

# لس «بیابانی» در مقابل لس «یخچالی»

## تشکیل سیلت کوارتز، نواحی منشأ و خط سیرهای رسوبی در تشکیل نهشته‌های لسی

جانیت اس. رایت Janet.s.wright  
ترجمه: دکتر رضا اسماعیلی - دانشگاه تبریز

### چکیده

خط سیرهایی<sup>(۱)</sup> ارائه شده‌اند که به صورت پیشنهادی توالی حوادث دست اندرکار در تشکیل نهشته‌های لسی را نشان می‌دهند، که هم نهشته‌های فرضی و هم نهشته‌های چین مرکزی، سجارستان، نیجریه و تونس را شامل می‌شوند. این خط سیرها، نقش بالقوه و ارتباط متقابل بین انواع مکانیسم‌های تولید سیلت را در تشکیل لس تشریح می‌نمایند. در استفاده از این خط سیرها از وجود لس‌های بیابانی بحث می‌شود و نتیجه آن به این بستگی دارد که چگونه اصطلاح «لس یخچالی»<sup>(۲)</sup> و «لس بیابانی»<sup>(۳)</sup> به کار برده شود. اگر لس بیابانی به معنی مکانیسم‌های غیر یخچالی تولید سیلت تعبیر شود و یا مشخص کردن محیطی که کشیده شدن بادی در آن اتفاق افتاده است، پس لس بیابانی نهشته‌ای بسیار واقعی و به طور وسیع پراکنده است. ولی اگر اصطلاح لس یخچالی برای نسبت دادن به رژیم آب و هوای جهانی که تحت آن نهشته‌های لسی شکل گرفته‌اند به جای مکانیسم‌های ژئومورفیک مسئول، در ایجاد سیلت به کار برده شود پس لس بیابانی نمی‌تواند اصطلاح مناسبی برای طبقه بندی نهشته‌های لسی باشد. پیشنهاد شده است که طبقه بندی نهشته‌های لسی با توجه به رژیم آب و هوای جهانی که تحت آن لس‌ها انباشته شده‌اند صورت گیرد، زیرا درک بیشتر نقش شرایط محیطی را در همه مراحل تشکیل نهشته‌های لسی آسان خواهد نمود.

**لغات کلیدی:** لس یخچالی، لس بیابانی، خط سیرهای رسوبی، لس چین، لس سجارستان، لس نیجریه، لس تونس

### مقدمه

اگر چه برای تعریف کردن لس تلاش‌های زیادی صورت گرفته است اما هیچکدام پذیرش جهانی کسب نکرده‌اند. از نظر این مقاله لس به عنوان یک نهشته باد وزشی تعریف می‌شود که به طور عمده از ذرات کوارتز در اندازه ۶۰-۲۰ میکرون تشکیل شده است. نهشته‌های لسی و شبه لسی بیش از ۱۰

درصد سطح زمین را می‌پوشانند (پسکی<sup>(۴)</sup> ۱۹۹۰) و مواد مادری تعدادی از خاک‌های بسیار حاصلخیز را تشکیل می‌دهند. بنابراین بیش از ۲۰۰ سال است که نهشته‌های لسی و شبه لسی مورد تحقیق زمین شناسان و دانشمندان علوم زمین قرار گرفته‌اند.

بیشتر این تحقیق‌ها به جنبه تشکیل لس مربوط می‌شده است. به طوری که اسمالی<sup>(۵)</sup> (۱۹۶۶) خاطر نشان کرده است که چهار مرحله بسیار مهم در تشکیل هر نهشته لسی دست‌اندرکار هستند. این مراحل عبارتند از: (۱) حوادث منشأ، مسئول تشکیل مواد هم اندازه سیلت موجود در نهشته‌های لسی هستند. (۲) حوادث مسئول حمل ذرات سیلت از نواحی منشأ شان هستند. (۳) نهشته گذاری این ذرات، نهشته‌های قابل تشخیص لس را شکل می‌دهند (۴) سرانجام، عملکرد بعد از نهشته گذاری، نهشته‌های اولیه را تغییر می‌دهد. تحقیق گذشته لس در جستجوی توضیحات متمرکز می‌شد. همانند این که چگونه مواد سیلت، حمل شده و در مکان دیگری قرار گرفته‌اند و نهشته‌های وسیعی را که در اروپای مرکزی، چین، و شمال امریکا مشترک است تشکیل داده‌اند.

امروزه به طور وسیعی پذیرفته شده است که نهشته‌های لسی به وسیله فرایندهای بادی جایجا شده‌اند و مباحثه عصر حاضر در جستجوی پاسخهایی برای این سؤال متمرکز شده است که «چه فرایندهای ژئومورفیک مسئول تولید مقادیر زیادی از سیلت کوارتز موجود در نهشته‌های لسی و گردوغبار جهانی هستند؟» یکی از موضوعات اصلی در سؤال این تحقیق مشکل «لس بیابانی» است. آیا نهشته‌های لسی وجود دارند که حاوی سیلت تولید شده در بیابانها باشند؟ یا آیا «لس بیابانی» بیشتر به صورت فرضی است یا به صورت واقعی است که برای تشکیل نهشته‌های لسی نیاز به یک مرحله «یخچالی» دارد.

عقیده وجود و منشأ مستقل برای موادلسی، یک منبع سرد یا یخچالی و یک منبع گرم یا بیابانی را می‌توان در کار «ابروچف»<sup>(۶)</sup> که در اواسط این قرن منتشر شده پیگیری کرد. (اسمالی ۱۹۸۰) عقاید او جوابگوی ایجاد یکی از نواحی عمده مورد بحث در تحقیق لسی عصر حاضر شدند. این مباحثه حول

تصور سنتی برای تشکیل نهشته‌های لسی این است که «سائیدن یخچالی تنها فرایند طبیعی است که به طور مؤثر ذرات کوارتز هم اندازه ماسه را به ذرات اندازه سیلت تبدیل می‌کند.» (اسماعلی و کرسنلسی ۱۹۷۸) این نظری است که بین اسمیت و نورتون (۱۹۳۵) و بولتون (۱۹۷۸) مشترک است. این فرض بطور اصولی از دو عامل مهم ناشی شده است. اولاً: مشارکت نسبتاً واضح، بین مناطق یخچالی عصر حاضر یا مناطق یخچالی گذشته و بیشتر نهشته‌های لسی در سطح جهان نشان می‌دهد که فعالیت یخچالی ممکن است نقش مهمی را در تشکیل سیلت بازی کند. این مورد اول بوسیله توتکو فیسکی (۱۸۹۹) مورد توجه قرار گرفت. زمانی که او این سؤال را مطرح کرد که «چرا لس ارتباط بسیار نزدیکی با پسروری پهنه‌های وسیع یخی دارد؟» ثانیاً فقدان نهشته‌های لسی به بیابانهای بزرگ مثل صحرا و استرالیا، مربوط می‌شود که ناتوانی عملکرد فرایندهای ژئومورفیک را برای تولید سیلت کوارتز در این محیط‌های بیابانی نشان می‌دهد. بطور مثال اسماعلی و ویٹافرینزی (۱۹۶۸) اظهارات پنک (۱۸) (که در اوایل این قرن بیان شده بود) و بوتلر (۱۹۵۶) را برای حمایت از نظر خودشان به کار بردند که «اگر چه ذرات لس می‌توانند به صورت مکانیکی در بیابان‌ها تشکیل شوند ولی آنها به اندازه کافی نهشته‌های وسیع لسی را تولید نمی‌کنند.» اسماعلی و ویٹافرینزی به نقل از پنک فقدان نهشته‌های لسی را در حوالی صحرا و بیابان‌های آمریکا تفسیر کردند و بوتلر اظهار داشت که «توجه به نواحی وسیع بیابان‌ها در دنیا و چهل نسی ما از لس گرم ممکن است بیشتر فرضی باشد تا واقعی» اسماعلی و کرسنلسی (۱۹۷۸) ذکر کردند که «بیابان صحرا وسیع است ولی تجمع نهشته‌های لسی در آن کم است.»

امروزه برتری فرسایش یخچالی به عنوان یک مکانیسم تولید سیلت به وسیله چندین عامل مورد تردید قرار گرفته است. اولاً ماهیت نهشته‌های لسی در نواحی مثل فلسطین اشغالی، تونس، نیجریه و عربستان سعودی نمی‌تواند به صورت قانع کننده‌ای با فرایندهای سایش یخچالی تشریح شود. ثانیاً محیط‌های گرم و خشک نواحی منشأ مهمی برای غبارهای جوی و طوفانهای گردوغباری هستند. بیابان صحرا یکی از منابع مهم گردوغبار جوی است با تقریباً ۲۶۰ میلیون تن گردوغبار معدنی که در هر سال از آن منتقل می‌شود. سیلت ریز و ذرات هم اندازه رس (کوچکتر از ۱۰ میکرون) در دورتر از فلوریدا پیداشدند. (شوتر ۲۰) و همکاران (۱۹۸۱) سارتین و کوپمن (۲۱) دریافتند که سیلت کوارتز هم اندازه لس خاکزاد (زمینی) در منطقه‌ای به اندازه ۱۰۰ کیلومتر دورتر از ساحل افریقای غربی در اقیانوس اطلس نهشته می‌شدند. ثانیاً بررسی مجدد محدوده‌های یخچالی پلیستوسن در چین حاکی از این است که این محدوده به وسعت اصلی (ابتدایی) خود نبوده است. این عوامل بر این دلالت دارند که بیابان‌هایی مثل اردوس، گبی و آلیشان ممکن است نواحی منشأ مهمی برای سیلت موجود در نهشته‌های لسی چین باشند. مکانیسم‌های مؤثر در تولید سیلت کوارتز هم اندازه لس در محیط طبیعی به وسیله پی (۲۲)، مک نائینش (۲۳) و رایت (۲۴) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. تا همین اواخر تحقیق در پتانسیل انواع مکانیسم‌های تولید سیلت بسیار پراکنده بود. در نتیجه آن، یک سری

این عقیده متمرکز می‌شد که مکانیسم‌های مسئول برای تولید سیلت کوارتز می‌توانند به طور مؤثری در محیط‌های سرد عمل نمایند. (توتکو فیسکی (۷) ۱۹۰۰ بحث شده به وسیله بریان (۸) ۱۹۴۵، اسماعلی ۱۹۶۰، ۱۹۷۸، اسماعلی و کرسنلسی (۹)، اسماعلی و ویٹافرینزی (۱۰) ۱۹۶۸، بگت (۱۱) ۱۹۹۶) اما در بیابانهای گرم هیچ مکانیسم مناسبی برای تولید مقادیر زیاد سیلت ظاهراً نمی‌شود. نتیجه بحث بر روی وجود لس بیابانی، بر نقش مکانیسم‌های ژئومورفیک در تولید سیلت متمرکز شده است. به هر حال تعیین عوامل کنترل کننده تجمع نهشته‌های لسی ممکن است با شرایط محیطی که برای کشیده شدن، حمل و نهشته گذاری مناسب هستند ارتباط داشته باشند. به جای نقشی که اقلیم در ایجاد محیط‌های مساعد برای تولید سیلت بازی می‌کند. این مقاله موضوع لس بیابانی را از طریق ارائه خط سیرها بررسی می‌کند تا توالی فرضی حوادث دست اندرکار تشکیل نهشته‌های لسی قابل تشخیص را تشریح نماید. این خط سیرها سپس به صورت چارچوب‌هایی برای ساختن طرح احتمالی تشکیل نهشته‌های لسی چین مرکزی، مجارستان، نیجریه و تونس به کار برده می‌شود. این نگارش به موضوع لس بیابانی، فرضی را فراهم می‌آورد تا نقش بالقوه و روابط متقابل بین انواع مکانیسم‌های دست اندرکار تولید و حمل در تشکیل لس، بررسی شده و تشریح گردد. بعلاوه، توجه به نقش شرایط اقلیمی در هر مرحله از تشکیل نهشته لسی را نیز ممکن می‌سازد. همانطور که «گاردنر» (۱۲) و «رندل» (۱۳) (۱۹۹۴) خاطر نشان کرده‌اند، درک شرایط محیطی که تحت آن ذرات سیلت تشکیل شده‌اند از شرایطی که تحت آن مراحل انباشت لس رخ داده است، مهمتر نیست. اقلیم نقش مهمی را در تعیین وسعت و تأثیر تولید سیلت و فرایندهای حمل سیلت و متمرکز شدن سیلت بازی می‌کند.

### تولید سیلت کوارتز

کوارتز در سنگهای درونی و دگرگونی در اندازه متوسط تقریباً ۷۰۰ میکرون بسیار رایج است (لیوینگ استون و وارن (۱۴) ۱۹۹۶). به هر حال بطوری که به وسیله «بلت» (۱۵) نشان داده شده، اندازه متوسط کوارتز فرسایشی زمین در حدود ۶۰ میکرون تعیین شده است. در نتیجه بخش کوارتز فرسایشی در گردوغبار و نهشته‌های لسی، زمانی که بوسیله فرایندهای رسوبی از سنگ بستر بلورین رها می‌شوند به طور کلی یک کاهش بیش از ۹۰ درصد را تجربه کرده‌اند (بلت ۱۹۷۰). اختلاف بین اندازه کوارتز در سنگهای بلورین و نهشته‌های لسی تا اندازه‌ای جورشدگی را در طی حمل نشان می‌دهد. بلت (۱۹۸۷) معتقد بود که منشأ سیلت کوارتز و کوارتز هم اندازه رس در نهشته‌های رسوبی پیچیده بوده و شامل موارد زیر است: ۱) آزاد شدن ذرات ریز کوارتز، بطور مستقیم از سنگهای دگرگونی شده با درجه کم (۲) تولید کوارتز ریز بوسیله شکستگی ذرات درشت‌تر در طی هوازدگی و تشکیل خاک (۳) تولید آوارهای کوارتزی به علت برخورد ذرات در طی حمل (۴) تولید کوارتز در جازا در طی دیاژنرس (۵) بلوری شدن پوسته‌های ارگانیک‌های سیلیسی که در سنگهای ریزدانه نهشته می‌شدند.

مکانیسم‌های بادی و رودخانه‌ای می‌تواند مسئول تولید نسبت قابل توجهی از سیلت در کل جهان باشد. سرانجام مطالعه اخیر ژئوشیمیایی و ایزوتوپی نهشته‌های لسی بوسیله گالت<sup>(۳۰)</sup> و همکاران آشکار کرد که همه ذرات لس باید حداقل یک سیکل حمل آبی را تجربه کرده باشند و این که مناطق منشأ ذرات لس در معرض در جات متوسطی از هوازدگی شیمیایی قرار گرفته باشند. از این یافته‌ها آنهایی نتیجه گرفتند که اگر سایش یخچالی نقش مهمی را در تولید سیلت بازی کند سنگ بستر نمی‌تواند آذربین یا آذربین دگرگون شده باشد.

### خط سیرهای تشکیل نهشته‌های لسی

تاریخ یک نهشته لسی ممکن است نشان دهنده حوادث متوالی باشد. برای بسیاری از نهشته‌های لسی این پیچیدگی ممکن است شامل چندین مرحله حمل و نهشته گذاری باشد. به این ترتیب برای شناسایی مسیرهایی که مواد موجود در نهشته‌های لسی طی کرده‌اند، تفکیک، فهم، شناخت روابط متقابل و تشخیص اهمیت هر حادثه ضروری است. با این عمل، درک بهتری از چگونگی شکل‌گیری یک نهشته لسی خاص بدست می‌آید. گاردنر و رندل (۱۹۹۴) ادعا کردند که تشکیل یک نهشته لسی قابل تشخیص «یک سیکل بسیار ویژه‌ای را در سیستم رسوبگذاری زمین‌شناسی» نشان می‌دهد که آنان «سیکل لس» نام گذاشته‌اند.

در این سیکل، تولید سیلت تنها یکی از چندین عامل کنترل‌کننده در تشکیل لس می‌باشد. عوامل کنترل‌کننده کثیفه شدن ذرات ریز، حمل و نهشته گذاری در همه مراحل سیکل وجود دارند. در مجموع فعالیت تکتونیکی، توپوگرافی محلی و فعالیت انسانی هم در تعیین ماهیت و وسعت نهشته‌های لسی اهمیت دارند. اولین بار خط سیر یا توالی حوادث در تشکیل نهشته‌های لسی در مورد شکل‌گیری یک نهشته لسی اولیه با منشأ یخچالی بوسیله اسمالی پیشنهاد شد. (۱۹۹۶) (نگاره (۱))



نگاره (۱): حوادث در تشکیل یک نهشته لسی اولیه (اسمالی ۱۹۹۶)

تجربیات آزمایشگاهی موجب شدند که دیدگاه واحدی از موضوع مورد پذیرش قرار گیرد. نتایج این تجربیات ثابت کرده است که ممکن است تعدادی از مکانیسم‌های ژئومورفیکی به صورت بالقوه، توانایی کاهش اندازه کوارتز هم اندازه ماسه را به ذرات هم اندازه سیلت داشته باشد. تجربیات، شبیه‌سازی‌هایی از سایش یخچالی، خرد شدن ذرات بوسیله رودخانه، سایش بادی، هوازدگی یخبندانی و هوازدگی نمکی را شامل می‌شد. همه مکانیسم‌ها توانایی تولید سیلت کوارتز را تحت شرایط آزمایشگاهی پیدا کردند. در حقیقت در یک دوره کوتاه زمانی در عمل معلوم شد که مکانیسم‌های رودخانه‌ای و باد به طور بسیار مؤثری تولیدکننده سیلت هستند. بعلاوه، یافته‌های مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که در طی تجربیات شبیه‌سازی شده سایش یخچالی، خرد شدن ذرات محدود است. این مسئله نظریه مطرح شده بوسیله هالدرسون<sup>(۲۵)</sup> را تقویت می‌کند که ماسه و سیلت هر دو در نتیجه مقاومت نهایی خرد شدن یخچالی هستند. ذرات ماسه نشان دهنده یک بخش پایدار هستند که نسبت به کاهش بیشتر اندازه ذرات بوسیله سایش یا خردشدگی مقاوم هستند. اگر چه رایب و همکاران پی بردند که اهمیت نسبی مکانیسم تولید سیلت از نظر فضایی و زمانی در نتیجه تفاوت‌های اقلیمی، تاهمواری، زمین‌شناسی و تاریخ ژئومورفیکی تفاوت خواهد داشت. یافته‌هایشان به وضوح تأیید می‌کند که فقط فرایندهای یخچالی و هوازدگی سرد مسئول تولید ذرات ریز نیستند. مکانیسم‌های تولید سیلت می‌توانند در انواع محیطها عمل نمایند.

والی<sup>(۲۶)</sup>، ناهن<sup>(۲۷)</sup> و ترومیت<sup>(۲۸)</sup> و پی عقیده دارند که بسیاری از موادی که به صورت زیر یخچالی (یخرفت‌های رسوب شده در زیر توده‌های یخی) حمل شده‌اند ممکن است نشان دهنده انتقال دوباره مواد هوازده باشند. وجود سایرولیت‌ها در نواحی عرض‌های بالا این مسئله را تأیید می‌کند مثل شمال شرق اسکاتلند که عموماً فرض شده است، فرسایش یخچالی گسترده‌ای را در طی پلیستوسن تجربه کرده‌اند. بی‌اشری حتمی سیستم‌های یخچالی در تغییر زیر سطح زمین، بیشتر بوسیله مباحث ناسلاند<sup>(۲۹)</sup> (۱۹۹۷) که در مورد حفاظت لندفرم‌های زیر پهنه یخی شرق قطب جنوب است، آشکار می‌شود. این موضوع حاکی از آن است که در بسیاری از حالتها، فرسایش یخچالی تنها مسئول رگولیت‌هاست. در حقیقت ناهن و ترومیت نشان دادند که خرددهای زمانی و فضایی یخچالها و پهنه‌های یخی بسیار محدود هستند. بدین وسیله هم فضا و هم زمان، حجم کلی سیلت یافت شده در آثار زمین‌شناسی را توجیه می‌کنند. از طرف دیگر آنها سیلت فراوانی را در نیمیخ‌های هوازده واقع در مناطق حصارهای، استوایی و مدیترانه‌ای پیدا کرده‌اند. هوازدگی گروهی از مکانیسم‌های ژئومورفیک را که بوسیله مرزهای فضایی و زمانی محدود نشده‌اند را شامل می‌شوند.

دوره‌های یخچالی فقط مسئول انتقال دوباره نیمیخ‌های هوازده و سایر نهشته‌های سطحی پنداشته شده‌اند، که جورشدگی و تمرکز ذرات هم اندازه سیلت در آنها ناشی از سیستمهای آب ذوب رودخانه یخچالی است. به علاوه رایب و همکاران نتیجه گرفتند که هوازدگی با شرکت انتقالی

این رشته از خط سیرهای قابل فهم، حوادث تولید و حمل را از طریق خط سیرهای بسیار پیچیده بیان می‌کنند. (نگاره‌های ۳ و ۴) و خود مستلزم بر هم کنش انواع حوادث تولید سیلت، حوادث حمل و حوادث نهشته گذاری می‌باشند.

### تاریخ استفاده از نگرش خط سیرها در نهشته‌های لسی

بسیار بعید است که هر نهشته لسی بتواند بوسیله خط سیرهای ارائه شده در نگاره (۲) کاملاً تشریح شود. بیشتر نهشته‌های لسی همانطور که در خط سیرهای ارائه شده در نگاره‌های (۳ و ۴) توضیح داده شده است حوادث متنوع تولید سیلت، حمل و نهشته گذاری را شامل می‌شوند. این خط سیرها در واقع چارچوب عمومی و مفیدی را برای بازسازی تاریخ نهشته‌های لسی فراهم می‌کنند به طریقی که بتوان حوادث مهم و روابط متقابل بین این حوادث را شناسایی و درک کرد. به این ترتیب با بررسی کارایی این خط سیرها، تاریخ چهار نمونه از نهشته‌های لسی با استفاده از نگاره ۳ یا ۴ به عنوان یک چارچوب ساخته شد.

نهشته‌های لسی انتخاب شده‌ای که مورد بررسی قرار گرفته‌اند عبارتند از: (۱) چین مرکزی (۲) مجارستان (۳) نیجر به شمالی (۴) تونس. باید تأکید کرد که این طرح راهنما ساخته شده است تا پیچیدگی‌ها و روابط متقابل بین فرایندهای متنوع تولید و حمل سیلت در تشکیل نهشته‌های لسی قابل تشخیص را تشریح نماید.

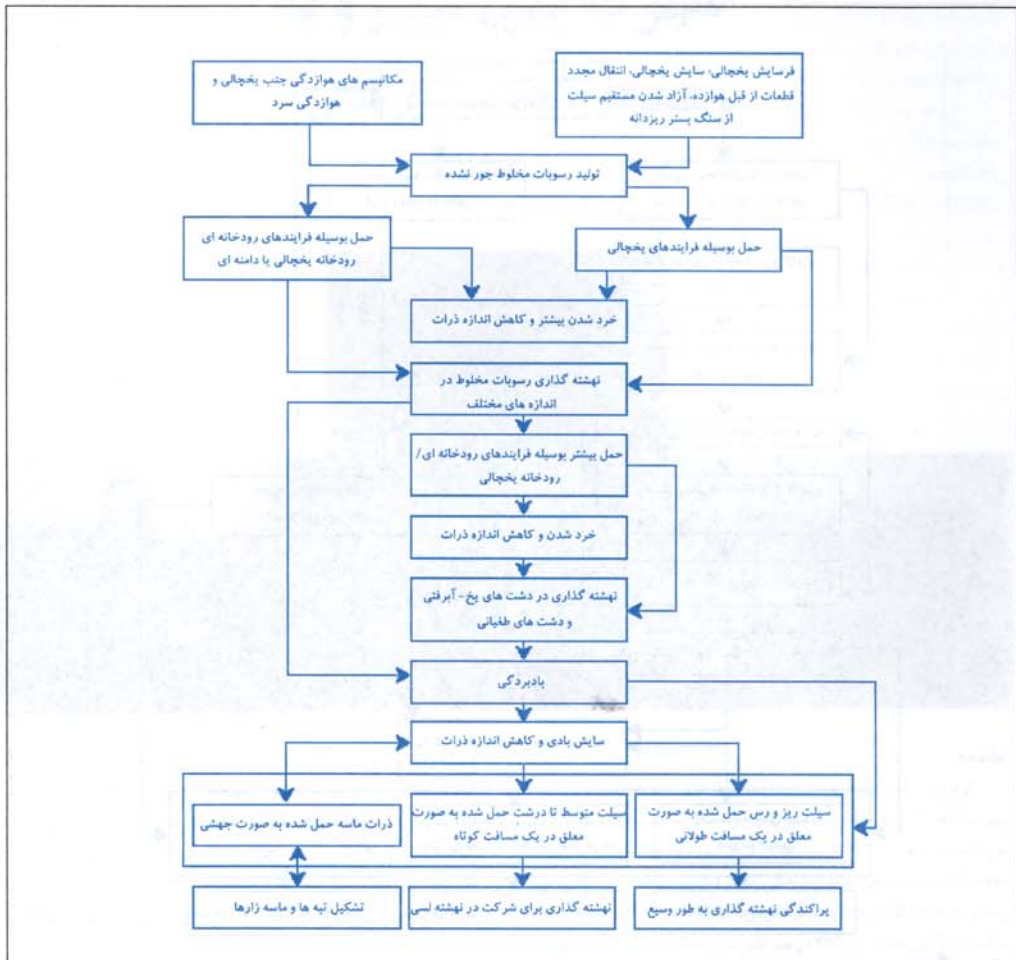
### مباحث و نتایج

مقایسه خط سیرهای رسوبی پیشنهاد شده، تشکیل نهشته‌های لسی چین و مجارستان را با سیستم فرضی ارائه شده در نگاره (۳) تشریح می‌نماید و همچنین مقایسه نهشته‌های لسی نیجر به و تونس با سیستم فرضی نگاره (۴) اثبات می‌کند که آنها شباهتهای مشترک زیادی دارند. بنابراین آن پیشنهاد می‌کند که این خط سیرهای فرضی یک چارچوب پایه‌ای مفیدی را برای حوادث تولید و حمل سیلت تشکیل شده در محیطهای مختلف طبیعی فراهم می‌آورد. استفاده از این چارچوب عمومی به شناسایی حوادث خاص و به درک روابط متقابل بین این حوادث متنوع کمک می‌کند. به هر حال، خط سیرهای ارائه شده برای تشکیل نهشته‌های لسی چین، مجارستان، نیجر به و تونس می‌توانند برای تشریح اینکه هر نهشته لسی نتیجه فیزیکی عملکرد یک سیستم پیچیده فرایند طبیعی است هم به کار رود. به عنوان یک نتیجه از این، اگر چه شباهتهای خاصی بین همه نهشته‌های لسی وجود دارد تفاوتی مهمی بین همه آنها وجود دارد. شاید برجسته‌ترین شباهت بین همه خط سیرهای رسوبی ارائه شده، نقش اصلی فرایندهای رودخانه‌ای در حمل و تمرکز سیلت‌ها به مقدار کافی در محلهای مستعد باد بردگی باشد. اهمیت سیستم‌های رودخانه‌ای در پراکندگی ذرات لس بوسیله اسمالی، اسمالی ولج<sup>(۳۲)</sup>، مک تائیش و پی شناخته شده است. طرح ارائه شده در این کار، ماهیت پلی ژنتیک، سیلت‌های کوارتزی موجود در بسیاری از نهشته‌های لسی را اثبات می‌کند.

از سال ۱۹۶۶ اسمالی این نگرش مرحله‌ای را در مورد نهشته‌های خاص مثل لس‌های برشوا،<sup>(۳۱)</sup> لس‌های کایسرسل<sup>(۳۲)</sup>، لس‌های تاشکنت<sup>(۳۳)</sup> و اخیراً لس‌های اندا به کار برده است. همه این خط سیرها به شرایط اقلیمی لازم برای تولید سیلت تمرکز نموده و منجر به جدایی تولید رسوب از حمل رسوب شده‌اند. به هر حال نتایج آزمایشگاهی انجام گرفته بوسیله رایت و همکاران همراه با شواهد میدانی به این مسئله دلالت دارد که ذرات سیلت کوارتزی می‌تواند بوسیله یک رشته از مکانیسم‌های ژئومورفیک که قابلیت عملکرد در محیطهای متنوع را دارند ایجاد شوند، که بسیاری از این محیطها، محیط حمل هستند. به علاوه، به طوری که در گذشته ذکر شده یافته‌های گالت و همکاران نشان می‌دهد که ذرات موجود در نهشته‌های لسی قبل از انباشته شدن به صورت لس، حداقل یک فاز حمل آبی را تجربه کرده‌اند. نتایج ارائه شده به وسیله رایت و همکاران با یافته‌های گالت و دیگران، ساختن یک سری خط سیرهای فرضی را برای تشریح توالی احتمالی حوادث دست اندرکار در تشکیل نهشته‌های لسی برانگیخت. (نگاره‌های ۴-۲)



نگاره (۲): چهارخط سیر احتمالی مهم برای تشکیل نهشته‌های لسی

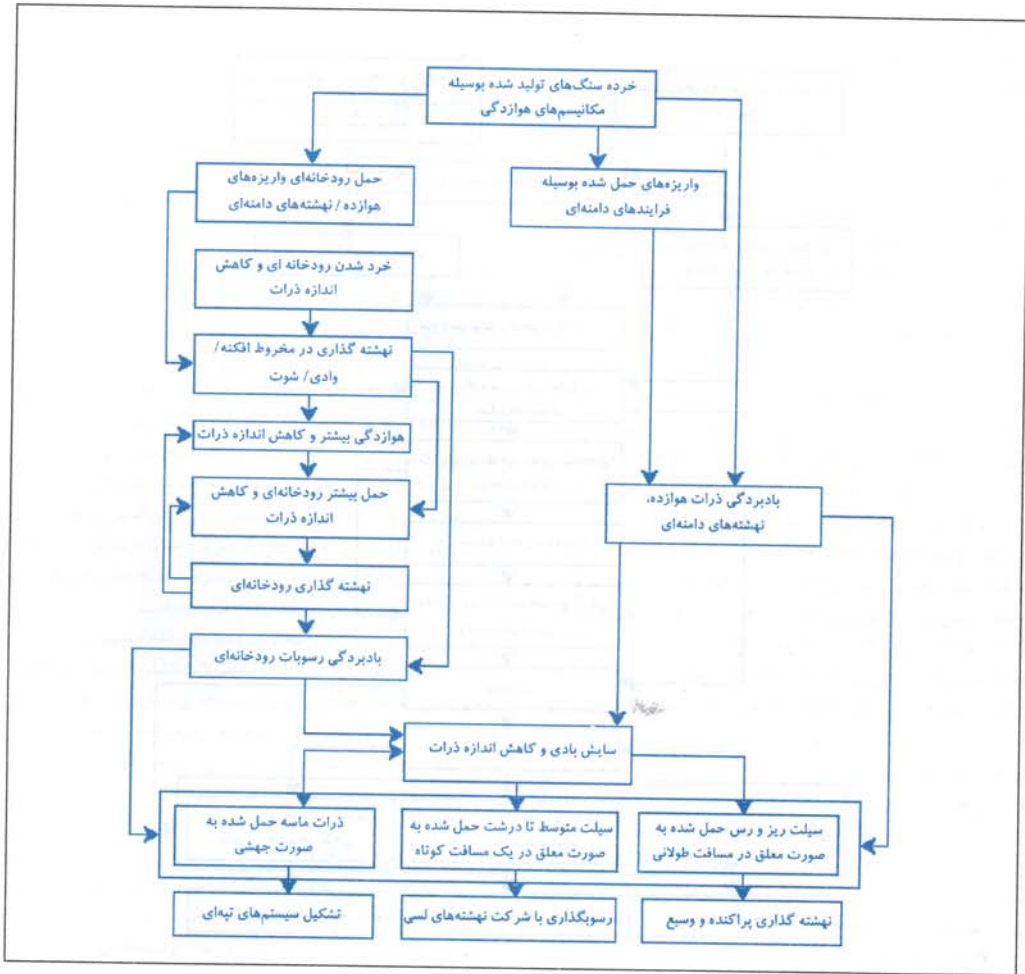


نگاره (۳): حوادث در تشکیل نهشته های لسی - یک خط سیر نظری برای تشریح تشکیل نهشته های لسی مربوط به محیط های سرد

اهمیت نسبی مکانیسم های تولید سیلت از ناحیه ای به ناحیه دیگر متفاوت بوده و بوسیله تأثیرات آب و هوایی، تغییر اقلیمی، لیتولوژی، تاریخ تنش و نقص ویژگیهای کوآرتز، ناهمواری و تاریخ ژئومورفیک ناحیه تعیین می شود. این مسئله مهم است که بدانیم که مکانیسم های مؤثر در تولید سیلت به تنهایی برای ایجاد تجمع وسیع لس کافی نیستند. همانطور که گاردنر و رندل نشان داده اند، تولید سیلت فقط یک مرحله از سیکل لس است. شرایط مناسب برای کشیده شدن ذرات، حمل و سپس نهشته گذاری، برای تشکیل

مکانیسم های ژئومورفیک مثل هوازدگی یخبندانی، هوازدگی نمکی، هوازدگی شیمیایی، سایش بادی، خرد شدن رودخانه ای و سایش یخچالی، همه نقش تولید سیلت را در جهان بازی می کنند.

بنسرای مثال تحلیل بافت سطحی ذرات سیلت از لس های در پهاسن<sup>(۳۵)</sup>، شواهدی را از خرد شدن یخچالی، هوازدگی، سایش بادی و رودخانه ای را آشکار ساخته است. هیچ توالی قطعی از حوادث وجود ندارد که بتواند همه نهشته های لسی را در سطح جهانی مورد مطالعه قرار دهد.



نگاره (۴): حوادث در تشکیل نهشته‌های لسی، یک خط سیر فرضی برای تشریح شکل‌گیری نهشته‌های لسی مربوط به محیط‌های گرم

نشان داده شد. شاید مشخص‌ترین ویژگی نهشته‌های لسی، برتری رسوب کوارتز در اندازه‌های ۶۰-۲۵ میکرون باشد. موضوع اصلی این مقاله حول توجه به این سؤال است که چه فرایندهای ژئومورفیکی، مسئول تولید مقادیر زیاد سیلت کوارتز موجود در نهشته‌های لسی و گردوغبارهای جهانی هستند؟<sup>۳۶</sup> طرح‌هایی ارائه شده‌اند تا نقش بالقوه انواع مکانیسم‌های تولید سیلت را در تشکیل نهشته‌های لسی قابل تشخیص تشریح نمایند. بسیاری از این مکانیسم‌ها در طی حوادث حمل رسوب عمل می‌کنند.

نهشته‌های لسی قابل تشخیص، حیاتی است. این شرایط بوسیله عوامل متنوعی شامل آب و هوا، تغییرات اقلیمی، فعالیت تکتونیکی و کوهزایی، پوشش گیاهی و توپوگرافی کنترل می‌شود. در حقیقت کار انجام شده بوسیله گوسنس (۳۶) پیشنهاد می‌کند که در یک مقیاس محلی، پراکندگی فضایی لس‌ها به شدت بوسیله توپوگرافی کنترل می‌شود. آنچه که امروزه مورد پذیرش قرار گرفته این است که سیلت موجود در بسیاری از نهشته‌های لسی از منابع چندگانه‌ای ناشی شده‌اند. اهمیت نسبی هر یک از این مکانیسم‌ها

به هر حال، تأثیر این مکانیسم‌ها به ترتیب هم بوسیله شرایط محیطی و هم بوسیله ویژگی‌های اولیه و تاریخ تنش ذرات کوآرتز تعیین می‌شود. تکنونیک گذشته و حوادث حمل، اثرشان را در ویژگی‌های ساختاری و ویژگی‌های مقاومتی بلورهای کوآرتز باقی خواهند گذاشت. اسمالی (۱۹۹۰) پیشنهاد کرد که کوآرتز موجود در سنگهای سپری شمال آمریکا و اروپای شمالی در شرایط تنشی مناسبی بودند تا ذرات هم اندازه سیلت بوسیله فرایندهای سایش یخچالی، به صورت نسبتاً راحتی رها شوند.

نقص‌های ریزساختاری در بلورهای کوآرتز بوسیله ریزبوس (۳۷) و واندروالس (۳۸)، موس و گرین (۳۹)، و متروین (۴۰) تشریح شده است. این ضعف‌ها یا شیرهای جانبی‌شده می‌توانند بوسیله انواع مکانیسم‌های ژئومورفیک مورد استفاده قرار بگیرند و تراکم توزیع شان در بلورهای کوآرتز هم، اندازه ذرات نتیجه شده را کنترل خواهد کرد. بنابراین این ساختارهای معیوب و تاریخ تنش بلورهای کوآرتز یک نقش کلیدی را در تعیین آسان و همچنین سرعتی را که سیلت تولید خواهد شد، بازی می‌کند. این مسئله ممکن است محدود خردشدن ذرات را که در طی شبیه سازی سایش یخچالی مشاهده شده را توضیح دهد. و همچنین پیشنهاد هالدرسن را که ماسه و سیلت هر دو محصول مقاومت نهایی خردشدن یخچالی هستند را تشریح نماید.

طرحهایی برای تشکیل لس‌ها در این کار ارائه شدند که می‌توانند به صورت پایه‌ای برای توجه بیشتر به این سؤال به کار برده شوند که آیا «لس‌های بیابانی» بیشتر فرضی هستند یا واقعی؟ این توجه ممکن است از دو زاویه مختلف نگریسته شود. اولاً خط سیرهای ساخته شده در اینجا، هم خط سیرهای فرضی و هم خط سیرهای که در مورد تشکیل نهشته‌های لسی چین، مجارستان، تونس و نیجریه به کار رفته‌اند توضیح می‌دهند که مکانیسم‌های غیر یخچالی ممکن است اهمیت بیشتری از فرایندهای یخچالی، در تولید سیلت کوآرتز داشته باشند. تجمع بسیار نازک نهشته‌های لسی پراکنده در بیابانهای جنب حاره‌ای گمان نمی‌شود ناشی از فقدان مکانیسم‌های تولید سیلت باشد مگر به واسطه ۱) گرادبان اقلیمی ملایم بین مناطق خشک و بسیار مرطوب (محیط دارای پوشش گیاهی بهتر) که می‌تواند به صورت یک تله غبار گیر عمل نماید. ۲) موقعیت نسبی تله‌های غبارگیر حوضه‌های اقیانوسی با نواحی منشأ گردوغبار. به علاوه به خاطر روند نهشته‌های لسی در بیابانهای جنب حاره‌ای که به صورت نازک، ناپیوسته و متناوباً با رسوبات دیگر مخلوط شده تجمع می‌یابند، مثل لس‌های محیطهای سردتر به راحتی قابل شناسایی نیستند.

این کار اثبات نموده است که حتی نهشته‌های یافت شده در نواحی جغرافیایی نزدیک به مناطق وسیع یخچالی پلیستوسن مثل لسهای مجارستان هم، مکانیسم‌های غیر یخچالی می‌توانستند مسئول تولید نسبت قابل توجهی از مواد سیلینی موجود در نهشته‌های لسی باشند. این بدین معنی است که نهشته‌های لسی غیر یخچالی ممکن است شایع‌تر از لس‌های یخچالی باشند. اگر این مسئله مورد قبول باشد ۱) حجم سیلت موجود در نهشته‌های لسی چین، ریشه در بیابانهای چین و آسیای مرکزی دارد.

۲) اصطلاح «لس بیابانی» می‌تواند با سیلینی به کار رود که با از محیط‌های گرم و یا از محیطهای سرد خشک منشأ گرفته است. پس لس «بیابانی» بیشتر یک نهشته واقعی است و می‌تواند عملاً در سطح جهانی، وسیع‌تر از لس‌های یخچالی باشد. به علاوه طرح‌های ارائه شده اثبات می‌کند که لس‌ها از عملکرد یک سری حوادث ژئومورفولوژیکی که بیشتر آنها در تولید ذرات شرکت می‌نمایند نتیجه می‌شوند. این بدین معنی است که کسانی مثل اسمالی و در بی‌شایر (۴۱) که ادعا داشتند «مکان منشأ ذرات، نوع لس را نامگذاری می‌کند» نامناسب است. اگرچه ممکن است تشخیص بین منشأ یخچالی و یک منشأ بیابانی با توصیف کردن محیطی که کشیده شدن بادی در آن رخ می‌دهد مطلوب باشد. وقتی که تلاش برای تعیین ویژگی‌های محیط منشأ ذرات صورت می‌گیرد، مسئله تا اندازه‌ای دچار مشکل می‌شود تشخیص بین نهشته‌های لسی بر اساس محیطی که بادرنگی در آن رخ می‌دهد می‌تواند نشان دهد که لس بیابانی به راستی یک نهشته واقعی و گسترده است.

شاید یک نگرش مفیدتر برای افزایش درک‌مان از تشکیل نهشته‌های لسی این بحث باشد که اگر به جای تعیین کردن مکانیسم‌های تولید سیلت، اصطلاح یخچالی به طور کلی به رژیم اقلیمی که تحت آن نهشته لسی شکل می‌گیرد، تفسیر شود پس لس می‌تواند به صورت یک محصول یخچالی باشد. بیشتر نهشته‌های لسی چند درجه از چینه بندی را که به صورت تناوبی از لایه لسی و خاک فسیل نشان می‌دهند وقتی شرایط محیطی کمتر موجب نهشته گذاری سیلت شوند خاک فسیل تشکیل می‌شود. بنابراین تفسیر توالی خاک فسیل در نهشته‌های لسی، اجازه می‌دهد که آنان با بطور وسیعی برای بازسازی دیرینه محیطی به کار روند. مطالعات اخیر به وسیله سایاگو (۴۲)، تسمپسون و ماسهر (۴۳)، بگت، دیرینگ (۴۴) و همکاران، دودنرف و بایگوزینا (۴۵)، جو (۴۶) و همکاران، دربی شایر و همکاران، دینگ (۴۷) و همکاران، این بازسازی دیرینه محیطی را شامل می‌شود.

بازسازی دیرینه محیطی توالی لس‌های مهم مثلاً در فلات لسی چین، تطابق زیادی را با سیکل‌های یخچالی یا بین یخچالی نشان می‌دهند. تولید سیلت و تجمع لس با شرایط سرد و خشک دوره یخچالی ارتباط دارد در حالی که واکنشهای خاکزایی برای تشکیل خاک فسیل در طی دوره‌های گرمتر و مرطوب‌تر بین یخچالی اتفاق می‌افتد. از واژگونی مغناطیسی گوس / ماتویاما مشخص شد که نهشته گذاری وسیع لسی در چین شمالی تقریباً ۲/۵ میلیون سال قبل شروع شد (جو و همکاران، دینگ و همکاران) که با آغاز یخچالهای وسیع در نیمکره شمالی همزمان بود. گمان می‌شود که سازماندهی مجدد چرخش اتمسفری در مقیاس کلان با شروع دوره یخچالی در نیمکره شمالی نسبتاً مرتبط بوده و از بالا آمدگی فلات تبت نتیجه می‌شد. در حقیقت مطالعات تطبیقی چینه نگاری لس - خاک فسیل نهشته‌های فلات لسی با آثار ایزوتوپ اکسیژن در بنای عمیق، یک انتظاری خوبی را بین این دو نشان می‌دهد. این احتمالاً ارتباط متقابل زیادی را بین تغییر اقلیمی کوآرتز در شرق آسیا و تاریخ یخچالی نیمکره شمالی نشان می‌دهد. بنابراین اگر اصطلاح «لس یخچالی»، شرایط اقلیمی را نشان دهد

که تحت آن بهسبه‌های بسی انباشته شده‌اند پس نهشته‌های وسیعی که در چین و آسیای مرکزی یافت شده‌اند کاملاً ویژگی «یخچالی» دارند.

در سه منطقه مطالعه شده باقی مانده، لس‌های مجارستان، نیجریه و تونس هم میزان نهشته‌گذاری سیلت و تشکیل لس در طی بزرگترین دوره‌های سرد پلیستوسن بود. در اروپا هم بادهای قوی‌تر مربوط به دوره‌های یخچالی بودند که با افزایش انتقال مجدد رسوب و ایجاد سطوح فعال ژئومورفولوژیکی، موجب نهشته‌گذاری بادی وسیع سیلت‌ها در سراسر اروپای غربی و مرکزی شدند. همانطور که در مورد نهشته‌های چین گفته شد بازسازی دیرینه محیطی توالی لس - خاک فسیل در لس‌های اروپا هم نشان داده است که سیلت‌ها در طی پیشرفت یخچالها انباشته شده‌اند درحالی‌که خاک‌آزایی در طی دوره‌های گرم‌تر رخ داده است. فینک و کوکلا<sup>(۲۸)</sup> معتقدند که تعدادی از نیم‌رخ‌های لس‌های اروپای مرکزی رخنه‌های حداقل ۱۷ سیکل یخچالی یا بین یخچالی را که در طی ۱/۷ میلیون سال گذشته اتفاق افتاده است ثبت کرده‌اند. همبستگی‌هایی نیز بین توالی لس - خاک فسیل اروپا و آثار دیرینه دمای دریای عمیق ساخته شده است. در ساحل آفریقا، جنوب صحرا دوره‌های یخچالی باعث ضعیف شدن سیستم بادی هارماتان شدند. اگرچه این مسئله فرسایش بادی را کاهش داد، اما زیاد شدن خشکی در طی این دوره‌ها به طور اساسی فرسایش پذیری سطح زمین و بتانسیل کشیده شدن ذرات را افزایش داد. در منطقه شمالی صحرائی آفریقا به طور کلی مورد پذیرش است که دوره حداکثر انباشت لس در نویس با حداکثر آخرین دوره یخچالی منطبق است. به هر حال تضادهایی وجود دارد که آیا شرایط محیطی که تحت آن لس‌ها نهشته شده‌اند یک دوره با افزایش رطوبت موجود بوده و یا این که یک دوره افزایش خشکی بوده است.

بازسازی دیرینه محیطی از سایر توالی‌های لس - خاک فسیل مثل آنهایی که در آسیای مرکزی، آرژانتین و آلاسکا پیدا شده‌اند نیز این الگوی عمومی تشکیل لس را در طی دوره‌های یخچالی و تشکیل خاک فسیل را در طی دوره‌های بین یخچالی آشکار می‌کند. این موضوع تشریح می‌کند که استفاده از اصطلاح «لس یخچالی» ممکن است اصطلاح مناسبی باشد برای تشخیص اینکه نهشته‌های لس، یک پدیده یخچالی هستند و به عنوان یک نتیجه از رژیم اقلیمی که به صورت گسترده‌ای در طی حداکثر دوره یخچالی عمل نموده، توسعه یافتند. با وجود این، سیلت موجود در این نهشته‌ها لزوماً بوسیله یخچالها و یا فرایندهای ژئومورفیکی آب و هوای سرد ایجاد نشده‌اند.

اگر این نگرش برای طبقه بندی لس‌ها مورد پذیرش باشد، اصطلاح «لس یبایانی» نمی‌تواند یک اصطلاح مناسب باشد و باید اصطلاح «لس بین یخچالی» جایگزین آن شود. این اصطلاح باید برای نشان دادن محدودیت بسیار فضایی تجمع لس به کار رود که در طی دوره‌های بین یخچالی به عنوان یک پاسخ به گسترش کمتر شرایط محیطی لازم برای تولید و یا حمل و تمرکز سیلت ادامه خواهد داشت.

تجمع لس‌های بین یخچالی عصر حاضر در مناطقی مثل آلاسکا مشاهده

شده است. این انباشت بطور پیوسته از پلیستوسن رخ داده است.

حالا موقع آن است که با طبقه بندی نهشته‌های لس بوسیله محیط منشأ ذرات سیلت با توجه به اهمیت محیطی، تکستونیک و عوامل ژئومورفولوژیکی در همه مراحل تشکیل توالی لس، این مشغله ذهنی را برطرف نمود. این مسئله باید اجازه درک بیشتر از نقش عوامل بالا را در کنترل تولید سیلت، کشیده شدن سیلت، حمل، تمرکز و انباشت به عنوان یک نهشته لس بدهد. برای درک کامل تشکیل نهشته‌های لس شناخت شرایط اقلیمی که تحت آن تولید سیلت رخ می‌دهد کافی نیست. زیرا نهشته‌های لس از ارتباط متقابل یک مجموعه کاملاً پیچیده محیطی، لیئولوژیکی، ژئومورفیکی و متغیرهای توپوگرافی نتیجه شده‌اند.

## پاورقی

- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| 1) Pathway                | 2) Glacial loess           |
| 3) Desert loess           | 4) Pesci                   |
| 5) Smalley                | 6) Obruchev                |
| 7) Tutkovskiy             | 8) Bryan                   |
| 9) Krinsley               | 10) Vita-Frinzi            |
| 11) Beget                 | 12) Gardner                |
| 13) Rendell               | 14) Livingstone and warren |
| 15) Blatt                 | 16) Norton                 |
| 17) Boulton               | 18) Penck                  |
| 19) Butler                | 20) Schutz                 |
| 21) Sarnthein and Koopman | 22) Pye                    |
| 23) Mc Tanish             | 24) Wright                 |
| 25) Haldorsen             | 26) Whalley                |
| 27) Nahon                 | 28) Trompette              |
| 29) Naslund               | 30) Gallet                 |
| 31) Beer sheva            | 32) Kaiserstuhl            |
| 33) Tashkent              | 34) Leach                  |
| 35) Dreihausen            | 36) Goossens               |
| 37) Riezebos              | 38) Van der waals          |
| 39) Moss and Green        | 40) Minervin               |
| 41) Derbyshire            | 42) Sayago                 |
| 43) Thompson and Maher    | 44) Dearing                |
| 45) Dodonov and Baiguzina | 46) Gu                     |
| 47) Ding                  | 48) Fink and Kukla         |