نوشته: جهانبخش دانشیان*

رادیولرها و اهمیت آن ها در زمین شناسی

چکیده

مقدمه

رادیولرها یا «شعاعیان»، گروهی از جانداران هستند که در سلسلهٔ آغازیان و شاخهٔ سارکودینا جای می گیرند. آن ها از جانوران تک سلولی پلانکتون[1] و دریایی به حساب می آیند و عموماً در تمامی سیستم های فانروزوئیک حضور دارند. این جانوران دارای سلول هایی تقریباً کروی شکل با قطری بین ۲۰۰۰ ـ ۱۰۰ میکرون هستند. امکان دارد، برخی از رادیولرها به صورت کلونی زندگی کنند. در چنین حالتی، طول برخی از کلونی ها به ۲۵۰ میلی متر نیز می رسد (Brasier, 1995).

هر سلول رادیولر دارای پروتوپلاسم، با یک بخش خارجی به نام اکتوپلاسم[2] و یک بخش داخلی به نام اندوپلاسم[3] است. اکتوپلاسم و اندوپلاسم توسط یک غشای آلی منفذدار به نام کپسول مرکزی، از هم جدا می شوند. از کپسول مرکزی زوائدی با شکل های نخ مانند، به حالت شعاعی خارج می شوند که پاهای کاذب هستند و فیلوپودیا[4] و یا آکسوپودیا[5] نامیده می شوند. همچنین، در نزدیکی بخش مرکزی اندوپلاسم یک هستهٔ بزرگ و یا چندین هسته وجود دارد. در بخش اکتوپلاسم نیز منطقه ای حاوی حباب های ژلاتینی به نام کالیما[6] وجود دارد (شکل ۱). همچنین، در برخی از رادیولرها، در اکتوپلاسم یک گروه از جلبک های همزیست وجود دارند که زوکسانتلا[7] نامیده می شوند (Brasier, 1995).

اسکلت رادیولرها معمولاً داخل سلول است و در ساده ترین شکل، از عناصری میله ای شعاعی، عرضی و یا هر دو تشکیل می شود. عناصر شعاعی اسکلت اگر از یک سمت به همدیگر اتصال داشته باشند، خار[8] و اگر از دو سمت به هم متصل باشند، بیم[9] نامیده می شوند. به نظر می رسد، خارها وظیفهٔ حفاظت از پاهای کاذب آکسوپودیا را به عهده دارند. عناصر عرضی نیز جایی حضور دارند که رادیولرها پوسته ای مشبک و پرحفره[10] داشته باشند. به عبارت دیگر، حفرات از اتصال میله هایی به یکدیگر که بار[11] نامیده می شوند، به وجود می آید و به پوسته، منظره ای شبکه ای می دهند (Brasier, 1995).

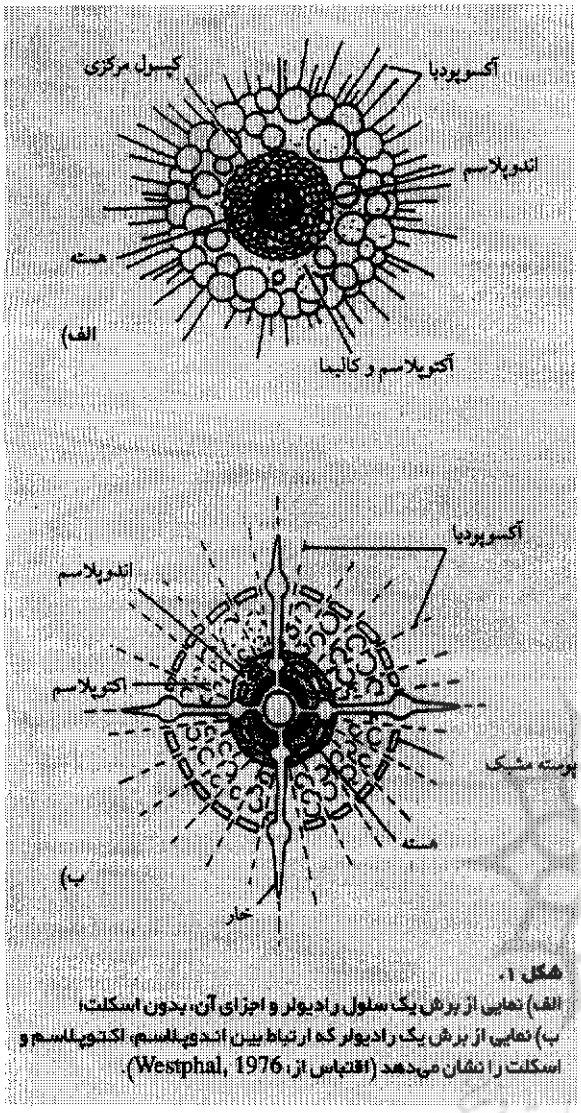
به طور کلی، رادیولرها را به دو گروه تقسیم می کنند: یکی پلی سیستینا[12] که اسکلتی سخت و توپر از سیلیس اپالین دارد، و دیگری فائودوریا[13] که عناصر اسکلتی آن ها توخالی است و از مواد آلی، به همراه حداکثر ۲۰ درصد سیلیس اپالین تشکیل می شود (Brasier, 1995). اسکلت فائودوریا ساختار ظریفی دارد، و به این دلیل، تنها تعداد بسیار معدودی از آن ها در زمان نئوژن به صورت

فسیل باقی مانده‌اند. از این رو، در مطالعات چینه‌شناسی از اهمیت چندانی برخوردار نیستند. بنابراین، در اکثر کتاب‌ها و مقالات، منظور از رادیولرهای فسیل، همان پلی‌سیستیناها هستند. رادیولرهای پلی‌سیستینا خود به دو گروه تقسیم می‌شوند: اسپوملاریا[14] که اسکلت‌هایی با طرح کلی گرد و کروی و تقارن شعاعی دارند، و ناسلاریا[15] که اسکلت‌هایی با تقارن دوگانه و یا چندگانه دارند. البته گروه ناسلاریا را براساس شکل اسکلت به دو دستهٔ سیرتیدا[16] با اسکلت‌هایی معمولاً مخروطی شکل، و سیپریدا[17] با اسکلت‌هایی معمولاً با یک حلقهٔ استوایی[18] به شکل حرف D تقسیم می‌کنند (Sanfilippo et al., 1985 ـ شکل ۲).

تولیدمثل در رادیولرها غیرجنسی است و از طریق تقسیم سلولی به دو سلول دختری انجام می‌پذیرد. به این صورت که پس از تقسیم، یک سلول دختری در اسکلت قدیمی باقی می‌ماند و یا آن که هر دو سلول تقسیم شده، اسکلت قدیمی را تخلیه می‌کنند و غشاهای جدیدی را می‌سازند. در برخی از رادیولرها، نظیر خانوادهٔ کلسفریده[19]، سلول‌های تقسیم شده به صورت چسبیده به هم باقی می‌مانند و تشکیل کلونی می‌دهند (Brasier, 1995).

تغذیه در رادیولرها توسط پاهای کاذب انجام می‌گیرد. پاهای کاذب که به صورت شعاعی و چسبناک هستند، برای به تله انداختن، فلج کردن و شکار موجوداتی مانند فیتوپلانکتون‌ها و باکتری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ذرات غذایی در کالیما هضم می‌شوند و سپس از کپسول مرکزی منفذدار به سمت اندوپلاسم حرکت می‌کنند. امکان دارد، برخی از رادیولرها که در منطقهٔ تحت نفوذ نور[20] زندگی می‌کنند، دارای جلبک‌های زوکسانتلا[21] باشند. آن‌ها می‌توانند، در همزیستی با این جلبک‌ها به تنهایی زندگی کنند (Brasier, 1995).

رادیولرها در آب‌ها حالت شناور دارند و چنین حالتی از چند طریق انجام می‌پذیرد. یکی از آن‌ها، تجمع گلبول‌های چربی یا واکوئل‌های انباشته از گاز است که موجب کاهش وزن مخصوص می‌شود. راه دیگر، مقاومت مالشی است که با گسترش و توسعهٔ پاهای کاذب طویل موجود روی خارهای اسکلتی[22] افزایش می‌یابد و در اثر اصطکاک با آب، موجب شناوری رادیولر می‌شود. همچنین حفراتی که در اسکلت رادیولر وجود دارند، اجازه می‌دهند که پروتوپلاسم از آن عبور کند و وزن اسکلت کاهش یابد. از طرف دیگر، شکل‌های اسکلتی صفحه‌ای و کروی، طرح‌هایی از اسکلت هستند که غرق شدن و به قعر افتادن اسکلت را کاهش می‌دهند. اسکلت‌های مناره‌ای شکل و زنگوله‌ای نیز معمولاً در نواحی دارای جریان‌های دریایی، مشاهده می‌شوند. در این نوع اسکلت‌ها، دهان به سمت پائین و محور اسکلت به طور عمودی قرار می‌گیرد (Brasier, 1995).



شکل ۱.
الف) نمایی از برش یک سلول رادیولر و اجزای آن، بدون اسکلت؛
ب) نمایی از برش یک رادیولر که ارتباط بین اندوپلاسم، اکتوپلاسم و اسکلت را نشان می‌دهد (اقتباس از Westphal, 1976).

پراکندگی و اکولوژی رادیولرها

امروزه، رادیولرها بیش‌تر در آب اقیانوس‌ها یافت می‌شوند؛ به‌خصوص در شیب قاره و جایی که جریان‌های دریایی حضور دارند و یا محلی که مواد غذایی فراوان باشند. رادیولرها بیش‌ترین تنوع و فراوانی را در عرض‌های جغرافیایی پائین (مناطق حاره و نیمه‌حاره) دارند. در چنین مکان‌هایی، تعداد آن‌ها در یک متر مکعب آن، به بیش از ۸۰ هزار عدد می‌رسد. البته آن‌ها در آب‌های سرد و نزدیک به قطب نیز به همراه دیاتومه‌ها حضور دارند و از رشد و نمو خوبی برخوردارند. به طور کلی، فراوانی رادیولرها تحت تأثیر تغییرات میزان مواد غذایی و سیلیکا[23] در آب، جریان‌های دریایی و توده‌های آب[24] است (Brasier, 1995).

از آن‌جا که اقیانوس‌ها و آتمسفر در تماس مستقیم با یکدیگر هستند، تغییرات اتمسفر نیز در اقیانوس‌ها منعکس می‌شود. گرم و سرد شدن آب و هوا بر سطح کرهٔ زمین از جمله اقیانوس‌ها تأثیر

می‌گذارد. چنین تغییرات دمایی، در واقع نتیجهٔ ایجاد گرادیانت دمایی از استوا به سمت قطبین است. همین عامل، بر گسترش و توزیع رادیولرها تأثیر می‌گذارد و به جدا شدن مجموعه‌های رادیولری گوناگون می‌انجامد. در نتیجه، ویژگی‌های توده‌های آبی متفاوت را نیز مشخص می‌سازد. بنابراین، مجموعه‌های رادیولری فسیل، آثاری حفظ شده از تغییرات آب و هوایی و اقیانوسی زمان‌های گذشته هستند (Sharma and Daneshian, 1998). با این فرض که ارتباط مشابهی بین مجموعه‌های رادیولری و پارامترهای اقیانوسی در گذشته و زمان حال وجود دارد، مطالعه و استفاده از رادیولرها می‌تواند، برای درک و پی بردن به گذشتهٔ آب و هوایی[25] و اقیانوس‌شناسی دیرینه[26] زمین مفید و مؤثر باشد. بنابراین، می‌توان رادیولرها را در طول زمان حضورشان در کرهٔ زمین به عنوان شاخص‌های محیط‌های اقیانوسی و عمیق در نظر گرفت.

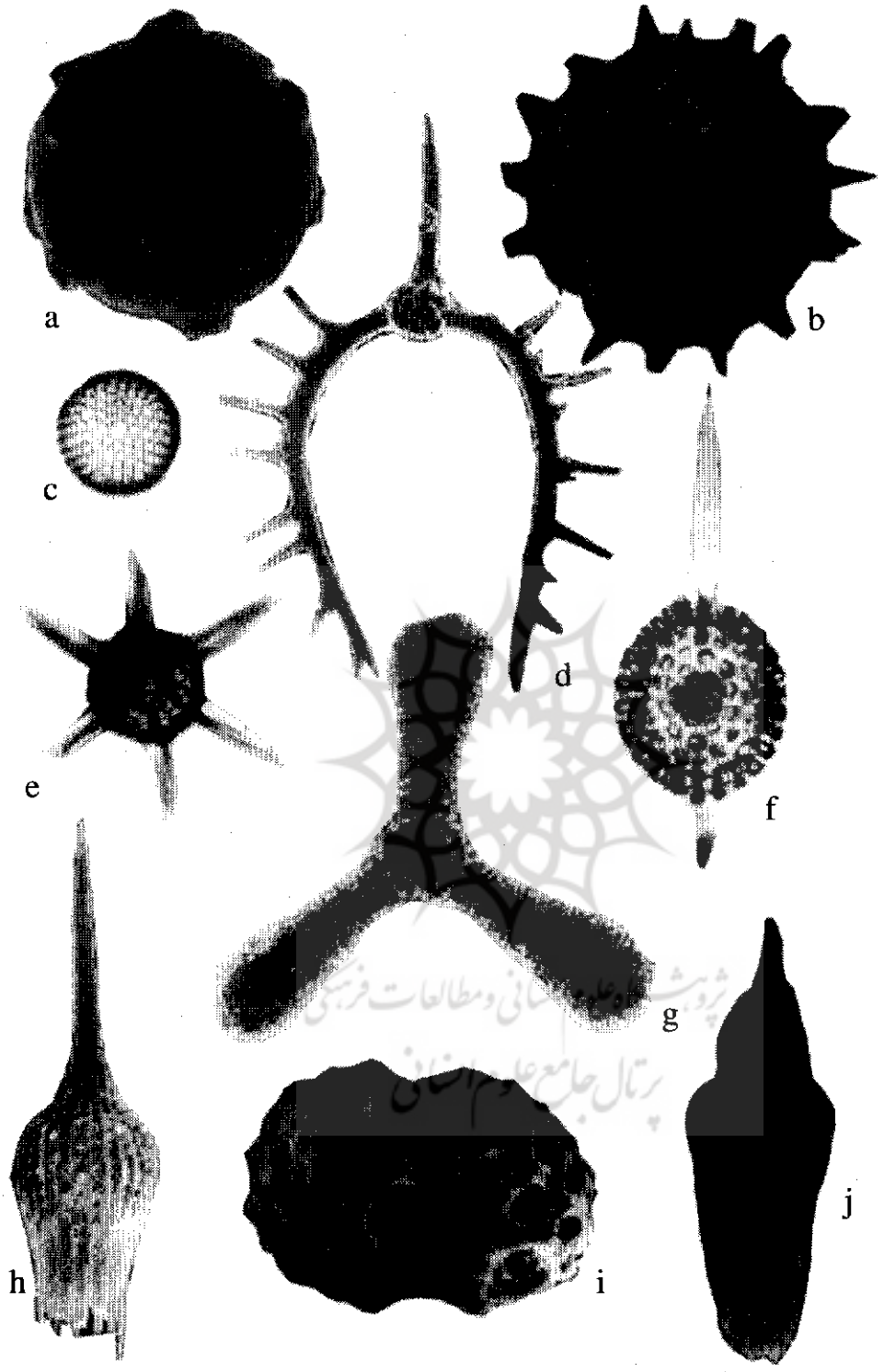
جالب است بدانید که رادیولرها براساس اجتماعات خود، مرزهایی مشخص را در اعماق ۵۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۱۰۰۰ و ۴۰۰۰ متری تعیین کرده‌اند که بر مبنای آن می‌توان دریافت، هر گروه از رادیولرها در چه عمقی حضور دارند. در بین رادیولرها، اسپوملاریا معمولاً در منطقهٔ تحت نفوذ نور، یعنی اعماق کم‌تر از ۲۰۰ متر، و ناسلاریا و فائوداریا در اعماق بیش از ۲۰۰۰ متر فراوان هستند. برخی از رادیولرها که در اعماق زیاد حضور دارند، زمانی که نابالغ و جوان هستند، در مناطق کم‌عمق‌تر زندگی می‌کنند و زمان بلوغ، به آب‌های عمیق‌تر می‌روند. همچنین، گونه‌هایی از رادیولرها وجود دارند که در آب‌های سرد نزدیک به سطح زندگی می‌کنند، در حالی که در آب‌های گرم‌تر و نزدیک به استوا در اعماق بیش‌تری زندگی می‌کنند. برخی از گونه‌های رادیولری نیز شاخص مناطق قطبی، نیمه‌قطبی، نیمه‌حاره و حاره هستند و هر کدام کم و بیش در جریان‌های دریایی خاصی حضور دارند و در واقع با آن جریان‌های دریایی، مرزهای مشخصی از گسترش خود را تعیین می‌کنند. در حقیقت، از چنین گونه‌های رادیولری می‌توان برای تعیین موقعیت و تغییرات تاریخی جریان‌های دریایی و توده‌های آبی در زمان سنوزوئیک استفاده کرد (Casey, 1971). حتی کنی[27]، با استفاده از رادیولرها توانست، نوسانات درجهٔ حرارت آب‌های متعلق به زمان‌های گذشته را تعیین کند. وی با استفاده از گونهٔ رادیولری به نام "Antarctissa strelcovi" که متعلق به عرض‌های جغرافیایی بالا و آب‌های قطب جنوب است، منحنی درجهٔ حرارت دیرینه[28] مربوط به زمان پلیوسن و پلئیستوسن را تهیه کرد.

در بین رادیولرها، اسکلت‌های لوله‌ای و توخالی فائوداریا که به طور ضعیفی سیلیسی شده‌اند، به راحتی کف دریاهای عمیق انحلال می‌یابند و از این روست که به صورت فسیل بسیار کمیاب هستند. برعکس اسکلت‌های سیلیسی اپالین سخت اسپوملاریا و ناسلاریا، نسبت به انحلال در آب، مقاومت بیش‌تری از خود نشان می‌دهند. هرچند که آب دریا در هر عمقی نسبت به سیلیکا بسیار غیراشباع است و اسکلت دو گروه فوق نیز برای حل شدن مستعد هستند (Brasier, 1995).

در اقیانوس‌ها، در زیر اعماق ۳ تا ۵هزار متر، تقریباً همهٔ کربنات کلسیم‌های موجود، به صورت محلول درمی‌آیند[29] و رسوبی از آن‌ها در چنین اعماقی تشکیل نمی‌شود و به جای آن، لجن‌های رادیولری و دیاتومه‌ای تجمع می‌یابند. لجن‌های رادیولری اکثراً در بخش حاره‌ای اقیانوس آرام و در اعماق ۳ تا ۴ هزار متری یافت می‌شوند و حاوی تعداد بسیار زیادی اسکلت رادیولر و حدود صدهزار عدد در هر گرم از رسوب هستند. البته امکان دارد، رادیولرها به فراوانی در لجن‌های دیاتومه‌ای و یا در لجن‌های دارای Globigerina (ازفرامینیفرا) و لجن‌های کوکولیتی نیز حضور داشته باشند. بدیهی است، با افزایش عمق و همچنین انحلال، فراوانی رادیولرها در رسوبات دریاهای عمیق کاهش می‌یابد و اسکلت‌های رادیولری کم می‌شوند. در صورتی که سرعت رسوبگذاری در اعماق آب کند باشد، شانس انحلال اسکلت‌های رادیولری افزایش خواهد یافت و درنتیجه، به تغییراتی در میزان مجموعه‌های فسیلی رسوبات دریاهای عمیق منجر می‌شود. در اعماق بسیار زیاد، اکثراً خرده‌های آتشفشانی و شهاب سنگ‌ها، به همراه بخش‌های سخت و مقاوم رادیولری وجود دارند (Brasier, 1995).

نقش رادیولرها در سنگ‌منشاهای هیدروکربنی

بیش از ۶۰ درصد مخازن نفتی جهان در خلیج فارس قرار دارند و سنگ منشأ[30] غنی از هیدروکربن آن‌ها، همگی دارای منشأ دریایی هستند. مطالعات لیسیتزین[31] نشان می‌دهند که در اقیانوس‌های امروزی مناطقی که از نظر تولید مواد آلی دارای سطح بالایی هستند، همواره غنی از رادیولرها، دیاتومه‌ها و یا هر دوی آن‌ها هستند و این موجودات در کف دریا نهشته می‌شوند. در سنگ‌منشأهای هیدروکربنی متعلق به زمان قبل از کرتاسه (پالئوزوئیک و مزوزوئیک)، این رادیولرها هستند که ذرات سیلیکای غالب را تشکیل می‌دهند. اجزای تشکیل دهندهٔ بیوشیمیایی رادیولرها شامل کربوهیدرات‌ها، پروتئین و لیپیدها و رادیولرهای کلونی به‌خصوص از لیپید غنی هستند و بعداً می‌توانند، تشکیل دهندهٔ مواد آلی تجمع یافته در رسوبات باشند (Ormiston, 1993). به طوری که آندرسن[32] برای هر کلونی از گونهٔ Collosphaera pelagicum، ۱۳۸ میکروگرم لیپید و برای هر کلونی از Collosphara sp.، ۹۲ میکروگرم لیپید را اندازه گرفت. معمولاً رادیولرهای کلونی غنی از لیپید، در زمان‌های مشخصی از سال در آب‌های اقیانوسی فراوان هستند. بنابراین در آب‌ها مقادیر قابل توجهی از مواد لیپیدی خالص مربوط به رادیولرها در هر متر مکعب از آب وجود دارد. از طرف دیگر، محیط‌های اقیانوسی و عمیق بهترین محل برای حفظ شدگی مقادیر متنابهی از لیپید و مواد آلی مشتق از فیتوپلانکتون‌ها و رادیولرها هستند و عموماً با سنگ منشأهای دریایی غنی از هیدروکربن‌ها، صرف‌نظر از سن آن‌ها در فانروزوئیک همراه هستند. رادیولرها نه تنها در موقعیت‌های



شکل ۲. رادیولرهای پلی‌سیستین، a، b، c، e، f، g از اسپوملاریا، و h، i، j و d از ناسلاریا.

a) Siphonosphaera sp., x500;
b) Heliodiscus asteriscus, xz350;
c) Cenosphaera sp., x150;
d) Dorcadospyris dentata, x150;
e) Hexacontium sp., x150;
f) Druppatractus acquilonius, x250;
g) Hymeniastrum sp., x250;
h) Calocycletta costata, x250;
i) Tholospyris anthophora, x500;
j) Eucyrtidium diaphanes, x350.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

محیطی مطلوب و افزایش و حفظ شدگی رسوبات غنی از مواد آلی شرکت دارند، بلکه ممکن است خود آن‌ها نقش بسیار مهمی در تولید نفت داشته باشند. بنابراین رادیولرها، هم از نظر محیطی و هم از جهت این که در انباشتگی سنگ‌های غنی از مواد آلی شرکت می‌کنند، موجب به وجود آمدن سنگ‌هایی شده‌اند که پتانسیل تبدیل به سنگ‌منشأهای هیدروکربنی را در طول زمان فانروزوئیک دارند. مطالعات نشان می‌دهند که رادیولرها حداقل از زمان سیلورین، از اجزای معمول سنگ منشأهای دریایی بوده‌اند و احتمالاً در غنی سازی مواد آلی سنگ‌منشأها به طور مستقیم نقش داشته‌اند (Ormiston, 1993).

رادیولرها و اهمیت آن‌ها در تعیین سن سنگ‌ها

حدود ۵۰ سال پیش، فسیل شناسان اعتقادی به کاربرد رادیولرها در چینه شناسی و تعیین سن لایه‌ها نداشتند. به طوری که **شراک و تونهوفل**[۳۳] اعلام کردند که، رادیولرهای فسیل برای تعیین سن و یا مقایسه و انطباق لایه‌ها مفید نیستند. آن‌ها اعتقاد داشتند که گونه‌های فسیلی رادیولرها شبیه انواع امروزی هستند و از طرف دیگر، تعداد کمی از گونه‌های آن‌ها شناسایی شده‌اند. در هرحال، به علت بدبینی موجود در جو آن زمان نسبت به رادیولرها، آن‌ها مورد توجه فسیل شناسان قرار نگرفتند. اما امروزه شاید بیش از ۵۰ آکادمی و نیز فسیل شناسان صنعتی[۳۴]، چینه شناسی رادیولرها را مورد توجه قرار داده‌اند. مطالعهٔ رادیولرها و استفاده از آن‌ها در تعیین سن لایه‌ها، به ویژه پس از اجرای برنامه‌های حفاری کف دریاها و اقیانوس‌ها که «پروژه حفاری دریای عمیق»[۳۵] و «برنامهٔ حفاری اقیانوس»[۳۶] نامیده می‌شوند، سرعت گرفته است؛ به طوری که با کمک رادیولرها می‌توان سن نهشته‌ها را با قدمت یک صدهزار سال تعیین کرد.

* عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه تربیت‌معلم

واژه‌نامه

1. Zooplankton
2. Ectoplasm
3. Endoplasm
4. Filopodia
5. Axopodia
6. Calymma
7. Zooxantellae
8. Spine
9. Beam
10. Lattice wall
11. Bar
12. Polycystina
13. Phaeodaria
14. Spumellaria
15. Nassellaria
16. Cyrtida
17. Syprida
18. Sagittal ring
19. Family Collosphaeridae
20. Photic zone
21. Zooxantellae
22. Spines
23. Silica
24. Water masses
25. Paleoclimatology
26. Paleoceanography
27. Keany, 1973
28. Paleotemprature
29. Calcium Carbonate
30. Source rock
31. Lisitzin, 1971
32. Anderson, 1938
33. Shrock and Tonhofel, 1953
34. Industrial paleontology
35. Deep Sea Drilling Progect
36. Ocean Drilling Program

منابع

1. **Anderson, O. R. (1983)**, Radiolaria, Springer – verlag, New York.
2. **Brasier, M. D. (1995)**, Microfossils, Chapman & Hall Publication, first edition 1980.
3. **Casey, R. E. (1971)**, Radiolarians as indicators of past and present water masses. *In*: B. M. Funnell & W. R. Riedel (eds.), Micropaleontology of ocean, pp. 331-419, Cambridge University, Cambridge.
4. **Keany, J. (1973)**, New radiolarian palaeoclimatic index in the Plio – Pleistocene of the Southern Ocean, Nature, 246, pp. 139-41.
5. **Lisitzin, R. Kh. (1971)**, distribution of siliceous microfossils in suspension and in bottom sediments. *In*:, B. M. Funnell & W. R. Riedel (eds.), Micropaleontology of ocean, pp. 173-195, Cambridge University Press, Cambridge.
6. **Ormiston, A. R. (1993)**, The associasion of radiolarians with hydrocarbon source rocks, *In*: J. R. Blueford and B. Murchey (eds.), Radiolaria of Giant and Subgiant Fields in Asia, Micropaleontology Press Special Publication, no. 6, pp. 9-16.
7. **Sanfilippo, A., Westberg – Smith, M. J. and Riedel, W. R. (1985)**, Cenozoic radiolaria. *In:* H. M. Bolli, J. B. Saunders and K. Perch – Nielson (eds.), Plankton Stratigraphy, Cambridge University Press, Cambridge.
8. **Sharma, V. and Daneshian, J., (1998)**, Radiolaria as tracers of ocean – climate history, Current Science, Vol. 75, No. 9-10, pp. 893-897.
9. **Shrock, R. R. and Twenhofel, W. H. (1953)**, Principles of Invertebrate Paleontology, 2nd edn., McGraw – Hill, New York.
10. **Westphal, A. (1976)**, Protozoa, Glasgow, Blackie.