیه دراین‌نقاط‌گشته وسبب ازدیاد انحناء وایجادبرآمدگیهای محیطی می‌گردد (شکل ۲ـ مرحله ۲).

این‌چنین فرآیند رشد محلی‌نیاز به‌مقداری کلسیت اضافی‌دارد که از قسمتهای‌مخفی بلور مجاور که دارای مقداری ناخالصی‌رسی است،گرفته می‌شود. چون خروج کلسیت از قسمتهای تیره نسبت به اضافه شدن ناخالصی‌ها فزونی دارد، لذا در این قسمتها کاهش حجمی‌به‌همراه تخریب ساختمان متحدالمرکز اواولیتی‌بوجودمی‌آید. این تغییرات با نازك شدن لایه‌های متحدالمرکز اولیه و مقعر شدن سطح خارجی آنها همراه است (شکل ۲ـ مرحله ۲).

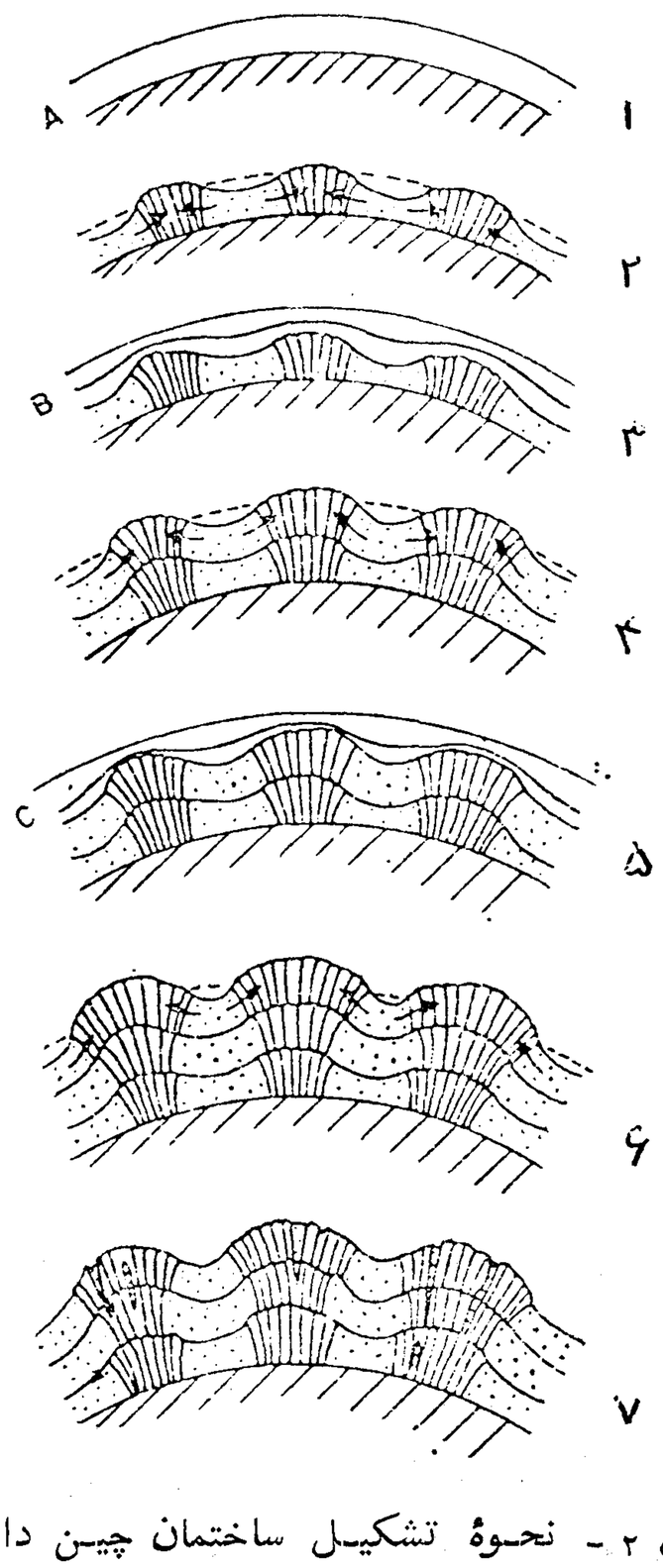
نتیجهٔ نهائی این فرآیند، تمرکز و رشد بلورهای کلسیت شفاف در امتداد بعضی از شعاعها وتمرکز ناخالصیها در قسمتهای مجاور است. بنابراین یک حلقهٔ صاف به‌قسمتهای محدب و مقعر مجاور هم تقسیم می‌شود که منظرهٔ چین‌دار (Cerebroid) بخود می‌گیرد (شکل ۲ ـ مرحله ۲).

این چنین تبلور موضعی به‌دسته‌های بلورهای رشته‌ای ـ شعاعی ظاهراً از اسفند ماه (مقارن با فوریه) تا خرداد ماه (ماه سی) هر سال صورت می‌گیرد. این دوره مطابق است با حداکثر واردات به‌دریاچهٔ نمک که درطی‌آن رقیق شدن‌آب مانع رسوبگذاری کربنات کلسیم و حتی باعث انحلال بلورهای کوچک نیز می‌شود.

این انحلال سبب ایجاد بی‌نظمیهائی در سطح خارجی قسمتهای ریز بلور تیره رنگ مذکور می‌شود. آشفتگی و غلتیدن اواوئیدها درمحیط رسوبی طی‌همان دوره سبب سایش‌آنها می‌گردد، به‌طوریکه انتهای دستهٔ بلورها صاف می‌گردد.

تبلور موضعی رشته‌های شعاعی قبل‌از رسوب لایه‌های‌جدید آراگونیتی‌طی‌مدت خرداد (ماه ژوئن) تا آذر (نوامبر) صورت‌می‌گیرد (شکل ۲ مرحله ۳).

این لایه‌های آراگونیتی نا خالص جدید تمایل دارند که انحناء پیدا کنند و معمولا در بالای قسمتهای مقعر ضخیم‌تر و در بالای قسمتهای محدب نازك ترند.



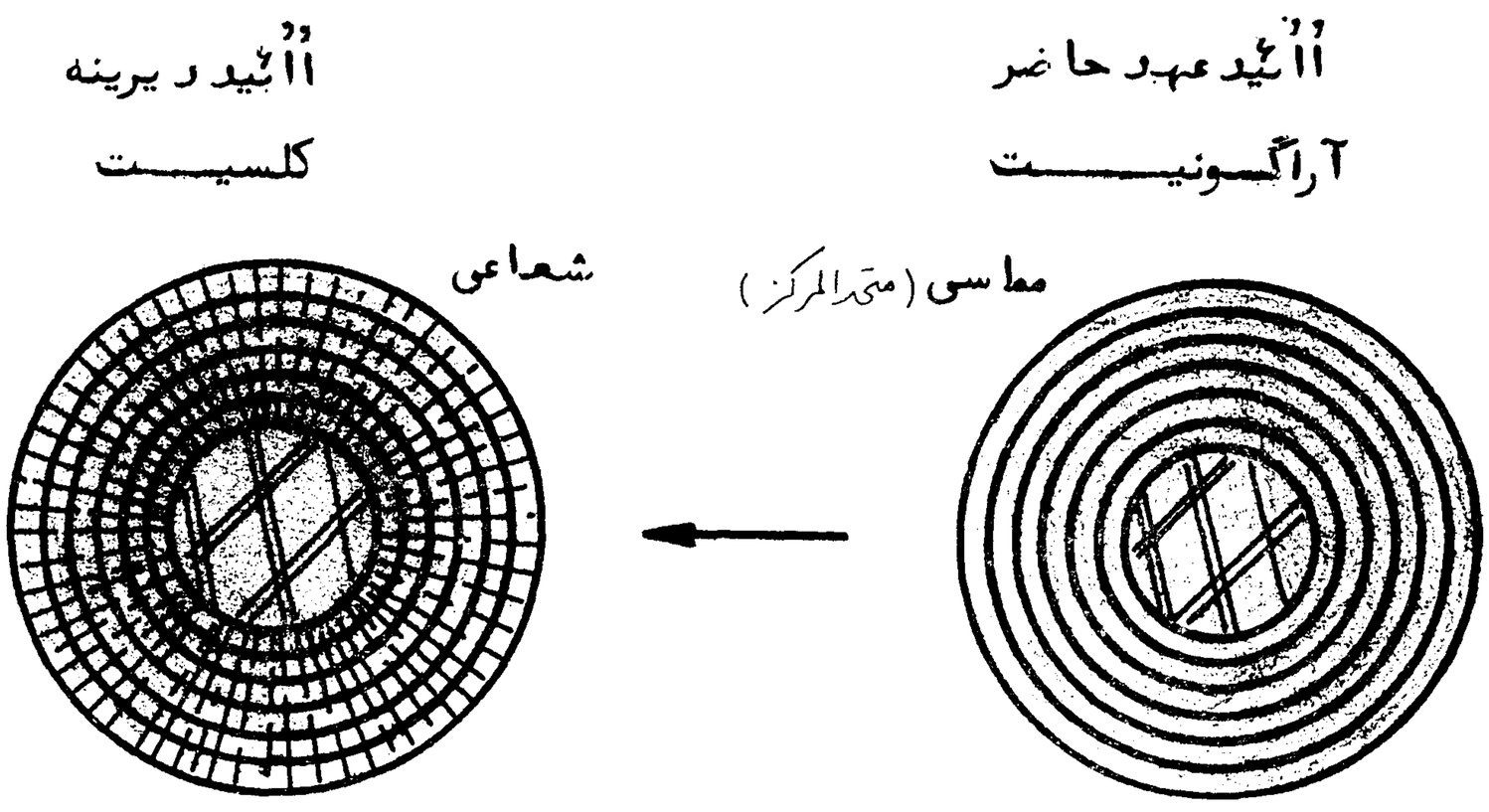
شکل ۲ ـ نحوهٔ تشکیل ساختمان چین دار در اواوئیدهای دریاچهٔ نمک یوتادر امریکا. لایه‌های آراگونیتی A و B و C سفیدهستند، دسته‌های بلورهای منشوری کلسیتی درجوار قسمتهای ریز بلور و تیره کلسیتی (قسمت نقطه چین) قرار دارند.
(نقل از کاروزی، ۱۹۶۲).

طی دوره زمستان- بهار بعد، این لایه‌های متحدالمرکزجدید تبلور دوباره یافته وبه کلسیت تبدیل می‌شوند. دسته‌های بلورهای منشوری در مقایسه باقسمتهای حدواسط ریز بلور بستر خوبی جهت رشد بلورهای جدیدهستند، لذا بلورهای جدید باضخامت‌مخصوص بخوددرست دربالای بلورهای قدیمتررشد می‌کنند. درچنین وضعیتی ساختمان‌چین‌دار لایه‌به‌لایه جاودانه می‌شوند (شکل ۲- مرحله ٤).

سپس فرایند ذکر شده بعداز رسوب یک دسته از لایه‌های آراگونیتی وگاهی بعداز مراحل فرسایش تکرار شده وقطاعهای‌جدیدی مرکب ازدسته‌ای از بلورهای رشته‌ای کلسیتی‌اضافه می‌شود(شکل ۲- مراحل ٥ و ٦). البته، مرحله آخر کاملا پیچیده است ودارای قسمتهای شعاعی متعددی است که در آنها مواد تبلور ضعیفی دارند (شکل ۲ - مرحله ۷).

کاروزی با توجه به‌مشابهت اواوئیدهای چین‌دار دریاچهٔ بزرگ نمک و اواوئیدهای چین‌دار موجود دریکی‌ازممبرهای سازند «ست‌جنویو»[1] می‌سی‌سی‌پیین آمریکا و با استفاده از اصل یونیفرمیتاریانیسم نتیجه‌گیری نمود که اواوئیدهای دریاچهٔ‌نمک، معادل امروزی اواوئیدهای سازند ست جنویو و اواوئیدهای مشابه دیگر می‌باشد.

درتفسیرمشابهی،شرمن وهمکاران (Shearman *et al.*, 1970) اظهارداشتند که تمام اواوئیدهای شناخته شدهٔامروزی از آراگونیت ساخته شده‌اند وساختمان متحدالمرکز دارند،اما اواوئیدهای موجود در سنگهای آهکی دیرینه تماماً ازکلسیت ترکیب یافته و دارای ساختمان شعاعی هستند (شکل ۳-). بنابراین براساس اصل‌یونیفرمیتاریانیسم می‌توان‌گفت که اواوئیدهای دریائی‌دیرینه دراصل‌از آراگونیت بوده‌اند که بعدها طی مراحل دیاژنز باکلسیت جانشین شده‌اند.



شکل ۳ - ساختمان اواوئیدهای امروزی و دیرینه (نقل از شرمن و همکاران، ۱۹۷۰)

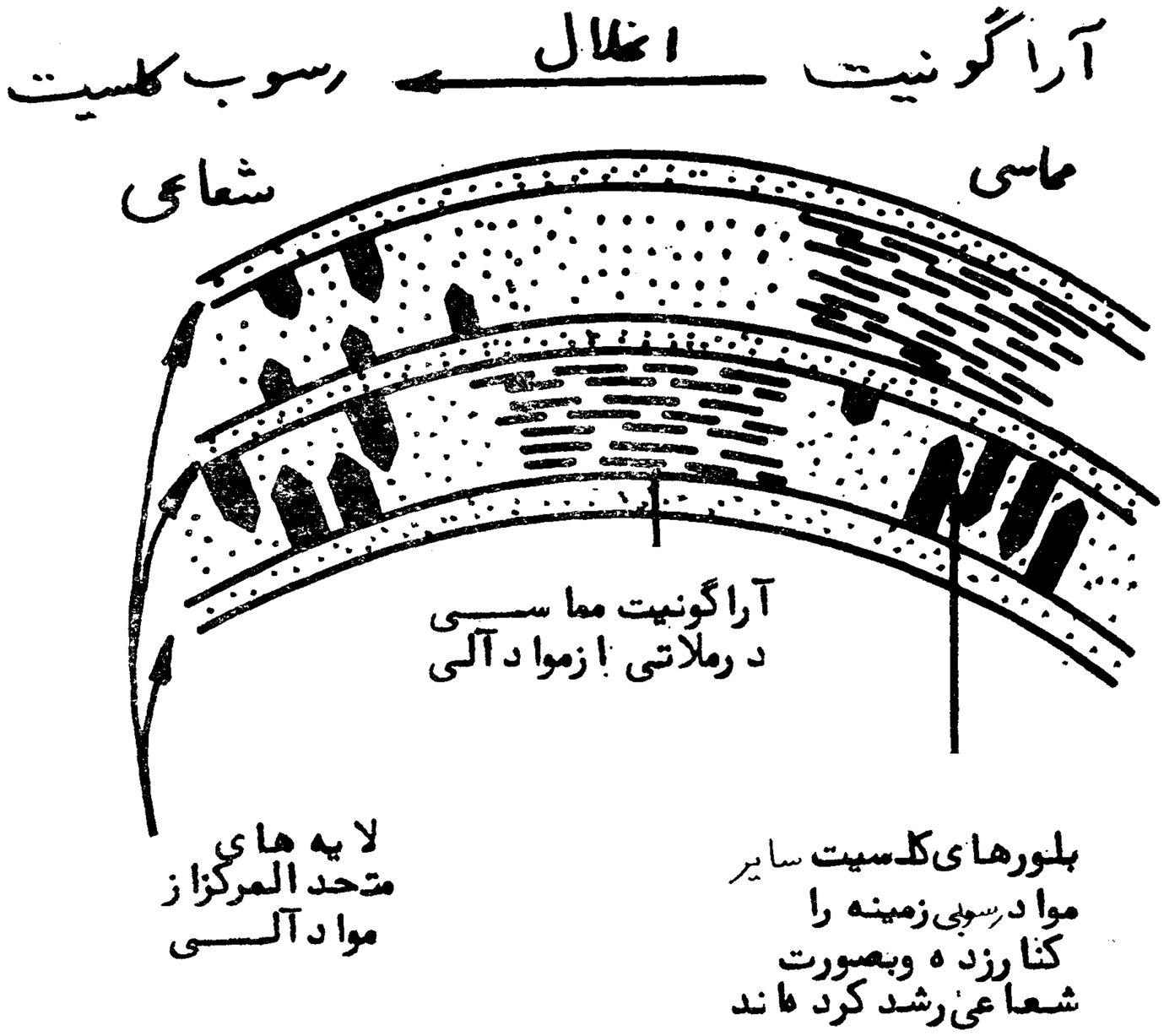
آنها باتوجه به‌خصوصیات نوری اواوئیدهای سواحل‌جنوبی خلیج فارس به‌این نتیجه رسیدند که پوستهٔ اواوئیدهای‌امروزی‌از تناوبی از لایه‌های نازک مواد آلی و بلورهای‌ریز آراگونیتی‌تشکیل یافته‌اند (شکل ٤) . جهت طولی این بلورها در مجموع به‌موازات پوسته‌های متحدالمرکز اواوئیدهاست .

دراواوئیدهای‌دیرینه براثرتغییرات‌دیاژنزی‌به‌تدریج بلورهای آراگونیتی حل‌می‌شوند، اما لایه‌های آلی‌درجای خودباقی‌می‌مانند. آبهای اشباع از کربنات‌کلسیم شروع به رسوبگذاری بلورهای کلسیت می‌نمایند . بطوریکه جهت طولی این بلورها عمود برلایه‌های آلی‌یعنی‌بموازات شعاعهای اواوئیدهاست. بدین‌ترتیب شرمن وهمکاران اختلاف ساخت اواوئیدهای امروزی و دیرینه‌را بااصل یونیفرمیتاریانیسم توجیه نمودند.

فریدمن و همکاران (Friedman *et al.*, 1973) در خلیج عقبه، دریای سرخ،اواوئیدهائی یافتند که آراگونیتی‌بودند وحاشیهٔ شعاعی‌داشتند. آنها اظهار داشتند که اواوئیدهای دریائی‌باساخت شعاعی در محیطهای فوق اشباع (Hypersaline) تشکیل می‌شوند.آنها یادآورشدند که‌این اواوئیدهاواستروماتولیتهای‌جلبکی همراه آنها در محیطهای امروزی ودیرینه علت ومعلول یکدیگرند.

کالی ((Kahle, 1974) با استفاده از تکنیکهای رنگ‌آمیزی،(بوسیله محلول‌فایگل)، اشعه ایکس،میکروسکوپ‌الکترونی

1- Ste Genevieve Fm.



شکل ٤ ـ مراحل تبدیل دیاژنزی بلورهای آراگونیت سماسی به کلسیت شعاعی (نقل از شرمن و همکاران ، ۱۹۷۰)

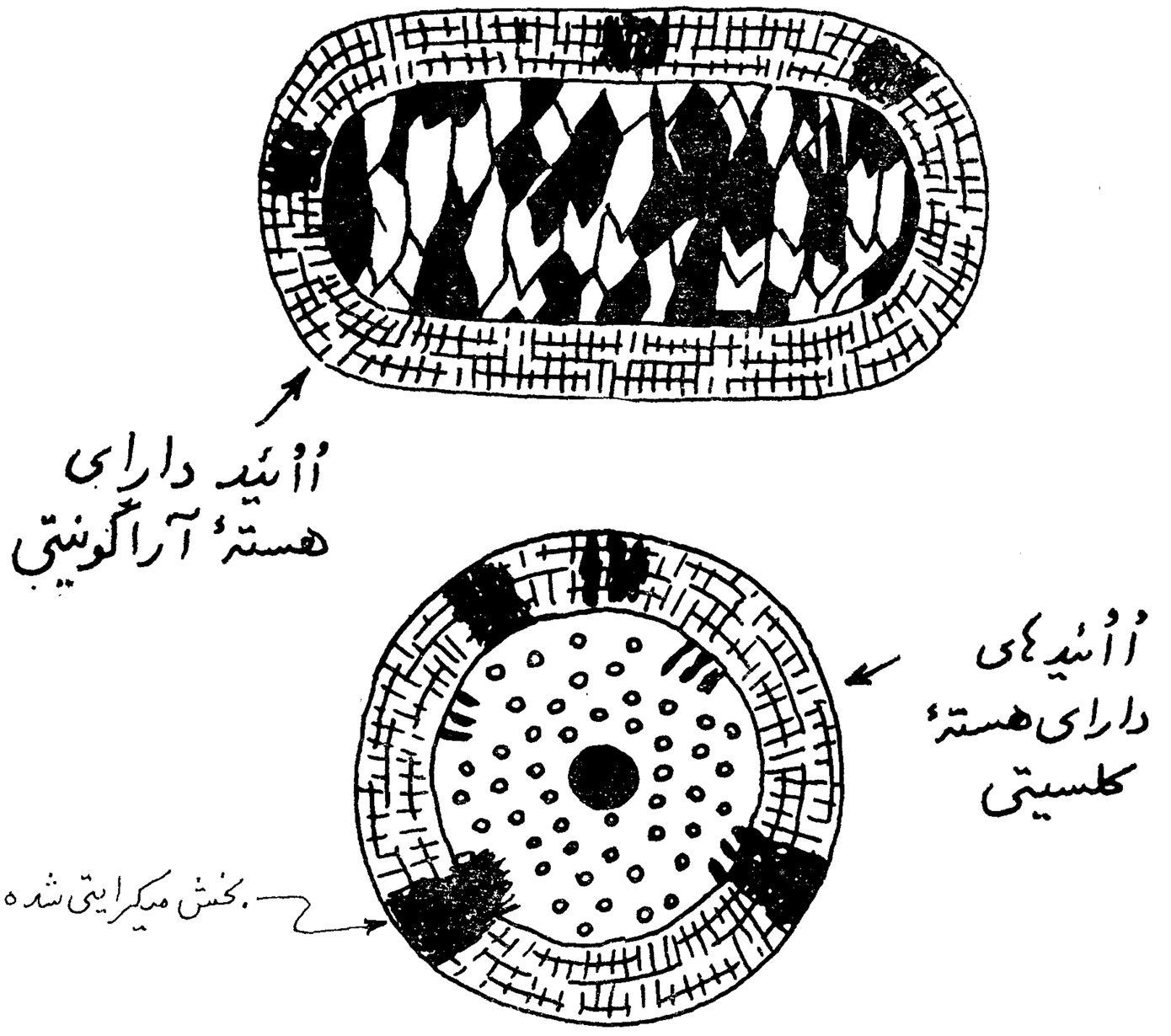
و میکروسکوپ نوری اواولیتهای دریاچهٔ بزرگ نمک[1] آمریکاوحتی سه نمونه از کلکسیون اردلی[2] را مطالعه نمود و نشان داد که این اواوئیدها کلسیتی نبوده بلکه از جنس آراگونیت هستند. او نتیجه‌گیری کرد که ساخت شعاعی اواوئیدهای دیرینه برخلاف اظهارنظر اردلی (Eardley, 1938) و کاروزی (Carozzi, 1962) دیاژنزی نبوده و اولیه است. وی بلورهای آراگونیتی درشت وشعاعی موجود دراین اواوئیدها را نتیجهٔ تبلور مجدد و تغییرات دیاژنزی بلورهای آراگونیتی به حساب آورد. سند برگ (Sandberg, 1975) که مجدداً اواوئیدهای دریاچهٔ بزرگ نمک آمریکار را بااستفاده از تکنیکهای اشعه ایکس، رنگ‌آمیزی ومیکروسکوب الکترونی مطالعه نمود، اظهار داشت که: «اواوئیدهای پلئیستوسن آراگونیتی هستند و مثل صدفهای آراگونیتی به کلیست تبدیل شده‌اند؛ وی به‌این نتیجه رسید که اولا اواوئیدهای دریاچهٔ بزرگ نمک آمریکا مطابق نظر کالی از جنس آراگونیت بوده و ساخت شعاعی موجود در آنها نیز اولیه است. وی استدلال کرد که بلورهای درشت با اندازه‌های ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرون و باساخت نرده‌ای[3] موجود در این اواوئیدها را که کالی حاصل تبلور مجدد آراگونیت به آراگونیت می‌دانست نیز دیاژنزی نبوده واولیه می‌باشد. ثانیاً بسیاری از اواوئیدهای دیرینه دارای بافت بسیار ظریفی هستند که هیچگونه نوشکلی[4] از خود نشان نمی‌دهند. وی یادآورشد که بافت ظریف این اواوئیدها در سنگ آهکهای دیرینه اولیه است. اونتیجه‌گیری نمود که محیطهای امروزی رسوبگذاری اواوئیدها و گلهای کربناته از لحاظ شیمیائی (برخلاف اصل یونیفرمیتاریانیسم) نشانگر محیطهای دیرینهٔ همتای خود نیستند. به‌نظر او دراقیانوسهای دورانهای گذشته زمین‌شناسی به‌علت پائین بودن نسبت Mg/Ca (کمتر از ۲ به ۱) ذرات غیراسکلتی ترجیحاً بصورت کلسیت (کم‌منیزیم) رسوب می‌نموده است، نه بصورت آراگونیت . اما این نسبت به‌تدریج افزایش یافته و بمقدار امروزی خود یعنی ۵ به ۱ رسیده است که در آن ذرات غیراسکلتی به‌صورت آراگونیت رسوب می‌نمایند. علت این امرجذب مقدار زیادی کربنات کلسیم اززمانهای ژوراسیک کرتاسه تا کنون توسط روزن‌بران و کوکولیتها و سایر موجودات سازندهٔ صدف آراگونیتی بوده است .

ویلکینسون ولندینگ (Wilkinson and Landing, 1978) ضمن مطالعهٔ اواوئیدهای ژوراسیک ناحیهٔ وایومینگ (Wyoming)

1- Great Salt Lake 2- Eardley 3- Palisade Structure 4- Neomorphism

آمریکا طی مقاله جالبی که بعدها بهترین مقاله سال ۱۹۷۸ شناخته شد (J. S. P., 1980) نشان دادند که ترکیب کانی شناسی پوستهٔ اواوئیدهای دیرینه مطابق نظر سند برگ دراصل ازنوع کلسیت کم منیزیم بوده و ساختمان شعاعی آنها اولیه می‌باشد. آنهاباتوجه به‌ارتباط ترکیب کانی‌شناسی و فابریک اواوئیدها مراحل دیاژنزی آنها را با استفاده از میکروسکوپ الکترونی بیان نمودند. هسته

تعدادی از این اواوئیدها از قطعات لاله‌وش (Crinoid) کلسیتی روزن بران کلسیتی و خرده‌های صدف کلسیتی میباشد (شکل-۵) ، در حالیکه هسته تعدادی نیز آراگونیتی بوده که بعداً در مراحل اولیهٔ دیاژنز حل شده و پس از درهم شکستن پوسته مطابق مدل ارائه شده در شکل ۶ داخل آنها باسیمان کلسیتی پرشده است.



شکل ۵ - اواوییدهای میکرایتی‌شده دارای هسته‌های اولیه آراگونیتی‌و کلسیتی (نقل از ویلکینسون و لندینگ ، ۱۹۷۸)

آنها (Wilkinson and Landing, 1978) مراحل رسوبی و دیاژنزی اواوئیدهای مذکور را ارائه نمودند (شکل ۷) . بالاخره، بدین نتیجه رسیدند که طبق نظر سربی (Sorby, 1979) و سند برگ (Sandberg, 1975) پوستهٔ بسیاری از اواوئیدهای پالئوزوئیک و مزوزوئیک برخلاف اواوئیدهای امروزی از بلورهای کلسیت کم منیزیم بوده و فابریک شعاعی آنها اولیه می‌باشد.

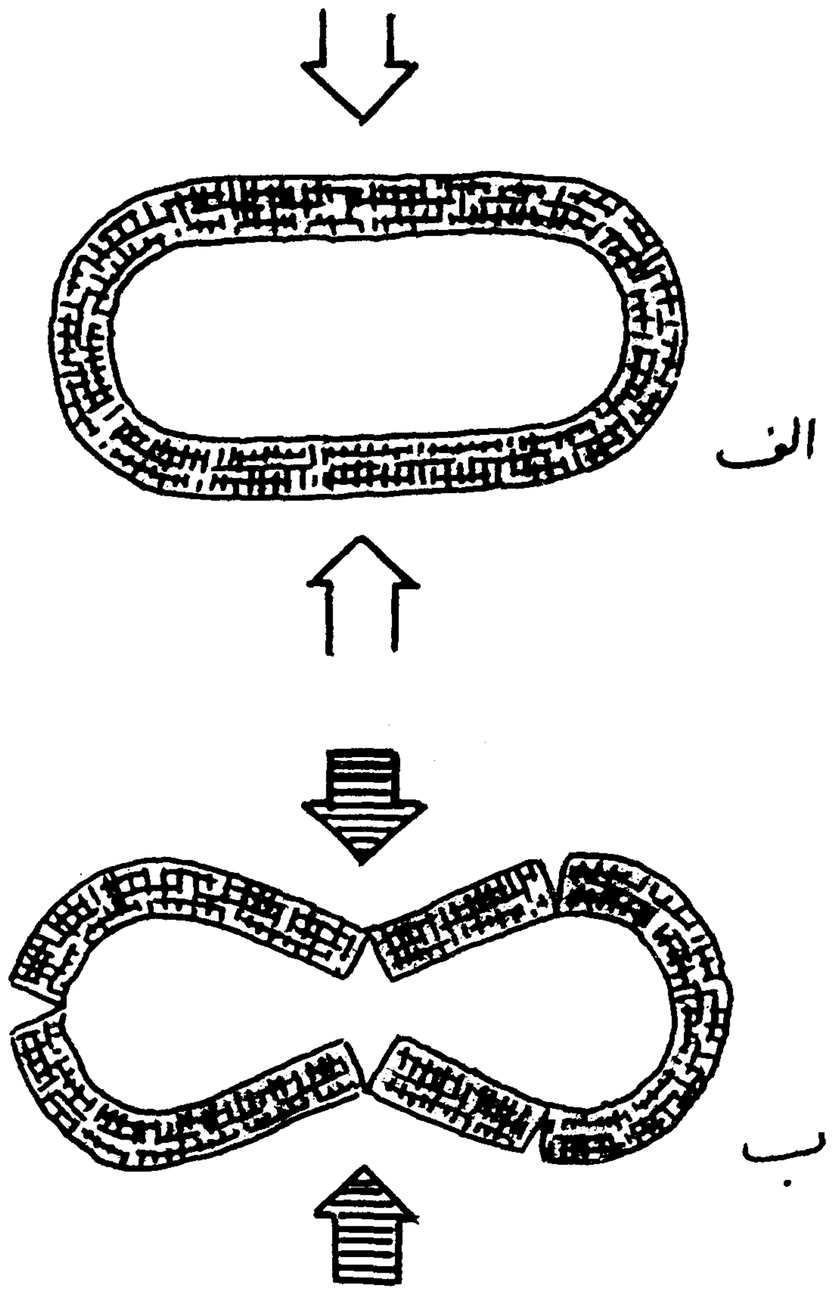
نتایج حاصل از این قبیل مطالعات کار را بدانجا کشانید که شیا (Shea, 1982) درسر مقالهٔ مجلهٔ پترولوژی رسوبی اصل یونیفرمیتاریانیسم را به‌شدت مورد انتقاد قرارداد. وی اظهارداشت :

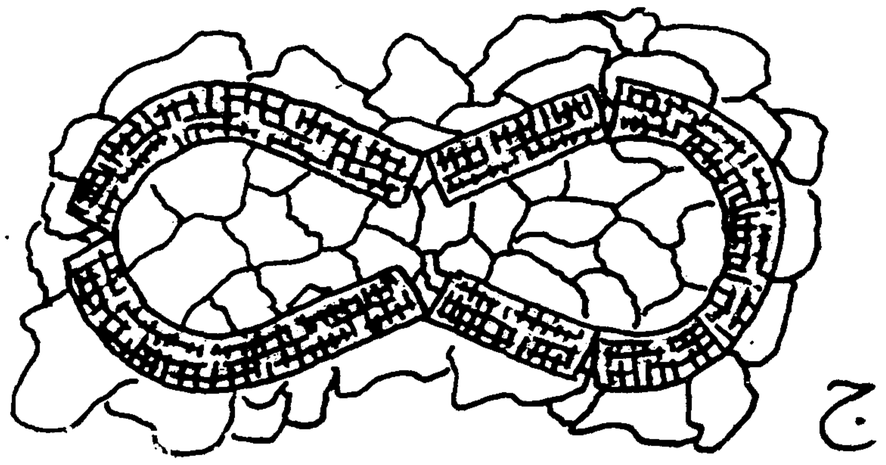
«در یک قرن و نیم گذشته یعنی از زمانیکه رسوب شناسی به عنوان علم مطرح شده است ، بویژه در اوایل این دوره یونیفرمیتاریانیسم نقش عمده و مفیدی در نفع وقایع کاتاستروفی داشته است. اما با توجه به‌پیشرفتهای علم رسوب شناسی اینک نامعقول به‌نظر نمی‌رسد که از رسوب‌شناسان بخواهیم تا خود را از زیر بار مفاهیم خارج از رده و فریبنده‌ای که یونیفرمیتاریانیسم به‌آنها تحمیل کرده است، برهانند. مهمترین مسئله با یونیفرمیتاریانیسم و ارتباط آن بارسوب‌شناسی این است که بسیاری از چیزهائی که در فرهنگ این‌علم یافت می‌شود بر پایهٔ یک سری اصول قدیمی و کهنه است که به‌وسیلهٔ بنیان‌گذار زمین‌شناسی جدید پی‌ریزی شده است.»

البته مواردی هم‌ذکر گردیده که نشان می‌دهد پوستهٔ اواوئید در هنگام رسوبگذاری از جنس آراگونیت بوده است . مثلا طبق گزارش ریچ (Rich, 1982) پوستهٔ اواوئیدهای موجود درسنگ آهک بنگار[1] می‌سی‌سی‌پیین بالائی درشمال غرب جورجیا[2] از بلور-های کلسیت نو شکل[3] ترکیب یافته است. این بلورها در استداد

1- Bangor Limestone
2- Georgia
3- Neomorphic pseudospar

محور نورانی قطعات کرینوییید سازندهٔ هستهٔ اواوئیدها رسوب کرده‌اند (شکل - ۸). چون ساخت متحدالمرکز این اواوئیدها کم‌وبیش حفظ شده است، لذا چنین نتیجه‌گیری نموده که پوستهٔ این اواوئیدها در هنگام رسوبگذاری از نوع آراگونیت بوده است. گرچه ترکیب این





شکل -۶ : مدل شماتیکی تغییر شکل و شکستن پوسته سخت و توخالی اواوئید بیضوی. الف- پوستهٔ اواوئید پس از انحلال هستهٔ آراگونیتی، ب - همان پوسته با همان اندازه پس از وارد آمدن فشار و شکستن. ج - پر شدن پوستهٔ شکسته با سیمان کلسیتی شفاف (نقل از ویلکینسون ولندینگ، ۱۹۷۸ با مقداری تغییر)

اواوئیدها با اصل یونیفرمیتاریانیسم مطابقت می‌نماید، اما چنین سواردی در بایگانی زمین شناسی بسیار کم است.

با یافت شدن اواوئیدهای دریائی ازجنس کلسیت پرمنیزیم بارشته‌های شعاعی توسط مارشال و دیویس (Marshall and Davis, 1975) از ریف سدی بزرگ (Great Barrier reef) در سواحل استرالیا و نیز توسط میلمن و بارتو (Millman and Barretto,1979) مسئله صورت دیگری پیدا نمود. این مشاهدات بسیار مهم بودند، زیرا این اواوئیدها دارای فابریک شعاعی اولیه می‌باشند. پس از پیدا شدن این اواوئیدها ریچتر (Richter, 1983 b) نظرداد که اگر تمام اواوئیدهای شعاعی کلسیتی دریائی درسنگهای آهکی دیرینه مثل دو نمونهٔ یاد شده در اصل از کلسیت پرمنیزیم بوده‌باشند، بنابراین اواوئیدها نمی‌توانند موید تغییرنسبت Mg/Ca دریاها از پالئوزوئیک تاکنون باشند (Richter, 1983 b).

گرچه ممکن است پوستهٔ بسیاری ازاواوئیدهای دیرینه از کلسیت پرمنیزیم باشد، اما پوستهٔ بسیاری از اواوئیدها نیزدراصل از کلسیت کم منیزیم ترکیب یافته است. نگارنده موارد متعددی را مشاهده نموده است که طبق شواهد موجودپوستهٔ اواوئید دراصل ازکلسیت کم منیزیم بوده است. مثل اواوئیدهای موجود در سنگ آهک با دامو درناحیهٔ طبس. در این آهکها هستهٔ بعضی از اواوئیدها را صدف شکمپایان و خرده‌های صدف دوکفه‌ایها تشکیل می‌دهند. چون پوستهٔ این شکمپایان دراصل از آراگونیت بوده است، لذا پس از تشکیل پوستهٔ کلسیتی اواوئید این صدفها حل شده و جای آنها را سیمان کلسیتی پرکننده حفره [1] پر نموده است (شکل- ۹ الف و ب)

مراحل مختلف رسوبگذاری و تغییرات دیاژنزی این اواوئید طبق شکل ۱۰. (الف تا ه) به‌شرح زیر است:

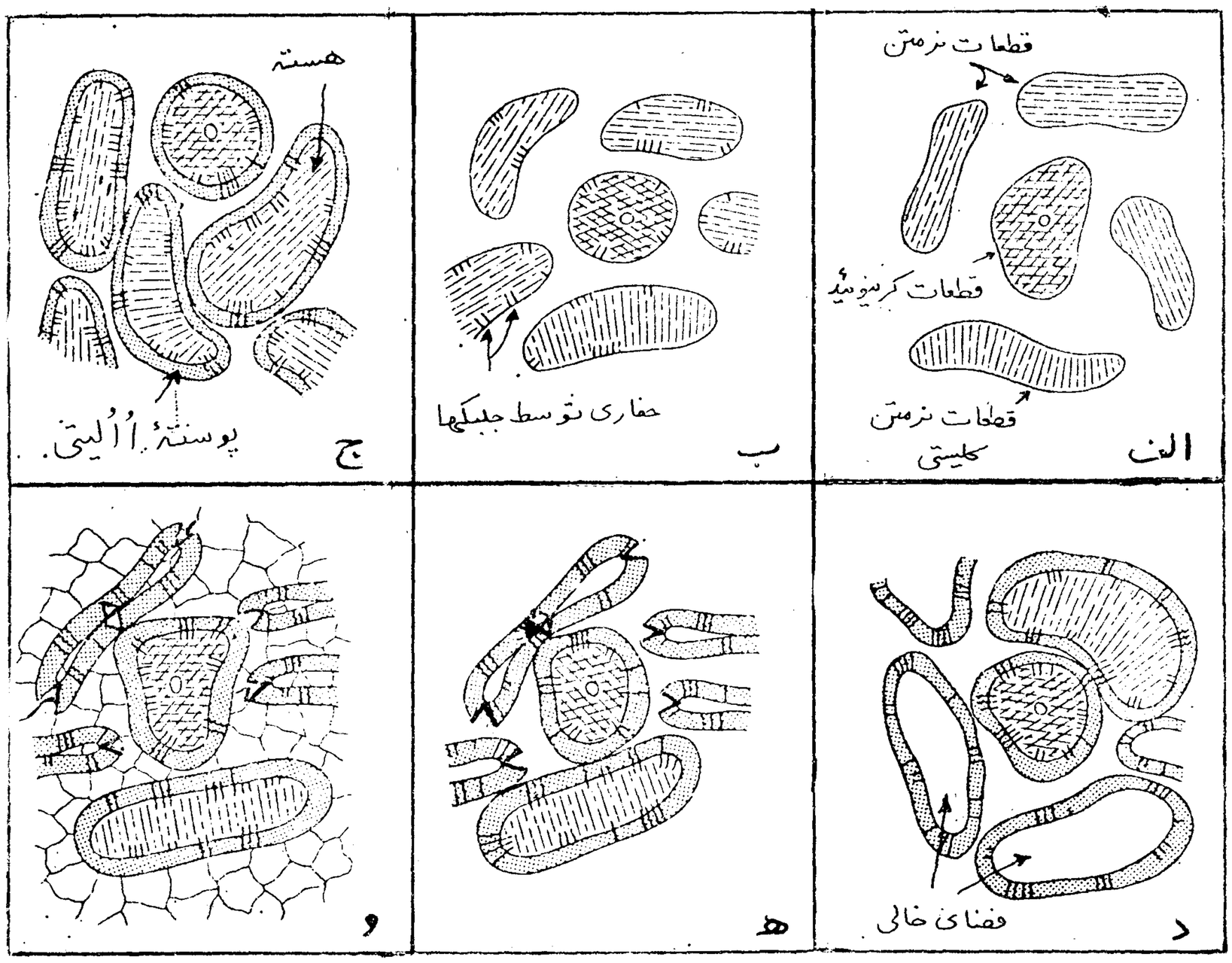
۱- مرگ شکمپا و از بین رفتن قسمتهای نرم بدن و پرشدن حجره‌های داخل صدف شکمپا با سیکرایت درمحیط فراتیک دریائی [2] (شکل ۱۰- الف).

۲- رانده شدن پوسته به محیط پر انرژی و کم عمق پشتهٔ اواوئیدی [3] وساخته شدن لایه‌های اواوئیدی در روی صدف شکمپا ورسوبگذاری (شکل ۱۰ - ب).

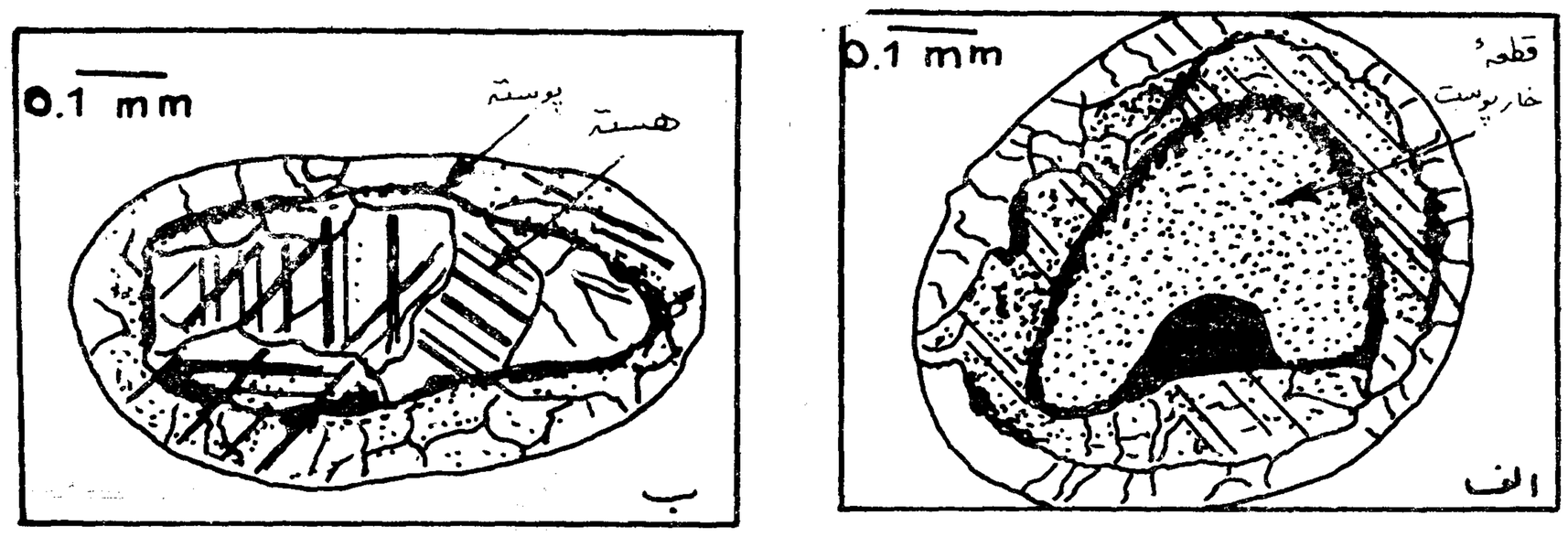
۳- پسروی دریا و خارج شدن رسوبات از آب دریا و قرار گرفتن آنها در منطقه فراتیک آب شیرین [4] و حل شدن صدف آرا- گونیتی شکمپا وایجاد تخلخل قالبی [5] درزیر لایهٔ اواولیتی (شکل ۱۰- ج).

۴- افت مقاومت سنگ به‌علت حل شدن قطعات آراگونیتی موجود درسنگ و درهم شکستن پوستهٔ اواوئیدی موجود در روی

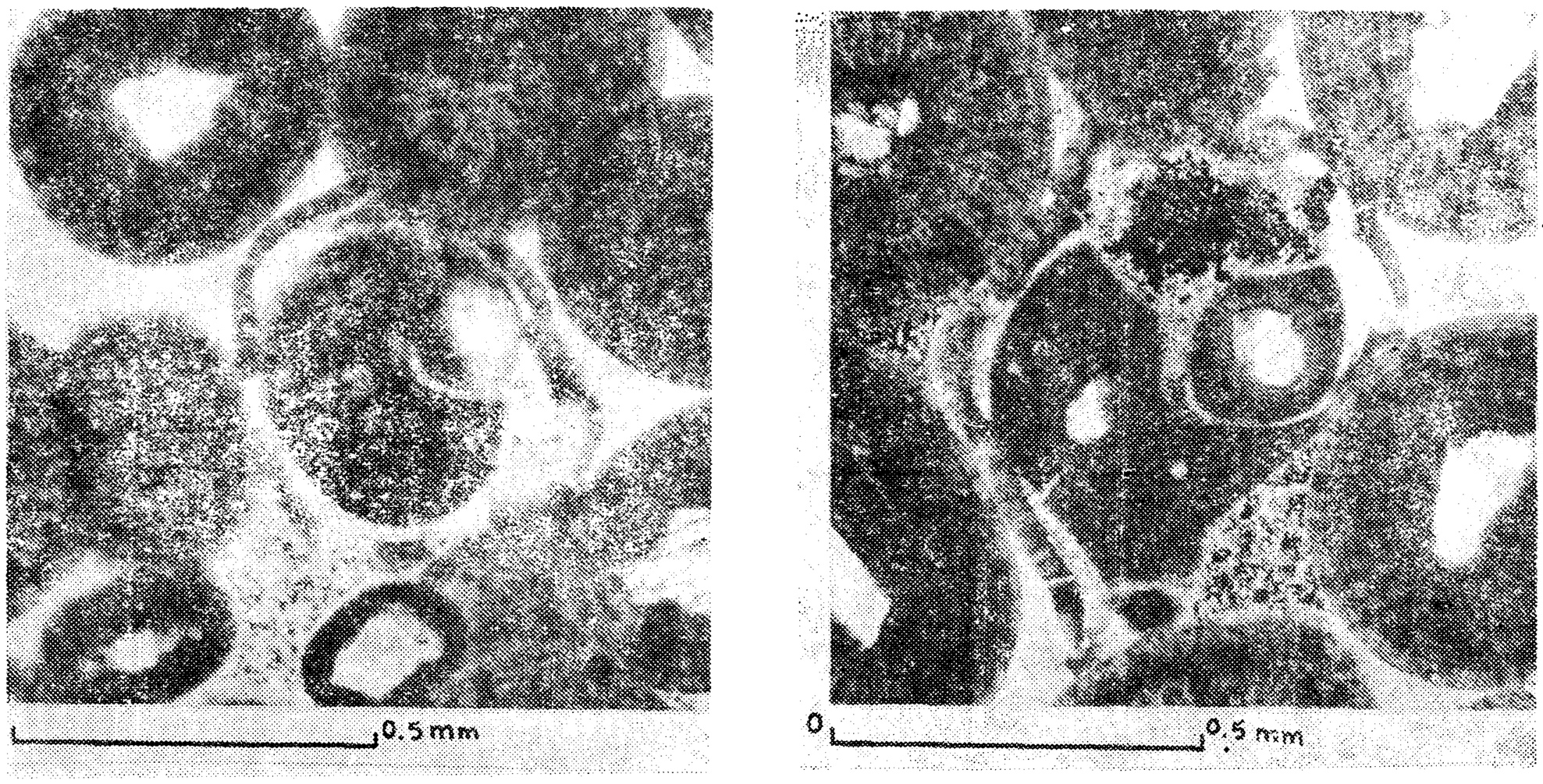
1- Void filling
2- Marine phreatic
3- Oolitic shoal
4- Freshwater phreatic zone
5- moldic porosity



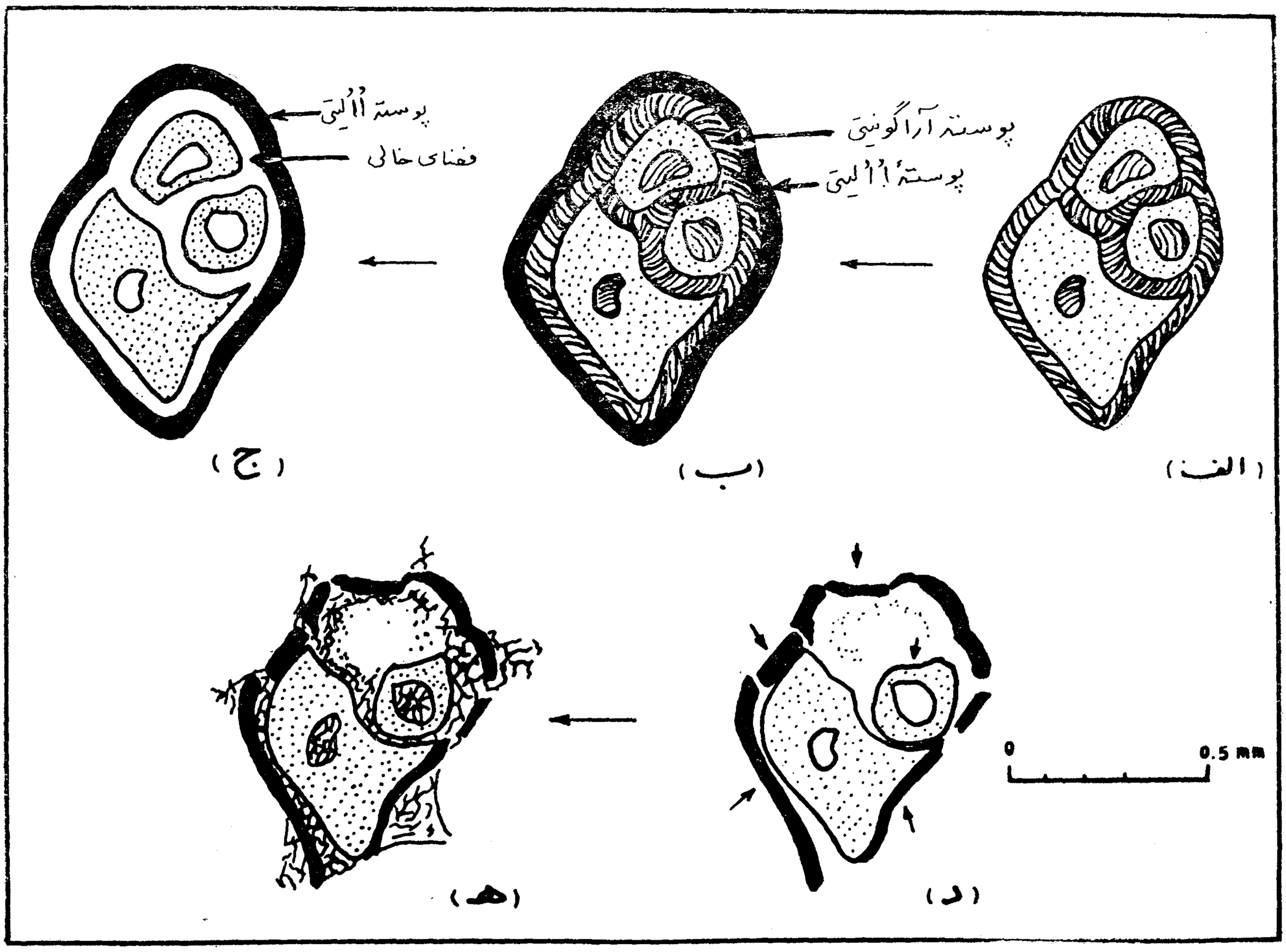
شکل ۷ ـ مراحل تشکیل اواوئیدهای خرد شده . الف ـ جورشدگی وسایش قطعات بایوکلاستی در شرایط دریائی با انرژی متوسط . قطعات دارای دو سری هاشور متقاطع نمایانگر قطعات کرینوئیدی کلسیتی است . هاشورهای موازی با طول قطعات نمایانگر قطعات نرم‌تن آراگونیتی و خطوط عمود برجهت طولی قطعات نشانگر نرمتن کلسیتی ، و قطعاتی که درونشان خالی است نشانگر تخلخل است . ب) سوراخ شدن سطوح خارجی این قطعات‌توسط جلبکها. ج) رسوب پوستهٔ اواوئید دراطراف قطعات نرمتن و کرینوئید سوراخ شده توسط جلبکها و تداوم میکرایتی شدن پوسته‌های اواوئیدها درحین رسوبگذاری. د) انحلال هستهٔ نرمتن آراگونیتی وایجاد حفره. ه) تدفین رسوبات و فشردگی پوسته‌های تهی از هسته و شکستگی دیوار سخت پوسته . و) سیمانی شدن تمام فضاهای خالی از جمله‌درون اواوئیدها وحفره‌های بین ذره‌ای و شکستگی‌های بازموجود در پوستهٔ اواوئیدها (نقل از ویکلینسون ولندینگ، ۱۹۷۸ با کمی تغییر) .



شکل ۸ـ (الف) اواوئید باهسته‌ای ازقطعات خار پوست که در آن پوسته شامل دو قسمت است : قسمت داخلی از امتداد نورانی هسته تبعیت می‌نماید و قسمت خارجی از موزائیکی از بلورهای شفاف ساخته شده است . (نور طبیعی) . ب) هستهٔ اواوئید از بلورهای شفاف کسیت ساخته شده که در اصل آراگونیت بوده است.
(نقل از ریچ ، ۱۹۸۲) .



شکل ـ ۹ شکستن پوستهٔ آراگونیتی شکمپا پس از تشکیل لایهٔ اواولیتی و پرشدن قالب سنگواره با سیمان کلسیتی
الف ـ مقطع طولی ب ـ مقطع عرضی شکمپا ، هردو عکس با نور پلاریزه .



شکل ۱۰ـ مراحل مختلف رسوبگذاری و تغییرات دیاژنزی اواوئیدهای آهک بادامو

صدف شکمپا (شکل . ۱- د) .

۵ - قرارگرفتن رسوب در قسمت اشباع منطقهٔ فراتیک آب شیرین و رسوب سیمان در تمام فضاهای خالی بین دانه‌ای[1] ودرون دانه‌ای[2] (شکل . ۱- ه و شکل ۹- الف وب) اگر جنس پوستهٔ این‌اواوئیدها از آراگونیت یا کلسیت پرمنیزیم[3] بود، به‌دلیل‌قابلیت انحلال زیاد کلسیت پرمنیزیم و آراگونیت لازم بود که پوسته نیز حل شده و جای آنرا سیمان پر نماید. اما، باقی ماندن پوسته با حفظ ساختمان ظریف‌نشانگر آنست که پوستهٔ این اواوئیدها نیز از کلسیت (کم منیزیم) بوده است.

بحث ونتیجه گیری

مطالعهٔ فابریک پوستهٔ بسیاری از اواوئیدهای موجوددرسنگ آهکهای‌دیرینه‌نشان‌می‌دهد که پوستهٔ اواوئیدهای‌دیرینه‌از کلسیت پرمنیزیم، کلسیت کم‌منیزیم وآراگونیت‌ترکیب یافته است. پوسته - های ساخته شده‌از کلسیت کم‌منیزیم وآراگونیت معادلهای امروزی دارند . اما اواوئیدهای کلسیت کم‌منیزیم فقط درغارها[4] و معادن[5] یافت می‌شود. تا کنون اواوئیدهای دریائی از جنس کلسیت کم منیزیم گزارش نشده‌است. این امر با اصل یونیفرمیتاریانیسم‌مطابقت نمی‌نماید. البته غیراز پوستهٔ اواوئیدها موارد متعدد دیگری مثل وضعیت دریاهای اپیریک[6] تشکیل سنگ آهنهای لایه‌ای و..... وجود دارد که با این اصل مطابقت نمی‌نمایند . حال با زیر سؤال رفتن اصل یونیفرمیتاریانیسم این‌پرسش مطرح است که آیا لازمهٔ شناخت محیطهای رسوبی‌دیرینه مطالعهٔ فرایندهای رسوبی ورسوبات امروزی (هولوسن) است ؟ پاسخ این سؤال به طبیعت مطالعات زمین شناسی مربوط می‌شود . زیرا همانطورکه فریدمن و ساندرز (Friedman and Sanders, 1978) نیز بیان داشته‌اند، درفیزیک وشیمی فرایندهای معلوم‌طی‌آزمایشات دقیق کنترل می‌شوند تامعلوم شود چه فرآورده‌هائی حاصل می‌شوند. پس‌از اینکه فرآورده ها بوجود آمدند مستقیماً قابل مشاهده هستند و می‌توان آنها را به فرآیندهائی نسبت داد. بنابراین ارائه دلایل وبرهان ازجهت‌فرآیند به‌فرآورده است. درحالیکه ، در زمین‌شناسی لایه‌های سنگی موجود فرآورده‌های نهائی معلومی هستندکه در تشخیص و شناسائی فرآیندهای نامعلوم از آنها استفاده می‌شود . بجای انجام آزمایش و مشاهدهٔ تجربه، یک زمین‌شناسی کارش را از نتیجه شروع می کند و می‌پرسد که آزمایش چه بوده است ؟

درست است که بسیاری از پدیده‌های رسوبی در یکی از زمانهای زمین شناسی عمل می کرده که امروز تکرار نمی‌شود، لذا بسیاری ازپدیده‌های زمین‌شناسی‌را باید با توجه به‌ویژگیهای‌خاص خود بررسی‌نمود. زمین‌شناس‌لازم است با رسوبات جدید و کارهای آزمایشگاهی مربوط به‌آنها و ارتباط بین‌فرایندها وفرآورده‌ها آشنائی کامل‌داشته باشد تا بتواند فهم درستی از وقایع گذشته داشته‌باشد. بنابراین نقش مطالعهٔ رسوبات هولوسن در مطالعات سنگهای رسوبی و محیطهای رسوبی دیرینه بیش از پیش نمایان می‌گردد.

قدردانی و تشکر

نگارنده لازم میداند از زحمات اساتید محترم‌گروه زمین‌شناسی آقایان دکتر فراسرز پور معتمد و دکتر فریدون سحابی و داوران محترمی که مقالهٔ حاضر را خوانده و نکات مفیدی را یادآور شده‌اند و نیز آقایان مهندس‌اسداله زاده‌کبیر زمین‌شناس شرکت ملی‌فولاد دکتر محمد قویدل سیوکی که‌نمونه‌های آهک بادامو را در اختیار قرار داده‌اند سپاسگزاری و تشکر نماید .

References

Bathurst, R. G. C. (1986) = *Carbonate Sediments and Their Diagenesis Developments in Sedimentology* 12, sixth impression, 658p.

Carozzi, A. V. (1962) Cerebroid Oolites, *Transaction Illinois Academic of Science*, Vol. **55**, 239 - 249.

Eardley, A. J. (1938) Sediments of Great Salt Lake, *Utah, Bull.Am. Asso. petrol. Geol.*Vol.**22**,1305-1411.

Friedman. G. M., Amiel, A. J., Branun, M. and Miler D. S. (1973) Generation of carbonate particles and laminates in algal mats, Example from sea marginal hypersaline pool, Gulf of Aquaba, *Red Sea, Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.* Vol. 57, 541-557.

Friedman, G. M. and Sanders, E. (1978) *Principle of Sedimentology*, John Wiley and Sons, 721 p.

1- Interparticle pore space
2- Intraparticle pore space
3- High Mg Calcite
4- Cave pearl
5- Mines
6- Epeiric

Illing, L. V. (1954) Bahama Calcareous Sand, *Bull. Am Ass. Petrol. Geol.*, Vol. 38, 1-95.

Kahle, C. F. (1974) Ooids from Great Salt Lake, Utah, as an analogue for the genesis and diagenesis of ooids in marine limestone, *Jour. Sedimentary Petrology*,. Vol. **44**, 30-39.

Kendall, C.G and Sir patrick, A.D.E. Skipwith (1969) Holocene Shallow - water carbonate and evaporite sediments of Khor Albzman, Abu Dhabi south - west Persian Gulf, *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.* Vol. **53**, 841-69.

Loreau, J. P. and Purser, B. H. (1973) *Distribution and Ultrastructure of Holocene ooids in the Persian Gulf. in Purser, B. H. (ed) the Persian Gulf*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 279-328.

Lutgen, F. K. and Tarbuck, E. J. (1989) *Essentials of Geology*, Third Edition, Merril Pub. Co. 378 p.

Marshall, J.F. and Davis, P, J. (1975)High magnesium calcite ooids from the Great Barrier Reef, *Jour . Sed. Petrology*, vol. 45, 285-291.

Milliman, D. J. and Barretto, H. T. (1975) Relict magnesian calcite oolite and subsidence of the Amazon Shelf, *Sedimentology*, Vol. 22, 137-145.

Peryt, Tadeuzu M. (1983) *Classification of coated grains, in* peryt, T.(ed), Coated grains, Springer Verlag, 655 p.

Popp, B.N. and Wilkinson, B.H.(1983) *Holocene Lacustrine Ooids from pyamid Lake, Nevada*, in Peryt, T. (ed), Coated grains, Springer - Verlag, 655 p.

Rich, M.(1982)Ooid cortices composed of neomorphic pseudospar possible evidence for ancient originally aragonite ooids, *Jour. Sed. Petrology*, Vol. 53, 843-848.

Richter, D. K. (1983 a) *Classification of Coated Granis: Discussion, in* Peryt, T. (ed), Coated Grains, Springer Verlag, 655 p.

Richter, D. K. (1983 b) *Calcareous Ooids:A synopsis*, in Peryt, T. (ed), Coated Grains, Springer-Verlag, 655 p.

Richter, D. K. and Besenecke (1983) *Subrecent high - Sr. Aragonitic Ooids from hot springs near Tekhe Ilica* (Turkey)in Peryt,T.(ed)Coated Grains, Springer-Verlag, 655 p.

Sandberg, philip A.(1975) New interpretation of Great Salt Lake ooids and of ancient non - skeletal carbonate mineralogy, *Sedimentology*, Vol. 22, 497 - 537.

Shea, J. H. (1982), Eidorial, *Jour. Sed. Petrology*. Vol. 52, 701-702.

Shearman, D. J., Twyman, J. and Zand Karimi, M. (1970) The genesis and diagenesis of oolites, *Proc. Geol. Asso* (England) Vol. 81, 561-75.

Sorby, H. C. (1979) The structure and origin of limestones (The anniversory address for the president of the Geological Society of London). *Proc. Geol. Soc.* 35, 56-95, in

Shearman, D. J., Twyman, J. and Zand Karimi, M. (1970) The *genesis and diagenesis of oolites*, Proc. Geol. Asso (England), Vol. 81, 561-75.

Wilkinson, Bruce H. and Landing, E. (1978) Eggshell Diagenesis and primary radial fabric in calcite ooids, *Jour. Sed. Petrology*, Vol. 48, 1129 - 1138.