

# پالئوژئومورفولوژی\* (ژئومورفولوژی دیرینه)

ترجمه: محمدجعفر زمره‌بان - دانشگاه مشهد

قسمت اول

## مقدمه

شاخه‌ای از ژئومورفولوژی که تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته، مطالعه ناهمواریهای قدیمی زمین یا "پالئوژئومورفولوژی" می‌باشد. این بخش از ژئومورفولوژی می‌تواند در تجزیه و تحلیل تاریخ زمین از اهمیت فرایندهای برخوردار باشد. درست همانگونه که در جستجوی منابع جدید مینرال دارای اهمیت است. بسیاری از زمین‌شناسان، پالئوژئومورفولوژی را به عنوان بخشی از مطالعات گسترده خود لمس کرده و بویژه اهمیت آنرا به عنوان یکه وسیله اصلی در اکتشافات زمین‌شناسی شناخته‌اند.

مارش<sup>۱</sup> در سال ۱۹۶۶، ارزش پالئوژئومورفولوژی را جهت اکتشاف نفت در کانادای غربی به تفصیل نشان داد و در بحث بسیار جالب خود صرفاً "به چهره‌های ژئومورفولوژیکی مدفون اشاره کرده. در حالیکه این ناهمواریها تنها یکی از سه تیپ نسبتاً "عمومی اشکال پالئوژئومورفولوژیکی زمین می‌باشد. در تعریف پالئوژئومورفولوژی، تحت عنوان "مطالعه ناهمواریهای قدیم" فوراً<sup>۲</sup> با این سؤال روبرو می‌شویم که سن ناهمواریها چقدر بوده و بایستی چه مقدار پیر باشند تا در طبیعت به عنوان پالئوژئو-مورفیک شناخته شوند. تجزیه و تحلیل این سؤال ما را به این نتیجه می‌رساند که آنرا نمی‌توان در دوره‌های صرفاً "کمی و مقداری گنجانید. یک چهره توپوگرافی ممکن است میلیونها سال عمر داشته و دیگری فقط دارای چند هزار سال سن باشد و حال آنکه هر کدام می‌تواند در طبیعت کلاً<sup>۳</sup> در قالب "پالئومورفیک" قرار گیرد.

تشخیص ناهمواریهای جدید و قدیم از یکدیگر نمی‌تواند در دوره‌های با اختلاف سنی مطرح شود، اما در مورد اینکه آیا اشکال توپوگرافی، محصول فرآیندهای فعال عصر حاضر یا حاصل عملکرد پروسه‌های گذشته‌اند، می‌توان تا حدی مل نمود. بر این اساس ملا حظه خواهیم کرد چشم‌اندازهای پلیستوسن کاملاً<sup>۴</sup> به عنوان پالئوژئومورفیک<sup>۵</sup> معین و تعریف شده، ولو اینکه در بعضی حالات صرفاً "چند هزار سال سن داشته باشند. حقیقت امر این است که ناهمواریهای قدیم و بویژه ناهمواریهای پلیستوسن بوسیله فرآیندهای بعد پهنجالی<sup>۶</sup> تغییر یافته‌اند، اما صفات مشخصه آنها اساساً مربوط به پروسه‌هایی است که دارای عملکرد طولانی نبوده‌اند.

یک علم جنسی که بطور آشکار با پالئوژئومورفولوژی در ارتباط است، "پالئویدولوژی"<sup>۷</sup> (خاک شناسی دیرینه) و مطالعه علم خاکها بوده و درست همانطور که خاکهای جدید با پستی و بلندیها و پروسه‌های ژئومورفیک امروزی ارتباط نزدیکی دارند به همان نسبت خاکهای قدیمی با تاریخ چهره‌های پالئوژئومورفیک پیوند می‌خورند. همانگونه که می‌توان به نوع خاک قدیمی<sup>۸</sup> تشخیص داد (روهه<sup>۹</sup>، ۱۹۶۵)، به نوع پستی و بلندی پالئومورفیک نیز قابل تشخیص است که عبارتند از:

۱- ناهمواریهای پامرجا (باقیمانده)<sup>۸</sup>

۲- ناهمواریهای مدفون<sup>۹</sup>

۳- ناهمواریهای احیا شده (از خاک درآمده)<sup>۱۰</sup>

\* Palaeogeomorphology

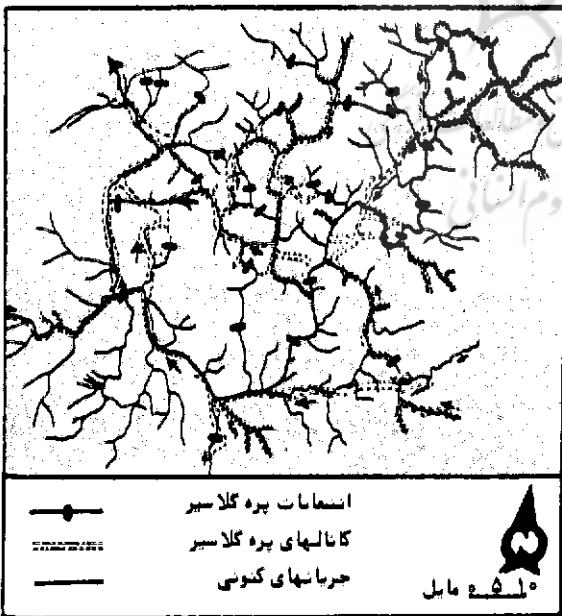
نیس فوقانی به گونه‌های تجزیه شده که یک بخش از رودخانه کنونی اوهایو را تشکیل داده است. بخشهایی از سیستم جریانی گذشته که به یکی از کانالهای جدید مرتبط شده در بسیاری از حالات مرز شاخه‌های جریانی قبلی را قطع می‌کنند.

شکل شماره ۱ که خطوط جریانی فعلی را با خطوط جریانی تشریری در بخشهایی از ویرجینیای غربی، اوهایو و کنتاکی مقایسه می‌کند، اختلاف فاحش بین جریانه‌ها و شاخه‌های قدیمی و جدید را نشان می‌دهد.

خطوط ساحلی ۲۸ متروک که سطوح قدیمی و پلیستوسن دریاچه‌های بزرگ ۲۹ را مشخص می‌کنند، خطوط ساحلی در کنار دریاچه‌هایی نظیر یون‌نوبل ۳۰ و لاهونتان ۳۱ در حوضه و ایالات رانگ ۳۲ و بسیاری از خطوط ساحلی مرتفع ۳۳ دریائی و دریاچه‌ای سراسر جهان نمونه‌های دیگری از چهره‌های توپوگرافی باقیمانده محسوب می‌گردند.

نمونه‌های دیگری از چهره‌های توپوگرافی باقیمانده عبارتند از: بقایای سطوح فرسایشی تشریری که در بسیاری از نقاط جهان به‌وضف درآمد و سابقاً در نزد اکثر ژئومورفولوژیست‌ها تحت عنوان پنه پلین ۳۴ و یا پدپلین ۳۵ شناخته شده بود. این یک حقیقتی است که پروسه‌های فرسایشی ۳۶ بطور مداوم بر روی این سطوح فعل کرده و بعضی از آنها بطور قابل توجهی نسبت به دوران سوم تغییر یافته‌اند. و اگر این موضوع درست باشد، آنها در حال حاضر سمتهایی از آن مناظر قدیمی را ارائه می‌دهند که تحت تاثیر

شکل شماره ۱. مقایسه جریانهای رودخانه‌های ماقبل یخحالی و کنونی (فلات آپالاسی).



پستی و بلندیهای باقیمانده یا بجا مانده آبنمایی هستند که یک چشم‌انداز ازلی ۱۱ را تشکیل داده و بر اثر مقاومت زیاد از نابودی یا تدفین رهایی یافته‌اند. نظیر قسمتهایی از اشکال توپوگرافی فعلی که از این نوع هستند. یعنی ناهمواریهای باقیمانده محصول عملکرد فرآیندهایی طولانی‌اند که در حال حاضر از عمل بازمانده‌اند نظیر مناطقی که برای یک بار به وسیله یخچالهای قاره‌ای ۱۲ پلیستوسن پوشانده شده و یا سرزمینهایی از آتشفشانهای ناحیه‌ای قدیمی مانند دکان ۱۳، پارانا ۱۴ و فلاتهای بازالنی کلمبیا ۱۵. بعضی دیگر نیز ممکن است حاصل فرآیندهایی باشند که کاملاً مستقر شده ولی تحت شرایط آب و هوایی یا کنترل کننده‌های سطح انسی ۱۶ غیر از زمان حاضر عمل کرده‌اند. نظریه‌ای نسبتاً افراطی در مورد اهمیت چشم‌اندازهای باقیمانده وجود دارد که به وسیله بودل (Bould) و بعضی دیگر حمایت می‌شود. آنها اکثر ناهمواریهای کنونی اروپا را به عنوان بقایایی از توپوگرافی پلیستوسن تصور می‌کنند که در اثنای دوره بعد یخحالی بطور گسترده‌ای دستکاری شده‌اند.

بقایای خطوط فرسایشی قدیمی در آفریقا و استرالیا که اکنون به وسیله نهرهای سخت شده ۱۷ پوشیده شده نمونه‌هایی از ناهمواریهای باقیمانده می‌باشند. همچنین رودخانه‌های سنگی غیرفعال ۱۸ و زمینهای قطعی ۱۹ که تحت شرایط آب و هوایی حسب یخحالی دور از مناطق یخبندان کنونی، شکل گرفته‌اند، از این مقوله‌اند. کدرا ۲۰ (۱۳۶۳) نمونه‌هایی از خطوط جریانی اواخر تشریری ۲۱ و پلیستوسن را در نشت صحرای مراکز ۲۲ الجرایر و لیبی که در نگیسهای هوایی بخوبی مشخص هستند، به وصف درآورده است. این سیستمهای جریانی باقیمانده، در توپوگرافی امروزی هم به‌صورت فعال و هم به‌صورت غیرفعال دیده می‌شوند. بعضی از آنها به صورت حوضی یا رشته‌های باریک یا ارتفاعی در حدود ۵۰ سانتیمتر تا چند متر پدیدار می‌گردند این حوضی که مشخص کننده دره‌های جریانی قدیمی‌اند، احتمالاً بقا و هستی خود را تا اندازه‌ای مرهون سیمایی شدن ۲۳ رسوبات بستر رودخانه نسبت به اطراف می‌باشند. خطوط جریانی باقیمانده که به صورت غیرفعال منحل‌اند توسط حالت جدا افتادگی ۲۴ و اندازه‌های بی‌تناهستان نسبت به جریانهای کنونی، مشخص می‌گردند، و به این ترتیب عملاً از سیستم‌های جریانی فعال امروزی متمایز می‌گردند.

بخشهایی از سیستم جریانی دره نیس ۲۵ اکنون به‌صورت مناظر باقیمانده در ناحیه فلاتی آپالاش در ویرجینیای غربی، اوهایو و کنتاکی خودنمایی می‌کنند. در اینجا قسمتهایی از دره متروک و قدیمی بر روی بستر دره کنونی به چشم می‌خورد، که به مدت نه‌چندان طولانی نقش راهبهای میان دره‌ای ۲۶ را ایفا نموده‌است. در اثنای یک یخبندان اولیه (احتمالاً کانزان ۲۷) سیستم جریانی

کنترل‌های سطح اساسی غیر از آنچه که امروز معمول است، شکل گرفتند و لذا با این تغییر می‌توان آنها را جزو اشکال باقیمانده ۳۷ دانست. مدافعان مفهوم تعادل دینامیکی ۳۸ احتمالاً آنها را به عنوان مناظر باقیمانده تصور نخواهند کرد بلکه آنها را محصول یک پیوستگی و تداوم فرسایش از دوران سوم می‌دانند. از یک نظر این تصور درست است اما اگر آنها نفوذ و تأثیر سطح اساس یا کنترل کننده‌های آب و هوایی ۳۹ قدیمی را منکس کنند، در این صورت بطور منطقی جزو اشکال باقیمانده به حساب می‌آیند.

### ناهمواریه‌های مدفون:

پستی و بلندی‌های دفن شده احتمالاً توجه بیشتری را نسبت به سایر ناهمواریهای پالئومورفیک جلب کرده‌اند، تا حدی که نام پالئوتوپوگرافی ۴۰ معمولاً ذهن را متوجه توپوگرافی دفن شده می‌کند. توپوگرافی دفن شده احتمالاً می‌تواند نسبت به اشکال باقیمانده یا اشکال از خاک درآمده (احیاء شده) اهمیت اقتصادی بیشتری داشته باشد. اما آن به این معنی نخواهد بود که تنها این ناهمواریها را پالئوتوپوگرافی بدانیم. "توپوگرافی مدفون ۴۱" آن دسته از اشکال فرسایشی و یا با منشأ رسوبگذاری را دربر می‌گیرد، که در زیر بعضی از انواع توده‌های پوششی ۴۲، دریاها و دریاچه‌ها، و یا رسوبات زمینی (خاکی) ۴۳ دفن گردیده و گالباً دست نخورده باقی مانده‌اند. یک چنین توپوگرافی دفن شده گاهی اوقات در امتداد، جوانب دره‌ها، برش جاده‌ها و یا در کانسنگها و معدن ۴۴ مشاهده می‌شود. اما این یک حالت استثنایی و فرمی بوده و برای تجزیه و تحلیل آن بایستی بطور گسترده‌ای از چاهها یا داده‌های ژئوفیزیکی استفاده نمود.

سطوح فرسایشی مدفون بطور کلی عبارتند از، آنهاست که در دره زمین‌شناسی، ناپیوستگیها یا دگرشیبیها ۴۵ را تشکیل می‌دهند. بعضی ممکن است به وسیله فرآیندهای دریایی و دریاچه‌ای ۴۶ تولید شده باشند، اما اکثر آنها دارای منشأ زمینی (بادی) ۴۷ هستند. کرامپین ۴۸ تعداد زیادی از نمونه‌هایی را که همراه با دگرشیبی هستند، فهرست کرده است بعضی از آنها که رایج‌تر است عبارتند از: چهره‌هایی نظیر سنگفرش‌های بیابانی (دشت ریگی) ۴۹، مناطق قشراکی ۵۰ و سایر انواع قشرهای سخت‌شده، پس مانده‌های چرت هوازده ۵۱ اکسید آهن و مناطق منگنیفرس ۵۲ (املاح آهن و منگنز) و قسمت‌های خلل و فرج دار در سنگهای آهکی، حوضچه‌های بی‌شماری از گاز و نفت با دگرشیبی‌ها همراه است، زیرا عمل هوازدگی در امتداد و زیر دگرشیبی، قابلیت نفوذ و خلل و فرج را برای تشکیل یک مخزن خوب ایجاد کرده و رسوب یک بستر غیرقابل نفوذ در بالای دگرشیبی آنها پوشانیده و منجر به ایجاد تله‌ای ۵۳ از هیدروکربن‌ها گردیده است. بسیاری از زمین‌شناسان تله‌های پالئومورفیک را یک نوع تله چینه‌شناسی تصور می‌کنند، اما مارتین ۵۴

(۱۹۶۶) ترجیح داده است آنها را یک تیب مجزا و جدا از تله‌های دیگر چینه‌شناسی (که به وسیله تغییر جانی ۵۵ رخساره‌های سنگی یا تله‌های ساختمانی حاصل از تغییر شکل سنگی تولید شده‌اند) به حساب آورد.

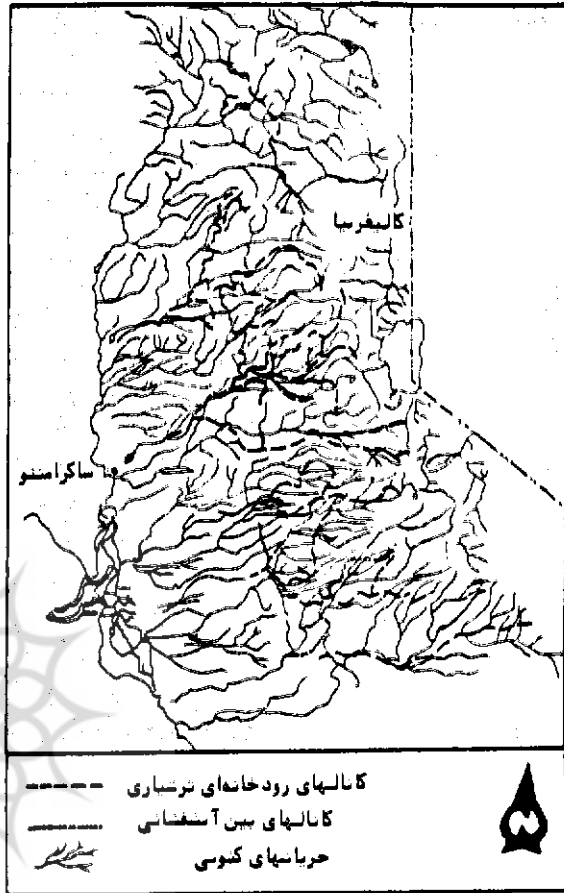
توپوگرافی یک سطح قدیمی ۵۶ که یک دگرشیبی را دربر می‌گیرد بطور قابل ملاحظه‌ای هم از نظر ناهمواری و هم از نظر شکل، گوناگون و متغیر می‌باشد. مارتین نشان داده است که پالئوتوپوگرافی واقع بر روی دامنه شمال شرقی حوضه ویلیستون ۵۷ در جنوب شرقی ساکاجوان ۵۸، جنوب غربی مانی‌توبا ۵۹ و شمال داکوتای شمالی، یک نمونه بارز از منظره گواستا گونه‌ای ۶۰ است که بر روی سنگهای عصر می‌سی‌سی‌پی ۶۱ گسترش یافته و توسط سنگهای تریاس پوشانده شده است. جایی که تمایل ۶۲ چینه فرمی ۶۳ مخزن لبه گواستای مدفون را قطع می‌کند، نفت در زیر دگرشیبی و پوش سنگ ۶۴ جمع شده است.

تله‌های مدفون پره کامپین بویژه در ناحیه میان قاره‌ای ۶۵ یا زمین‌های نفتی بی‌شماری همراه است. در اینجا در کوهستانهای معروف نماها ۶۶ (با حاشیه گرانیتی)، که از شمال شرقی نبراسکا و از میان کانزاس به طرف اوکلاهما به مقدار ۳۰۰ مایل گسترش می‌یابد، زمین‌های نفتی بی‌شماری وجود دارد. ساختمان حاوی یک تپه مدفون ممکن است نتیجه فشردگی متفاوت در رسوبات نهشته شده بالا و مجاور تپه بوده باشد و یا اینکه می‌تواند یک تله تولید شده در میان رسوبات یک بستر قابل نفوذ بر روی دامنه تپه‌ای که تمام آنها یک بستر غیرقابل نفوذ فراگرفته، باشد.

یکی از ابتدایی‌ترین و برجسته‌ترین مطالعات در برگیرنده پالئوژئومورفولوژی توسط لیندگرن ۶۷ (۱۹۱۱) در زمینه تجزیه و تحلیل ارتباطات موجود بین پلاسره‌های طلا ۶۸ با کانالهای رودخانه‌ای مدفون دوران سوم در سیرانواد امپرح شد. (شکل شماره ۲). در اینجا لازم است سه نوع سیستم دره‌ای مجزا و مشخص گردد که عبارتند از: دره‌های ماقبل آتشفشانی ۶۹ (احتمالاً مربوط به اوسن)، دره‌های بین آتشفشانی ۷۰ (مربوط به میوسن و پلیوسن) و دره‌های مابعد آتشفشانی ۷۱ (مربوط به دوران چهارم). اصولاً "پلاسره‌های طلا با دره‌های ماقبل آتشفشانی اوسن مرتبط هستند. شرایط آب و هوایی اوسن ظاهراً در طبیعت مداری (تروپیکال) بوده که به هوازگی عمیق شیمیایی و رها شدن مقادیر وسیعی از طلا به جریانهای رودخانه‌ای اوسن منتج می‌شده است. این دره‌های ماقبل آتشفشانی و بین آتشفشانی بعدها به وسیله انواع مواد آتشفشانی پر شدند.

کهن‌ترین سنگ آتشفشانی یک خاکستر ریولیتی است که کانالهای اوسن را پر کرده و برای تعیین هویت و تشخیص آنها بکار می‌رود. به دنبال نهشته شدن خاکستر ریولیتی یک توده از مواد آندزیتی که در نزد معدنچیان تحت عنوان "قلوه سنگهای صاف و فرسوده ۷۲"

شکل شماره ۳. ارتباط سیستم‌های جریان‌های کنونی و دره‌های مدفون  
ولگاسکی و سن ولگاسکی ترسیاری (سیرانوادا)



قسمت تحتانی دره نیس در اوهایو، ایندیانا و ایلینویز باشد. دره نیس از حوالی شیلی کوت<sup>۷۶</sup> اوهایو تا محل اتصالش با رودخانه مدفون جنب یخچالی می‌سی‌سی‌پی در ایلینویز مرکزی در زیررانه<sup>۷۷</sup> یخچالی که در بعضی نقاط ضخامت آن به ۴۰۰ پا می‌رسد، مدفون است. این دره پر شده<sup>۷۷</sup> هم تپیل‌های یخچالی و هم سنگریزه‌های فرسایشی را در بر می‌گیرد. این سنگریزه‌ها نیز ممکن است آکیرهای<sup>۷۸</sup> مهمی را تشکیل دهند.

نمونه‌های دیگری از دره‌های مدفون در زیر نهشته‌های یخچالی عبارتند از: قسمتی از دره جنب یخچالی می‌سی‌سی‌پی که از نزدیک کلینتون<sup>۷۹</sup>، آیروا تا بگسند<sup>۸۰</sup> کنونی در رودخانه ایلینویز و نزدیکی هنکوکس<sup>۸۱</sup> ایلینویز گسترش می‌یابد و نیز شمال شرق دره مدفون رودخانه جنب یخچالی میسوری در شمال غربی مونتانا شمال غربی داکوتای شمالی و جنوب غربی مانی‌توبا.

یک نمونه بارز و تا اندازه‌ای متفاوت، که به یخسندان پلیستوسن نیز مربوط است، دره‌ای است به طول ۷۰ مایل که در میان تنگه مگا<sup>۸۲</sup> ترورفته و سنگ بستر حوضه‌های میشیگان و هورون<sup>۸۳</sup> را به یک بگر مرتبط می‌سازد (استانلی ۱۹۴۸). این دره از فزار معلوم در اثنای یک سطح ایستایی پاشین<sup>۸۴</sup> در دریاچه مذکور در اثنای دوره هیسپی نرمال<sup>۸۵</sup> (حدود ۵ یا ۶ هزار سال قبل) حفر شده است.

چندین نمونه از آنچه که تحت عنوان کانالهای مدفون زیر دریایی معروف گردیده، ارائه شده است. یک کانال فرسایشی مربوط به ائوس میانی در ساندز<sup>۸۶</sup> ویلکوکس<sup>۸۷</sup> در نزدیکی بیواکوم<sup>۸۸</sup> لاواکا کانتی<sup>۸۹</sup> و نگراس شناخته شده است (هویت، ۱۹۵۹)<sup>۹۰</sup>. برعکس لیبولوژی ویلکوکس که ماسه‌ای است، این کانال به وسیله شیل سیلنی<sup>۹۱</sup> پر شده است. طول کانال مذکور بیش از ۵۰ مایل تشخیص داده شده است، حداکثر عرض آن ۱۰ مایل و حداکثر عمق آن نیز ۳۰۰۰ پا می‌باشد.

یک کانال مدفون مربوط به پالئوسن فوقانی، مشهور به کانال مگانوس<sup>۹۲</sup>، نیز در قسمت مرکزی دره ساگرامنتو<sup>۹۳</sup> در کالیفرنیا شناخته شده است (دیگاس<sup>۹۴</sup> و پاین<sup>۹۵</sup> ۱۹۶۷). طول این کانال ۵۰ مایل، عرض آن از ۳ تا ۶ مایل و بیشترین ضخامت شناخته شده رسوباتی که دره را پر کرده ۲۰۱۵ پا می‌باشد. کانال مذکور در سنگناهی که مربوط به دوره‌ای از اواخر کرتاسه تا پالئوسن است، حفر شده است. سنگناهی که کانال در آن حفر گردیده اصولاً "ماسه‌ای"<sup>۹۶</sup> بوده و حال آنکه مواد پرکننده کانال بطور وسیعی از شیل می‌باشد.

یک کانال مدفون دیگر، که گمان می‌رود یک کانال پر شده زیر دریایی می‌باشد کانال روزدال<sup>۹۷</sup> در غرب بیگز فیلد<sup>۹۸</sup> کالیفرنیا می‌باشد (مارتین ۱۹۶۳). این دره در شیل‌های فروت دال<sup>۹۹</sup> مربوط به اواخر میوسن حفر شده و تماماً "به وسیله ماسه‌ای که به نظر

معروف است، دره‌های ائوسن و حتی حواشی میانی<sup>۱۰۳</sup> را دفن کرده است. در اثنای دوره میوسن و پلیوسن یک سیستم دره‌ای جدید توسعه یافت که لزوماً با دره‌های مدفون ائوسن ارتباطی ندارند. جریانهای لاوا در بیشتر دره‌های میوسن - پلیوسن به طرف پاشین گسترش یافته و در بعضی نقاط، نظیر کوهستان تپیل<sup>۱۰۴</sup> به صورت لبه‌هایی پابرجا یک شکل خالص از انعکاس توپوگرافی را ارائه می‌دهد. اکثر پلاسرهای طلا در دره‌های ائوسن مدفون می‌باشد، اما گاهی مقدار جزئی طلا ممکن است در یک دره بین آتشفشانی جایی که این دره یک دره ائوسن را قطع کرده و طلای آنرا فراهم نموده پیدا شود.

دره‌های مدفون معمولاً در نواحی یخسندان فاره‌ای پلیستوسن، بویژه آنجا که روانه‌های سطحی<sup>۱۰۵</sup> در دره ایلینویز یا ویسکونسن وجود داشته، قرار دارند. شاید مشهورترین این دره‌های مدفون

- 1- Martin.
- 2- Paleomorphie.
- 3- Paleogeomorphie.
- 4- Postglacial.
- 5- Paleopedology.
- 6- Paleosoils.
- 7- Ruhe.
- 8- Relict Landforms.
- 9- Buried Landforms.
- 10- Exhumed Landforms.
- 11- Preexisting Landscape.
- 12- Continental Glaciers.
- 13- Deccan.
- 14- Parana.
- 15- Columbia Basaltic Plateaus.
- 16- Base Level Controls.
- 17- Duricrusts.
- 18- Inactive Stone Rivers.
- 19- Block Field.
- 20- Condra.
- 21- Late Tertiary.
- 22- Sahara Desert.
- 23- Cementation.
- 24- Fragmental Preservation.
- 25- Teays.
- 26- Through Valleyways.
- 27- Kansan.
- 28- Strand.
- 29- Great Lakes.
- 30- Bonneville.
- 31- Lahontan.
- 32- Basin and Range Province.
- 33- High-Level.
- 34- Peneplain.
- 35- Pediplain.
- 36- Gradational.
- 37- Relict Forms.
- 38- Dynamic Equilibrium.
- 39- Climatic Controls.
- 40- Paleotopography.

ماترین ویژگیهای یک نهبشته گلآلود و درهم و برهم ۱۰۰ را دارد، پر شده است. کارستهای قدیمی ۱۰۱ مدفون، یک نمونه بارز و عمده از مخازن نفت و گاز را ارائه می‌دهد و احتمالاً "منشاء اکثر منابع نفت و گاز سنگهای آهکی (کربناته) می‌باشد. یک نمونه عالی در کارستهای پروسا ۱۰۲ واقع در ایالت بارتون ۱۰۳ و کانزاس می‌باشد (والترز ۱۰۴، ۱۹۳۶ و والترز و پرایس ۱۰۵ ۱۹۳۸). در اینجا توپوگرافی مدفون مربوط به اوایل پنسیلوانین ۱۰۶ شامل پنج تپه پست از جنس کوارتزیت پره کامبرین، یک دشت کارستی گسترش یافته بر روی دولومیت آربوگل کامبرو - اردوووسین ۱۰۷ و یک کمربند شیلی واقع بر روی سازند سیمسون ۱۰۸ (مربوط به اوایل اردوووسین) می‌شود. توپوگرافی کارست در اثنای یک دوره فرسایشی در اوایل عصر می‌سی‌سی‌پی توسعه و تکامل خود را آغاز کرده و به طرف اوایل پنسیلوانین گسترش یافته و از آن پس به اندازه ۳۰۰۰ پا در زیر رسوبات پنسیلوانین، پرمین و کرتاسه مدفون گردیده است. چهره‌های کارست عبارتند از دره‌های کارستی یا انحلالی ۱۰۹ چاله‌های دره‌ای شکل ۱۱۰ (زه آبهای دره‌ای)، و چاله‌های فروافتاده ۱۱۱. دره‌های انحلالی در امتداد نقطه تماس کوارتزیت پره کامبرین و دولومیت آربوگل دیده می‌شود و چاله‌های خندقی شکلی ۱۱۲ راکه تپه‌های پره کامبرین را احاطه کرده تشکیل داده است، چاله‌های فروافتاده که ۱۰ تا ۶۰ پا عمق دارند از مشخصه‌های دشت کارستی به حساب می‌آیند. بیشتر آنها رسوبات فرمز رنگ غیرآهکی (غیرکربناته) را که احتمالاً از دولومیت آربوگل منشاء گرفته (شبه پدیده "تزاروزا" ۱۱۳ در نواحی عمده کارست ایالت متحده شرقی) در بر دارند.

آنچه که تحت عنوان "آلبیون اسکیمیوتزند ۱۱۴" معروف است عبارت از یک گروه حوضه‌های نفتی زنجیره‌ای شکل می‌باشد که بیشتر از ۳۰ مایل در جهت شمال غربی در مرکز و جنوب میشیگان گسترش یافته است. یک چاله خطی نیز با عمق ۳۰ پا در امتداد طول یک جریان توسعه یافته است. رونی ۱۱۵ (۱۹۶۶) معتقد بود که این چاله نتیجه فروریختن ۱۶ قسمت رومی یک شبکه از کانالهای انحلالی در سازند ترنتون ۱۱۷ (مربوط به اردوووسین) می‌باشد و خلل و فرج موجود در امتداد "آلبیون اسکیمیوتزند" اصولاً مربوط به کانالهای انحلالی فراوان در ترنتون می‌شود.

نمونه دیگری از کارست مدفون بر روی دامنه‌های شمالی و غربی کنبد اوارک ۱۱۸ دیده می‌شود. در اینجا بیشتر از ۱۰۰۰ حفره انحلالی مدفون به وسیله رس، شیل، ماسه سنگ، زغال سنگ و میرالهای از قبیل همانیت، پیریت، سرب، باریت و اسفالریت پر شده است (برنتز ۱۱۹، ۱۹۵۰). در این محل سه نوع چهره انحلالی حضور دارند، حفره‌های معمولی ۱۲۰، چاله‌های حاصل از فروریختگی سقف مارها، و آنهایی که ناشی از انحلال رسوبات بجدی همراه با سوبسیدانس آرام توده پوششی می‌باشد ادامه دارد.



79- Clinton.  
 80- Big Bend.  
 81- Hennequin.  
 82- Mackinac Straits.  
 83- Huron.  
 84- Low-Water Stand.  
 85- Hypsithermal.  
 86- Formation.  
 87- Wilcox.  
 88- Yoakum.  
 89- Lavaca County.  
 90- Hoyt.  
 91- Silty Shale.  
 92- Meganos.  
 93- Sacramento.  
 94- Dickas.  
 95- Payne.  
 96- Arenaceous.  
 97- Rosedale.  
 98- Bakersfield.  
 99- Fruitdale Shale.  
 100- Turbidite.  
 101- Paleo-Karst.  
 102- Karst-Prusa.  
 103- Barton.  
 104- Walters.  
 105- Price.  
 106- Early Pennsylvanian.  
 107- Cambro-Ordovician Arbuckle Dolomite.  
 108- Simpson.  
 109- Solution or Karst Valleys.  
 110- Valley Sinks.  
 111- Sinkholes.  
 112- Moat-Like Depression.  
 113- "Terrarosa".  
 114- Albion-Scipio Trend.  
 115- Rooney.  
 116- Collapse.  
 117- Trenton.  
 118- Ozark Dome.  
 119- Bretz.  
 120- Ordinary Sinkholes.

41- Buried Topography.  
 42- Covermass.  
 43- Terrestrial.  
 44- Quarries.  
 45- Unconformity.  
 46- Marine.  
 47- Subaerial.  
 48- Krumbein.  
 49- Lag-Gravel.  
 50- Caliche Zones.  
 51- Weathered Chert Residue.  
 52- Manganiferous.  
 53- Entrapment.  
 54- Martin.  
 55- Lateral Change.  
 56- Paleo-Surface.  
 57- Williston.  
 58- Saskatchewan.  
 59- Manitoba.  
 60- Cuestiform.  
 61- Mississippian Age.  
 62- Trend.  
 63- Subcrop.  
 64- Caprock.  
 65- Mid-Continent.  
 66- Nemaha.  
 67- Lindgren.  
 68- Gold Placer.  
 69- Prevolcanic Valleys.  
 70- Intervolcanic Valleys.  
 71- Pastvolcanic  
 72- Cobble Wash.  
 73- Intervening Ridges.  
 74- Table.  
 75- Surficial Drift.  
 76- Chillicothe.  
 77- Valley Fill.  
 78- A Quifers.

۴۱- عبارت است از تشکیلات تخریبی بیامانی که مواد زیر آنها به وسیله باد حمل شده و سنگریزه‌ها و قطعات درشت تریائی مانده است (م).  
 ۵۰- عبارت است از سنگی متشکل از مواد تخریبی ناپیوسته که به وسیله رسوبات منخلخل آهکی به هم چسبیده و با به صورت پوسته‌های ضخیم در بیاید. به این چیده عروسک آهکی هم گفته می‌شود (م).



سفره‌های آب زیرزمینی