

«ژئومرفولوژی یخچال‌های علم‌کوه»

دکتر مجتبی یمانی - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تهران*

پذیرش مقاله: ۸۰/۱۱/۸

چکیده

یکی از مهمترین موارد اقلیمی دوران چهارم در ارتفاعات ایران، ژئومرفولوژی یخچالی و آثار یخچال‌های آن دوران بشمار می‌رود. در این میان یخچال‌های علم‌کوه به عنوان مهمترین یخچال‌های منطقه با بیش از ۱۴ زبانه کوچک و بزرگ که آثار فعالیت و حیات در آنها بخوبی دیده می‌شود، تنها بازمانده آن یخچال‌ها است. مطالعات پراکنده‌ای در یک قرن اخیر از سوی محققین ایرانی و خارجی بر روی این یخچال‌ها صورت گرفته ولی با این وجود تا امروز گزارش جامعی که خصوصیات ژئومرفولوژیک و مرفودینامیک یخچال‌های مذکور را بیان و تفسیر نماید، تدوین نشده است. بویژه آنکه حدود گسترش این یخچال‌ها در منابع مختلف یکسان نیست و نظریه قاطعی در مورد حدود فعلی و حدود گسترش آنها در آخرین دوره یخچالی، وجود نداشته و اختلاف نظرها بسیار است. در راستای این هدف، در مقاله حاضر سعی بر آن است که ضمن تفسیر و تحلیل اشکال مرفولوژی یخچالی در ارتفاعات علم‌کوه، حدود گسترش زبانه‌های یخچالی را در حال حاضر و در آخرین دوره یخچالی تعیین نماید. روش تحقیق مبتنی بر انجام کارهای میدانی و مشاهدات مستقیم روی زمین بوده است. نتایج نشان می‌دهند که یخچال‌های علم‌کوه تحت تاثیر افزایش دمای دوران حاضر، در حال تحلیل و ذوب تدریجی است و هسته‌های یخی موجود، باقی مانده دوره‌های یخچالی گذشته است. تغذیه ناچیز یخچال‌ها از طریق ریزش بهمن‌ها در انتهای سیرکهای یخچالی، برای تغذیه آنها کافی نیست، لیکن هنوز آثار و شواهد حیات، در حرکت زبانه‌ها کاملاً مشهود است.

واژگان کلیدی: یخچال، علم‌کوه، البرز، تخت سلیمان، ژئومرفولوژی یخچالی، الموت، فرسایش یخچالی، یخچال‌های

ایران، یخچال کوهستانی

مقدمه

پراکندگی زیاد سیرکهای یخچالی در ارتفاعات، انباشتهای یخرفتی در دره‌ها و نواحی پیشکوهی کوههای بلند ایران، وجود آبرفت‌های رودخانه‌ای ضخیم، پراکندگی پادگانه‌های رودخانه‌ای و دریاچه‌ای و نظایر آن بعنوان نمونه‌ای از

نشانه‌های متعدد نوسانات اقلیمی در دوران چهارم زمین‌شناسی (پلیوستوسن - هولوسن) می‌باشند. نظریات متعددی برای اثبات وجود دوره‌های اقلیمی گذشته از سوی محققین زیادی ارائه گردیده است. در این میان قوی‌ترین نظریات متعلق به هانس بوبک (۱۹۵۵) می‌باشد. وی براساس شواهد ژئومرفولوژیکی، گیاه‌شناسی و نیز نظریات جغرافیای اقلیمی و هواشناسی بر این عقیده است که به هنگام آخرین دوره سرد، هوایی خشک تر، لیکن با میانگین دمایی ۳ تا ۴ درجه سانتیگراد کمتر از امروز در فلات ایران حاکم بوده است.

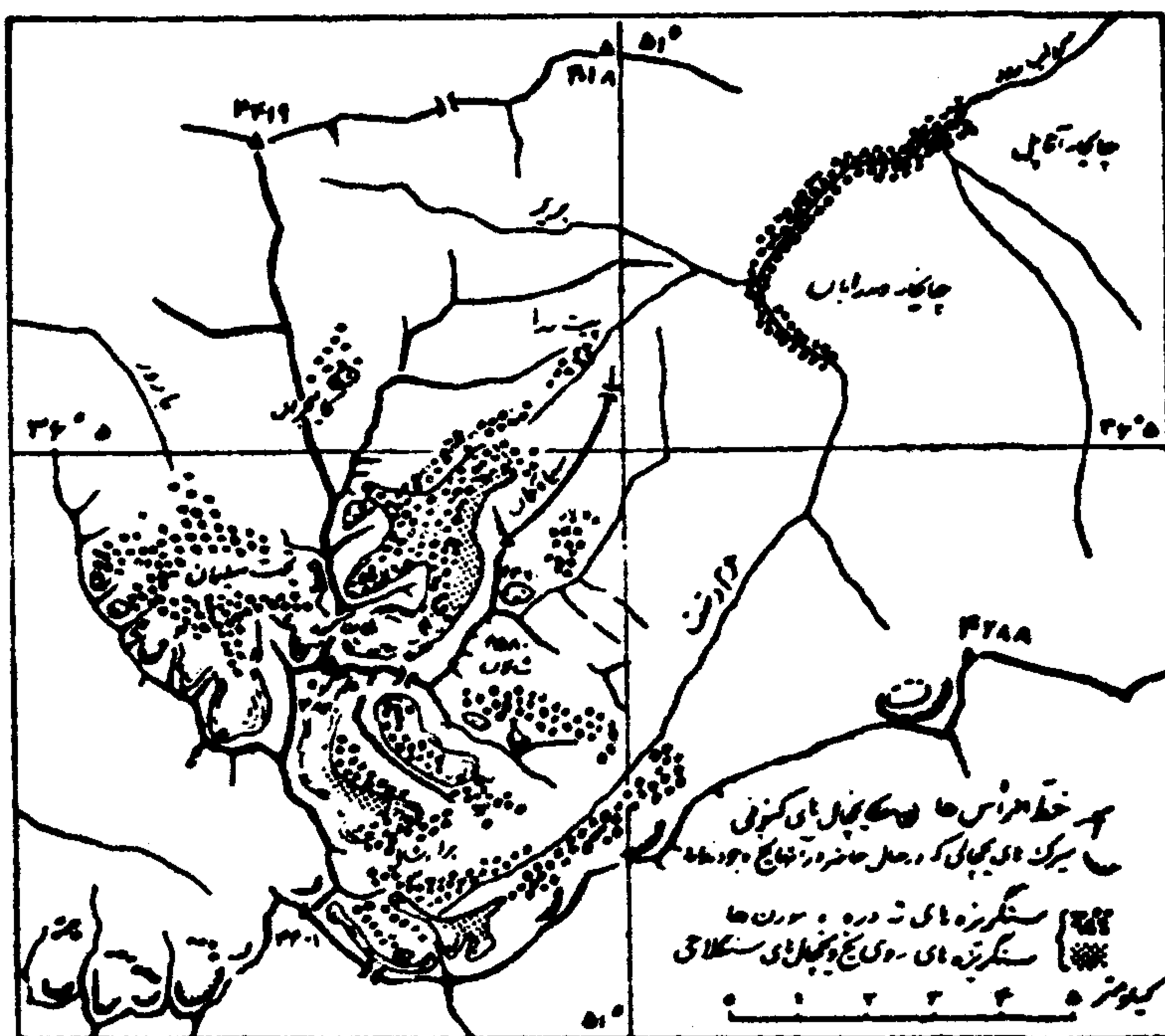
یخچال‌های کنونی ایران و مهمترین آنها، یخچال‌های علم کوه که تنها یخچال‌های فعال ایران بشمار می‌روند، تحت تأثیر شرایط اقلیمی سرد در دوره‌های یخچالی دوران چهارم تشکیل شده‌اند. آنچه مهم است، فرآیندهای فرسایشی یخچال‌های مذکور در ارتفاعات علم کوه و تخت سلیمان، اشکال مرفولوژی قابل اهمیتی را ایجاد کرده‌اند که تا کنون مطالعه و بررسی جامعی بر روی این اشکال صورت نگرفته است. این مقاله نتیجه یک کار میدانی است که طی آن، ضمن بررسی اشکال مرفولوژی موجود که علیرغم زیبایی و اعجاب‌انگیز بودن، در نوع خود در پهنه ایران بی نظیر می‌باشند، سعی گردیده است که حدود گسترش یخچال‌های این منطقه در حال حاضر و نیز در آخرین دوره از دوره‌های یخچالی شناسایی گردد. از عمده‌ترین مشکلات موجود، عدم وجود امکانات کافی برای انتقال تجهیزات، صعب‌العبور بودن منطقه و محدودیت فصلی بوده است.

پیشینه و سابقه تحقیق

آثار مرفولوژیکی یخبندان‌های دوره کواترنری در ایران حداقل از اواخر قرن ۱۹ شناخته شده است. برای مثال ژاک دومرگان^(۱) (۱۸۹۰) در توصیف از وضع طبیعی لرستان از سیرک یخچال قدیمی اشتران کوه در ارتفاع ۳۸۰۰ متری و سیرک دیگری در قلیان کوه در ارتفاع ۲۴۴۰ متر نام برده است. بعد از آن نیز گزارشهای دیگری از یخچال‌های البرز، بویژه یخچال‌های علم کوه و تخت سلیمان توسط محققین دیگر انجام پذیرفته است. این گزارشها عموماً شرح عمومی یخچال‌های مذکور بوده است. در این میان نیز تعدادی از گروههای کوهنوردی و مکتشفین از کشورهای مختلف از جمله کشورهای آلمان، فرانسه، انگلیس و غیره برای فتح قله علم کوه به این منطقه مسافرت نموده‌اند؛ به گونه‌ای که در حال حاضر اسم بعضی از مسیرها و قله‌ها مأخوذ از آنان است، نظیر «گرده آلمانها» که مسیری است در روی یک یال پرشیب و قله «شانه کوه و میان سه چال» را به قله علم کوه مرتبط می‌نماید. این مسیر یکی از مسیرهای صعود در دامنه شمالی علم کوه محسوب می‌گردد. در سیرک علم چال بر روی یک قطعه یخرفت، سنگ نوشته‌ای وجود دارد که در سال ۱۹۵۶ توسط یک گروه از کوهنوردان فرانسوی^(۲) حکاکی شده است. کاملترین مطالعات انجام گرفته متعلق به هانس بوبک (۱۹۵۵) و ژان درش (۱۹۵۵) می‌باشد. اولین نقشه‌های تهیه شده از یخچال‌های علم کوه و تخت سلیمان نیز متعلق به این دو نفر است (شکل شماره ۱). این دو طی یک مسافرت از طریق کلاردشت و روستای رودبارک و در مسیر رودخانه سردابروود به قله علم کوه رفته‌اند و نقشه مذکور از طریق مشاهدات روی زمین، نقشه‌های توپوگرافی و اطلاعات پیشین ترسیم شده است و شاید همین نقشه مبنای اصلی ارائه نظریات مربوط به دوره‌های بارانی و دوره‌های یخچالی قرار گرفته و توسط این محققین در مورد تحولات اقلیمی دوره کواترنری در ایران بیان شده است. قبل از این دو نفر نیز در سال

۱۹۰۲ بورن مولر^(۱) توانسته بود از دامنه جنوبی توده کوهستانی علم کوه عبور نماید. این همان مسیری است که در سال ۱۹۵۵ توسط بوبک و بوسک^(۲) از طریق دامنه شمالی و عبور از علم کوه طی شده است. در سال ۱۹۳۶ دو نفر آلمانی بنام‌های اشتاین اور^(۳) و گورتر^(۴) به تخت سلیمان و برجستگی باریکی که در جبهه شمالی علم کوه قرار دارد، صعود کرده‌اند (این برجستگی احتمالاً همان گرده آلمانها است). پس از آن و بویژه در سالهای اخیر با احداث دو پناهگاه در دامنه شمالی، گروه‌های کوهنورد ایرانی و خارجی بطور مکرر از این قله و ارتفاعات مجاور با اهداف متفاوت صعود می‌نمایند.

شکل ۱- مرفولوژی ماسیف علم کوه از هانس بوبک (۱۹۵۵)



چارچوب تحقیق و روش کار

بازمانده یکی از مهمترین یخچال‌های کوهستانی از گستره یخچال‌های دوران چهارم زمین شناسی در پهنه ایران، یخچال‌های علم کوه است. هدف اصلی این تحقیق معرفی یخچال‌های علم کوه از دیدگاه ژئومرفولوژی به عنوان یکی از مهمترین یخچال‌های ایران و تعیین حدود گسترش آن در حال حاضر و نیز در آخرین دوره از دوران یخچالی ایران (دوره یخچالی وورم) می‌باشد. علاوه بر این سعی شده است تا ضمن معرفی اشکال ویژه مرفولوژی یخچالی، از طریق نقشه‌های ژئومرفولوژی و توپوگرافی با مقیاس بزرگ، موقعیت، وسعت و حدود آنها تعیین گردد. برای بررسی ژئومرفولوژی یخچالی علم کوه، مراحل زیر بصورت پیوسته انجام گرفته است. - ابتدا گردآوری مطالعات پیشین و دست یافته‌های محققین قبلی و نیز تجزیه و تحلیل اطلاعات زمین شناسی منطقه از طریق نقشه‌ها و گزارشهای زمین شناسی منطقه انجام شده است.

1- J. et A. Born muller (1902).

2- D.L. Busk (1955).

3- L. Steinaur (1936).

4- Gorter (1936).

- بخش عمده‌ای از نتایج کار با استناد به مطالعات و کار میدانی بوده است که در طی کار میدانی از نقشه‌های توپوگرافی به عنوان ابزار اصلی تحقیق برای تعیین حدود و موقعیتها و همچنین انطباق داده‌های توپوگرافی با زمین شناسی استفاده شده است. برای اندازه‌گیریها از دستگاه GPS، برای تعیین مختصات نقاط و ارتفاع و همچنین برای صحت و کنترل ارقام ارتفاعی از دستگاه آلتیتر که بر روی بنج مارک (B.M) دانشگاه تنظیم شده، استفاده گردیده است. از تصاویر و عکسهای هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی مربوط به سالهای ۱۳۴۴ که دارای پوشش و دید استرئوسکوپیک می‌باشند، برای انتقال اطلاعات مرفومتري و حدود اشکال یخچالی به روی نقشه توپوگرافی استفاده شده است. از نقشه توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با فاصله منحنی تراز ۲۰ متر به عنوان نقشه پایه استفاده شده و سپس داده‌های زمین شناسی از نقشه مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه تغییر مقیاس داده شده و از آن اطلاعات لیتولوژیک بر روی نقشه توپوگرافی انتقال داده شده است. در نهایت، نقشه ژئومرفولوژی محدوده تحت بررسی ترسیم گردیده است. در تمامی این مراحل دید مستقیم و مشاهدات میدانی در انتقال داده‌های جزئی و کوچک که در عکسها و نقشه‌ها قابل رویت نبوده است، مهمترین تکنیک کار محسوب می‌گردد. کار میدانی در دو نوبت در ماههای مرداد و شهریور و هر کدام به مدت یک هفته انجام گرفته است و در طول این کوهپیمایی، هر سه زبانۀ یخچالی طی شده و حتی برای مطالعه حرکت زبانۀ یخچالی در قالب یک طرح مکمل، روی آنها علامت گذاری گردیده است.

موقعیت و حدود منطقه

یخچال‌های علم کوه در رشته کوه البرز غربی و در نقشه توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ پوشش سراسری به شماره اندکس I-6162 قرار گرفته‌اند. قله علم کوه با ارتفاع ۴۸۵۰ متر در مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این قله مرتفع‌ترین نقطه ایران پس از قله دماوند بشمار می‌رود. رشته کوه البرز غربی عموماً به سمت مغرب توسط دو رودخانه اصلی الموت رود در شمال منطقه و رودخانه طالقان رود در جنوب زهکشی شده و توسط رودخانه شاهرود به سفیدرود می‌ریزند. زهکش اصلی حاشیه غربی علم کوه، گرمارود است و درست از حاشیه جنوب‌غربی قله علم کوه و کوه هفت خوان سرچشمه می‌گیرد و سرشاخه دیگر آن رودخانه تخت سلیمان است که از حاشیه شمالی علم کوه و هفت خوان سرچشمه گرفته و پس از پیوستن به گرمارود به رودخانه سه هزار ریخته و پس از آن راهی دریای خزر می‌گردند. سرداب رود نیز از ضلع جنوبی علم کوه و دره خرسان کوه سرچشمه گرفته و پس از دریافت انشعابات حاشیه شرقی ارتفاعات علم کوه، وارد کلاردشت شده و سرانجام به سمت دریای خزر جریان می‌یابد.

مهمترین قله پیرامون علم کوه شامل کوه هفت خوان (۴۵۲۸ متر) خرسان کوه (۴۶۵۹ متر) سیاه کمان (۴۶۰۴ متر) تخت سلیمان (۴۴۶۵ متر) شانه کوه (۴۳۴۸ متر) کوه حصارچال (۴۲۶۶ متر) و کوه لنگری (۴۳۶۹ متر) می‌باشد. علاوه بر این، دهها قله دیگر با ارتفاع بالای ۴۰۰۰ متر در این محدوده وجود دارد که عموماً در امتداد خط الرأس بین حوضه‌های آبخیز اصلی منطقه قرار دارند.

محدوده تحت بررسی یک چهارگوش ۵×۵ دقیقه‌ای را شامل می‌شود (نقشه شماره ۱). در این محدوده بیش از ۱۴ زبانۀ یخچالی فعال و غیرفعال وجود دارد. سطح تمامی آنها پوشیده از قطعات کوچک و بزرگ یخرفت است. بزرگترین آنها یخچال دامنه شمالی علم کوه شامل یک یخچال انشعابی با سه انشعاب است. طول انشعاب اصلی آن حدود ۵ کیلومتر

ژئومرفولوژی یخچال های علم کوه

- ساختمان علم کوه

توپوگرافی کنونی توده علم کوه در حاشیه شرقی از دو برجستگی مشخص تشکیل شده است. برجستگی شمالی، قله تخت سلیمان با ارتفاع ۴۵۲۰ متر و برجستگی جنوبی، قله علم کوه به ارتفاع ۴۸۵۰ متر را تشکیل می دهد. فرورفتگی بین این دو قله حاصل فرسایش یخچالی دره های مجاور می باشد. در حاشیه شرقی، یخچال اصلی علم کوه با سه انشعاب خود از پای قله علم کوه سرچشمه گرفته و پس از عبور از دره پیت سرا از طریق آب بربر به سرداب رود می پیوندد. در حاشیه غربی این دو قله و در جنوب ارتفاعات هفت خوان (نقشه شماره ۱)، دره وسیع و گسترده هفت خوان، درست در بخش مرکزی، باتولیت علم کوه را حفر نموده و با هفت انشعاب اصلی خود به گرمارود و از آنجا به رودخانه سه هزار می ریزد.

با توجه به نقشه زمین شناسی منطقه، سازندهای دوران اول و دوم زمین شناسی با سنگ پایه تشکیلات دوران پره کامبرین، سطح این توده نفوذی را در گذشته زمین شناسی پوشانده بوده اند. وجود سنگهای دولومیتی پرمین در سطح حاشیه غربی توده نفوذی، مبین موضوع است. در زمان تزریق این توده نفوذی (به احتمال زیاد در دوره ترشیاری)، ضمن بریدن تشکیلات قدیمی (پره کامبرین)، باعث خمیدگی و ایجاد شیب ساختمان چینه بندی رسوبات دوران دوم و اول تا حداکثر ۲۵ تا ۳۰ درجه شده است. تمایل شیب مقارن سطوح ساختمانی چینه بندی در اطراف این توده نفوذی، این نکته را اثبات می نماید، زیرا شیب عمومی طبقات در جهت شمالی توده نفوذی علم کوه، شمالی است. در دامنه جنوبی، شیب طبقات جنوبی و در حاشیه شرقی و غربی علم کوه نیز شیب طبقات به ترتیب شرقی و غربی است (مقطع زمین شناسی شماره ۲). سپس باتولیت علم کوه در نتیجه فرسایش رسوبات سطحی آن، رخنمون پیدا کرده است؛ به گونه ای که مرفولوژی حاضر تماماً از عملکرد فرآیندهای فرسایشی بویژه نقل و انتقال یخچالی فراهم آمده است. عدم وجود هرگونه گسل عمده و گسل خوردگی در ساختمان توده نفوذی، شاهد این مدعاست. به عبارتی، کلیه فرورفتگی ها در سطح توده نفوذی علم کوه، سیرکهای یخچالی و دره های یخچالی منتهی به آنها می باشند. سه خط الرأس اصلی بصورت میاناب بین سه حوضه اصلی عمل کرده و انشعابات یخچالی را تفکیک می نماید (نقشه شماره ۱). این سه خط الرأس عبارتند از:

- ۱ - خط الرأس قله تخت سلیمان تا قله علم کوه به طول بیش از ۴ کیلومتر، بلندترین خط الرأس منطقه بوده و با امتداد شمالی جنوبی، خط تقسیم دره های یخچالی هفت خوان در مغرب علم کوه و دره سرچال و علم چال در مشرق آن می باشد.
 - ۲ - خط الرأس سیاه کمان تا علم کوه با امتداد بیش از ۵ کیلومتر، تمامی حاشیه شرقی زبانه اصلی علم چال را بصورت قوسی با تحدب شرقی طی می کند و میاناب بین این دره و دره سرداب رود در مشرق علم کوه می باشد.
 - ۳ - خط الرأس رشته هفت خوان با قوسی با تحدب غربی و جنوب غربی در مغرب قله علم کوه قرار گرفته است و با طول بیش از هفت کیلومتر، هفت قله اصلی هفت خوان را که دارای ارتفاعی بیش از ۴۰۰۰ متر می باشند، به یکدیگر متصل می کند. این خط الرأس میاناب دره های گرمارود در جنوب غربی علم کوه و دره یخچالی رود تخت سلیمان در مغرب قله تخت سلیمان می باشد.
- علاوه بر این، خط الرأس کوچکی نیز بین دو زبانه یخچالی علم کوه در دامنه شمالی وجود دارد که قله میان سه چال

را به شانه کوه و گرده آلمانها متصل می‌نماید. طول این یال ۲/۵ کیلومتر است. خط‌الرأس دیگری نیز علم کوه را به سمت جنوب به طول ۴ کیلومتر از طریق خرسان کوه به کوه حصار چال متصل می‌کند. این خط‌الرأس، میاناب بین سرچشمه‌های اصلی دو حوضه بزرگ سردابروود در مشرق و گرمارود و سه هزار در مغرب می‌باشد. بیش از نیمی از طول این خط‌الرأس یعنی از قله علم کوه تا قله کوه خرسان، میاناب مشترک این دو حوضه و کوه‌های هفت خوان می‌باشد.

اشکال مرفولوژی یخچالی

۱- سیرکهای یخچالی

مشخص‌ترین شکل حاصل از فرسایش یخچال‌ها در پهنه ایران وجود سیرکهای یخچالی است. در واقع در حال حاضر بهترین کلید برای تعیین موجودیت یا حتی تعیین حدود گسترش آنها، موقعیت، ابعاد و ارتفاع سیرکهای یخچالی است. در محدوده تحت بررسی با مساحت ۸۰ کیلومتر مربع، بیش از ۳۶ سیرک یخچالی کوچک و بزرگ وجود دارد. نقشه ژئومرفولوژی شماره ۲ موقعیت این سیرکها را بخوبی نشان می‌دهد. در این میان تنها ۱۴ سیرک یخچالی وجود دارد که دارای زبانه یخچالی فعال یا هسته یخی می‌باشند؛ ولی کف تمامی آنها پوشیده از قطعات کوچک و بزرگ یخرفت است. مرفولوژی کنونی این سیرکها بصورت قوس‌های مدوری است که انتهای آنها دارای شیب کاملاً پرتگاهی و نزدیک به عمود است و بصورت یک دیواره، بر چاله سیرک مسلط می‌باشد.

مرتفع‌ترین این دیواره‌ها مربوط به سیرک یخچالی جبهه شمالی قله علم کوه می‌باشد که علم چال نامیده می‌شود. ارتفاع دیواره علم کوه که از جنس گرانیت با رنگ خاکستری روشن تا قهوه‌ای روشن می‌باشد و دارای شیب کاملاً عمودی است، بیش از ۷۰۰ متر است و از این نظر منحصر به فرد می‌باشد. به گونه‌ای که هیاتهای فنی کوهنوردی در طول تابستان جهت صعود از آن همواره در تلاشند.

دومین سیرک در مشرق سیرک علم چال و در پای قله سیاه سنگ قرار گرفته است. این دو سیرک تغذیه کننده بزرگترین زبانه یخچالی علم کوه می‌باشند. ارتفاع این دو سیرک بطور متوسط ۴۱۷۰ متر تا ۴۲۰۰۰ متر و سطح آنها پوشیده از قطعات یخرفت است. این دو سیرک در واقع بصورت مرکب بوده و در مجاور هم قرار گرفته‌اند.

در جبهه شمالی شانه کوه نیز سیرک دیگری وجود دارد که انشعاب دوم زبانه، از آن سرچشمه می‌گیرد. ابعاد آن کوچکتر از دو سیرک قبلی است. ارتفاع سطح این سیرک نیز حدود ۴۲۰۰ متر است. بعد از سیرکهای دامنه شمالی علم کوه، سیرک بزرگی نیز در دامنه غربی علم کوه و کوه خرسان وجود دارد. این سیرک از نظر ابعاد، دومین سیرک منطقه است و دارای زبانه یخچالی فعال می‌باشد. علاوه بر این، تمام سیرکهای رشته هفت خوان فعال بوده و دارای زبانه یخی هستند. تعدادی سیرک عم در انتهای دره گرمارود وجود دارد که در حال حاضر فعال نبوده ولی بنظر می‌رسد دارای هسته یخی باشند.

با توجه به بررسی انجام گرفته، سیرکهای یخچالی در حال حاضر توسط ریزش بهمن از سطوح مرتفع مسلط بر آنها تغذیه می‌گردند. این بهمن‌ها بصورت مخروط‌های کوچک و بزرگ بهمن در انتهای سیرکهای یخچالی و در پای دیواره مسلط به آنها دیده می‌شوند.

۲- شکافهای یخی انتهای سیرک (ریمای)^(۱)

براساس مشاهدات میدانی، در تمامی سیرکهای فعال که دارای زبانه یخچالی متحرک هستند، شکاف ریمه وجود دارد. بزرگترین این شکافها که حتی در عکسهای هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ هم دیده می‌شوند، در انتهای سیرکهای علم چال و هفت خوان وجود دارند. کلیه این شکافها در محل اتصال توده یخی به جداره سیرک یا در فاصله اندکی از آن (حداکثر ۱۰۰ متر)، در داخل شیب ریزش بهمن، در انتهای سیرک واقع شده‌اند. تصویر هوایی این شکافها قوس پیوسته‌ای را نشان می‌دهد که تخطب آن موازی حفره سیرک و ابتدای زبانه یخچالی است. دهانه بعضی از این شکافها که بعضاً بصورت یک گروه شکاف موازی و در جهت شیب قرار گرفته‌اند و در پاره‌ای از موارد بیش از ۱۰ متر می‌باشد. این موضوع نشان دهنده حرکت زبانه یخچالی و تخلیه سالانه آن به همین اندازه است؛ زیرا در هر بارش بطور سالانه شکافهای ریمه از سقوط بهمن انباشته شده و کور می‌گردند. بدیهی است با پایان دوره بارش، مجدداً در اثر حرکت زبانه در جهت شیب دره، شکاف ریمه جدیدی جایگزین می‌شود.

۳- زبانه‌های یخچالی

در پهنه‌ای به مساحت ۸۰ کیلومتر مربع از محدوده مورد مطالعه، بیش از ۱۴ زبانه یخچالی کوچک و بزرگ وجود دارد. طول مجموع این زبانه‌ها براساس اندازه‌گیری، بالغ بر ۲۲ کیلومتر است. بدیهی است میزان حرکت سالانه این زبانه‌ها یکسان نبوده و وابسته به ابعاد سیرک، اعم از قطر و عمق سیرک و نیز میزان تغذیه و شیب عمومی دره یخچالی است.

بزرگترین زبانه یخچالی شامل یک زبانه به طول ۵ کیلومتر است که یک یخچال انشعابی با سه انشعاب اصلی است (نقشه شماره ۲). این زبانه در دامنه شمالی علم کوه به سمت شمال جریان یافته و وارد دره پیت سرا می‌گردد. در دامنه جنوبی علم کوه و خرسان کوه نیز ۴ زبانه و پیشانی یخچالی نیمه فعال وجود دارد. مرفولوژی سطح زبانه‌های یخچالی یکسان نیست و تحت تأثیر فرآیندهای مؤثر و غالب، اشکال مرفولوژی خاصی دارند که عبارتند از:

۳-۱- یخرفتهای سطحی

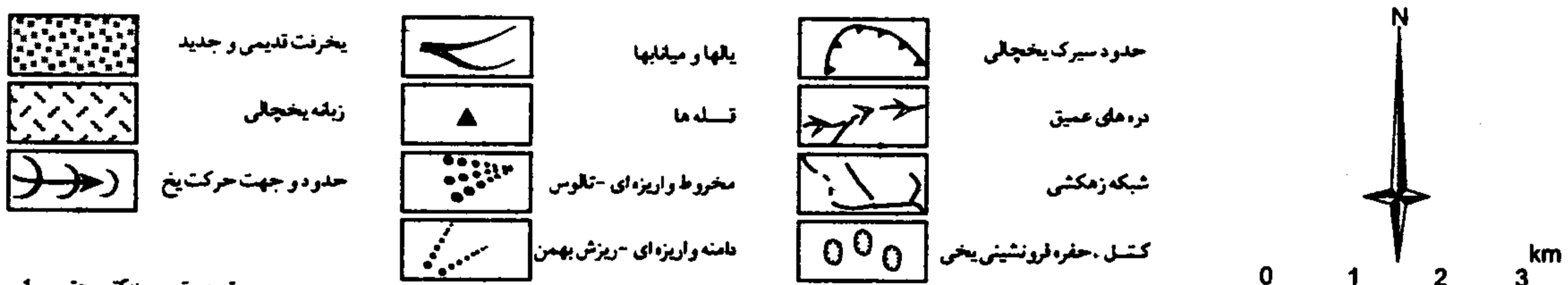
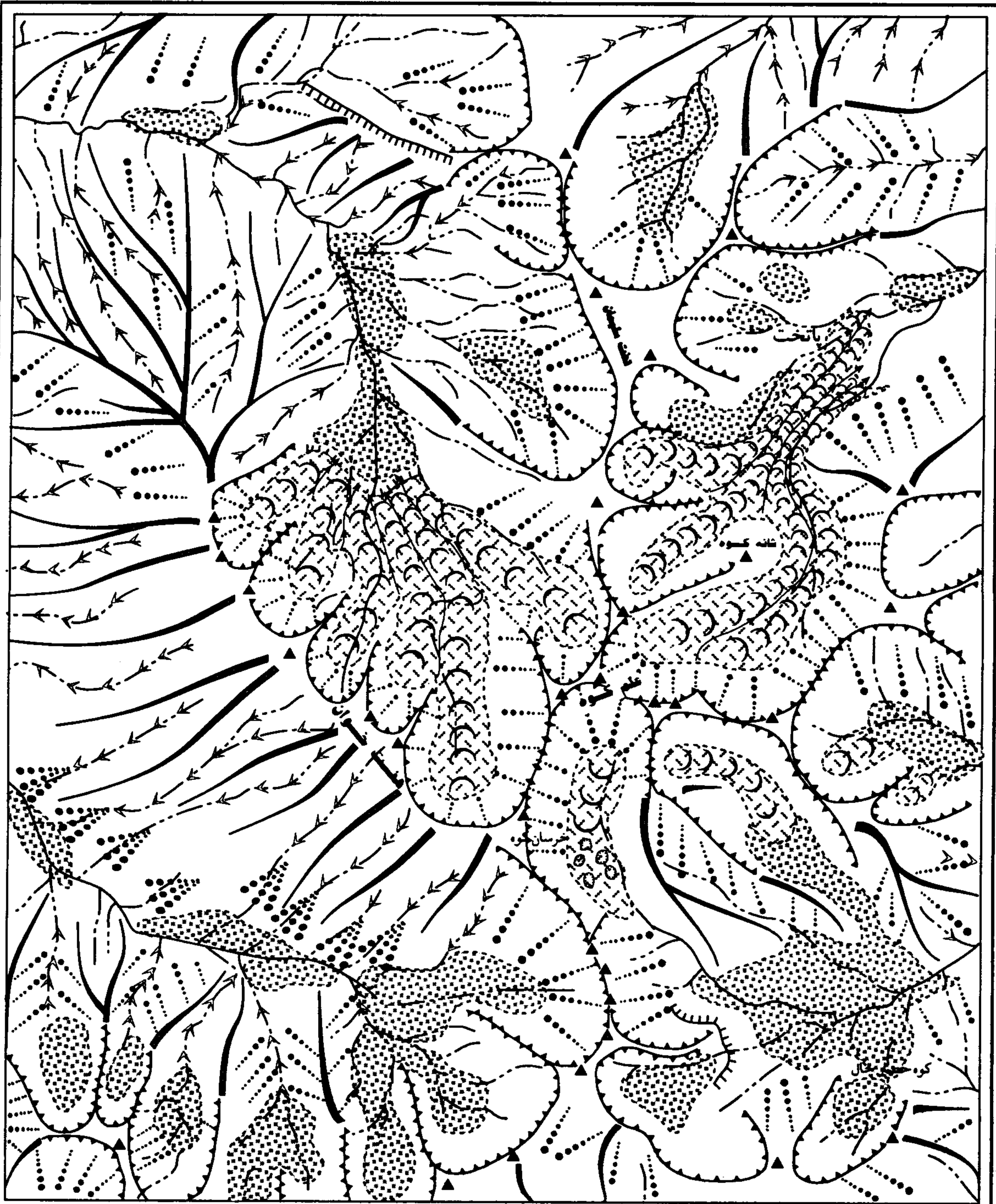
کلیه زبانه‌های یخچالی منطقه علم کوه پوشیده از قطعات خرده سنگ با ابعاد کوچک و بزرگ است؛ بنابراین جزء یخچال‌های سیاه محسوب می‌گردند. ابعاد قطعات یخرفت سطحی از دهها متر مکعب تا دانه‌های در حد ماسه و ریگ تشکیل شده‌اند؛ ولی ابعاد یخرفت سطحی در زبانه‌های اصلی عموماً بیش از یک متر مکعب می‌باشد. بطوریکه عبور از بین قطعات یخرفت به سادگی امکان‌پذیر نیست. پوشش یخرفت به گونه‌ای سطح زبانه یخی را پوشانیده است که بجز در محل سیرکها و نیز در نقاطی که سطح زبانه بصورت کیتل^(۲) فرونشسته است، بطور کلی یخ زیرین دیده نمی‌شود.

۳-۲- رشته‌های یخرفتی

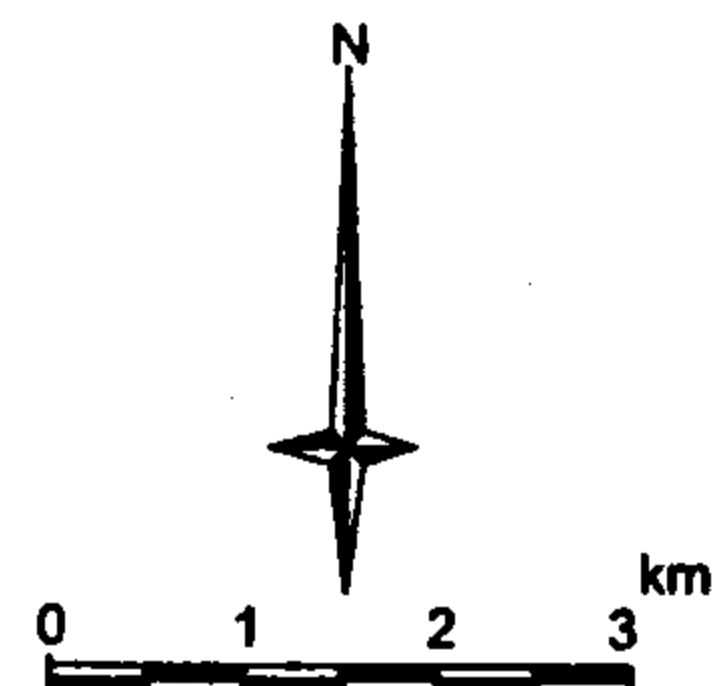
یخرفتهای سطحی در روی زبانه یخچالی، نوارهای مشخصی را نشان می‌دهند. یخرفتهایی که از سیرک علم چال

۱- شکاف انتهای سیرک که ناشی از حرکت یخ می‌باشد در اصطلاح انگلیسی Bergschrund و در اصطلاح فرانسوی rimaye خوانده می‌شود.

نقشه ۲- ژئومرفولوژی ارتفاعات علم کوه و تخت سلیمان



تهیه و ترسیم: دکتر مجتبی یعلی

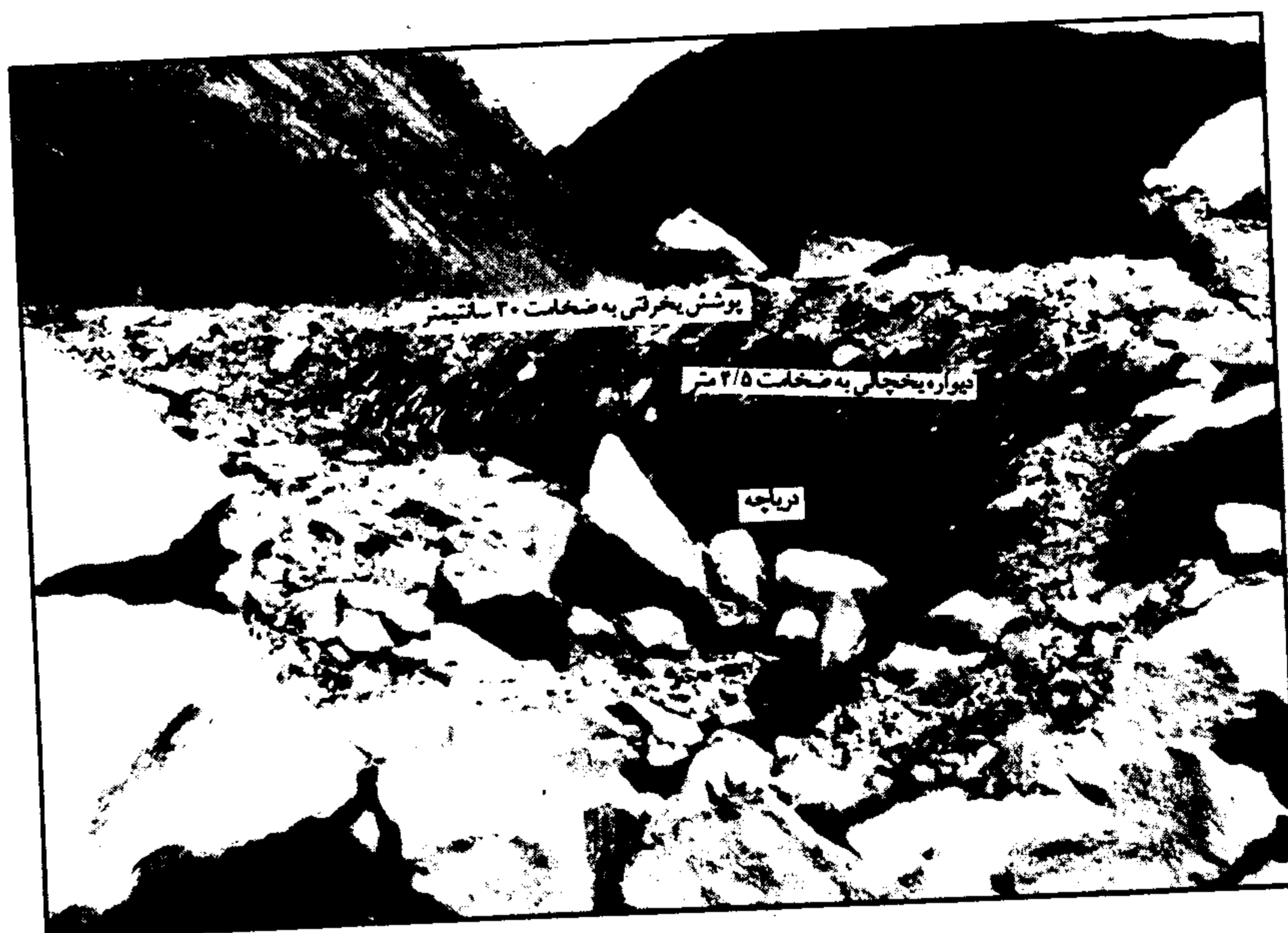


منشاء گرفته و از دیواره علم کوه بر روی سیرک علم چال سقوط می‌کنند، قطعاتی از سنگ گرانیتی به رنگ خاکستری روشن می‌باشند و تقریباً نوارهای یخرفتی نیمه غربی زبانه را در بر می‌گیرند. در حالیکه نیمه شرقی زبانه که از سیرک سیاه سنگ منشاء می‌گیرد، پوشیده از قطعات گدازه‌ای بازیک به رنگ سیاه می‌باشد. ابعاد این قطعات و خرده سنگها کوچکتر بوده و جریان نواری مشخصی را در نیمه شرقی زبانه تشکیل می‌دهند.

۳-۳- حفره‌های انحلالی در سطح زبانه: (کتل‌ها^(۱))

در نتیجه ذوب یخ در زیر یخرفتها در طول زبانه یخچالی، در پاره‌ای از نقاط حفره‌هایی تشکیل شده که اندازه آنها متفاوت است. ابعاد آنها از چند متر تا بیش از ۱۰۰ متر نیز دیده می‌شود. دیواره این حفره‌ها تماماً از یخ خالص و یکپارچه تشکیل شده است و در کف آنها دریاچه کوچکی به اندازه همان ابعاد حفره انحلالی وجود دارد (تصویر شماره ۱).

تصویر ۱- حفره‌های انحلالی ناشی از ذوب یخ در زیر پوشش یخرفتی



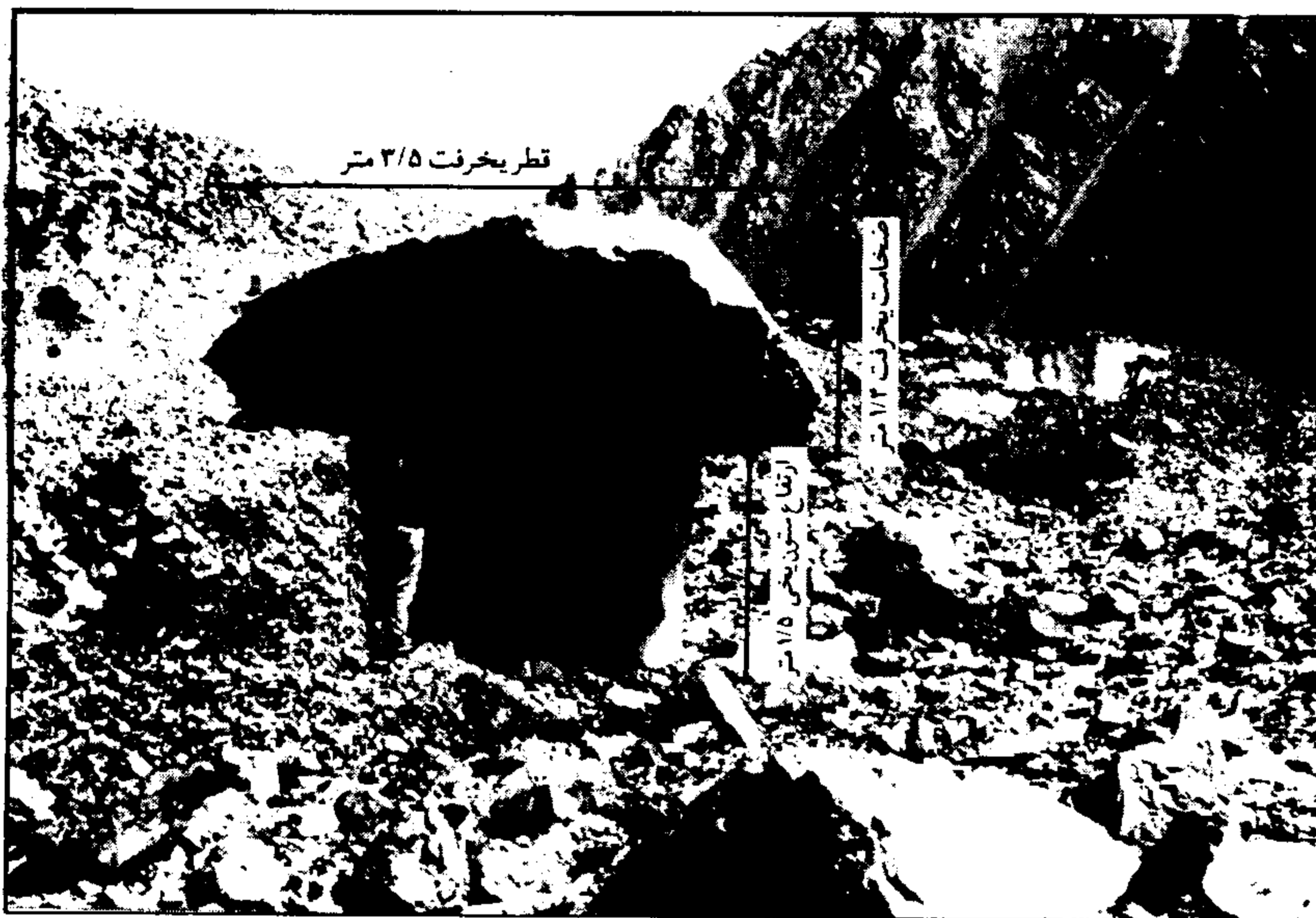
۳-۴- انحلال یخچال

بنظر می‌رسد یخ موجود در سطح زبانه‌های یخچالی در اثر تابش مستقیم آفتاب در طول دوره گرم سال بطور مستقیم تبخیر شده و قسمتی نیز در اثر افزایش دما ذوب می‌گردد. در زمان مشاهده (۱۰ شهریور ۱۳۷۹)، سطح تمامی یخچال پوشیده از جویبارهای متراکم سطحی بود. این جویبارها بواسطه وجود قطعات کوچک و بزرگ یخرفت در سطح زبانه، الگوی دره‌می را نشان می‌دادند.

نکته با اهمیت اینکه رأس زبانه یخچالی در زمان مشاهده و درست در انتهای سیرک در حال ذوب بود، به گونه‌ای که جریانهای سطحی ذکر شده در تمامی پهنه سیرکها در حال حرکت بودند. این جریانها با خروج از سیرک به هم پیوسته

و متمرکز شده و بتدریج با افزایش ضخامت یخرفتها در پائین دست سیرک، تبدیل به یک جریان زیر سطحی می‌شدند. به گونه‌ای که جریانهای سطحی زبانه‌های یخچالی تنها در محل سیرک و مسافت اندکی بعد از سیرکها قابل رؤیت بودند. افزایش ضخامت یخرفت سطحی در قسمت سفلاهی زبانه‌های یخچالی به دلیل همین ذوب سطحی است. از طرفی شاید کاهش شیب بستر و کند شدن حرکت زبانه در پائین دست یخچال به این پدیده کمک نماید. اثر تبخیر مستقیم یخ در نتیجه تابش مستقیم خورشید و ذوب ناشی از دمای محیط در طول روز، در ایجاد شبه هودوها^(۱) و اشکال قارچی شکل یخی کاملاً مشهود است. در زیر قطعات بزرگ یخرفت سطحی به دلیل ضخامت و سایه‌بان بودن توده یخرفت، یخ پیرامونی یخرفت بتدریج ذوب گردیده است. در حالیکه یخرفت از یخ زیر خود در مقابل دما و تابش خورشید محافظت نموده است. این فرآیند باعث شده است که اشکال زیبایی از تخته سنگهای قارچی شکل با ابعاد متفاوت در سطح سیرکهای یخچالی و نیز در بخش علیای زبانه یخچالی تشکیل شود (تصویر شماره ۲).

تصویر ۲- اشکال قارچی شکل یخی، قطعه بزرگ یخرفت مانع ذوب یخ زیرین شده است



- آثار حرکت زبانه‌های یخی

عمده‌ترین شواهد حرکت زبانه‌های یخچالی عبارتند از:

الف - وجود شکاف ریمه در انتهای تمامی سیرکهای یخچالی

ب - وجود رشته‌های موازی یخرفت سطحی

ج - توپوگرافی سطحی زبانه‌ها و حالت جریانی آنها

د - پیشانی زبانه‌های یخچالی در تمامی زبانه‌ها ارتفاع معینی را نشان می‌دهد؛ که حداکثر گسترش زبانه می‌باشد. در

دامنه شمالی ۳۷۰۰ متر و در دامنه جنوبی بالای ۴۰۰۰ متر است.

۵- ابعاد قطعات یخرفت در روی سطح زبانه ها با توجه به جنس آن، چنان حجیم است (برخی از نمونه‌ها بیش از ۱۰۰ متر مکعب حجم دارند) که نقل و انتقال آنها بجز توسط زبانه یخی به شکل دیگری یا توسط عوامل دیگری ممکن نیست.

و - جدیدترین آثار حرکت زبانه یخچالی علم کوه، تخریب پناهگاه علم چال می‌باشد. این پناهگاه در دهه ۵۰ درست در روی حاشیه غربی و در فاصله ۵۰۰ متری سیرک یخچالی علم چال احداث شده است. ولی به دلیل حرکت زبانه، کمتر از یک دهه سقف آن فروریخته و دیواره‌های سنگی مستحکم آن متلاشی شده‌اند.

حدود گسترش یخچال‌های علم کوه

۱- حدود گسترش در زمان حاضر

با توجه به مرفولوژی توده علم کوه و موقعیت زبانه‌های یخچالی، پیشانی بزرگترین زبانه یخچالی که از دامنه شمالی علم کوه و سیاه سنگ منشاء می‌گیرد، پس از طی مسافتی حدود ۵ کیلومتر و با دریافت دو انشعاب کوچکتر تا ارتفاع ۳۷۰۰ متری پیشروی کرده و با ذوب پیشانی در این بخش متوقف می‌گردد (نقشه شماره ۲).

شواهدی که دلیل بر وجود پیشانی مدفون یخچالی در این بخش می‌باشد، فعال بودن یک پرتگاه واریزه‌ای از یخرفتهای گرانیتی علم کوه می‌باشد. این پرتگاه تقریباً ۵۰ درجه شیب دارد و طول آن حدود ۲۵۰ متر است. علاوه بر آن ریزش قطعات یخرفتی گهگاه در زمان فعالیت مشاهده می‌گردد. همچنین مظهر جریان زیریخی در قاعده این پرتگاه بصورت یک چشمه جوشان دیده می‌شود. دبی این چشمه بسیار زیاد بوده و پس از خروج از زیر یخرفتهای، به حالت کف آلود در یک شیب تندآبی در دره رودخانه پیت سرا جریان می‌یابد. این رودخانه رسوبات یخرفتی قدیمی را در مسیر خود حفر نموده و در مجاورت رودخانه مذکور، پادگانه‌های مرتفعی را تشکیل داده است. این در حالی است که در سطح زبانه پوشیده از یخرفت حجیم، در بالا دست پیشانی، هیچگونه آثاری از جریان آب بجز جریانهای کوچک حاصل از ذوب برف دیده نمی‌شود. این جریانها در فصل بهار از دامنه‌های مسلط به دره یخچالی جاری شده و در حاشیه زبانه، دارای مجرای کاملاً مشخص می‌باشند. این مجاری فصلی بوده و درست در طرفین زبانه یخرفتی در جهت شیب دره جریان دارند. در زمان مشاهده (شهریور ۱۳۷۹) این دو شبکه کاملاً خشک بودند. در حالیکه، در طول دوره تابستان هیچگونه تغییری در دبی مظهر جریان زیر یخچالی روی نداده است.

پیشانی زبانه های یخچالی تخت سلیمان و هفت خوان با هفت انشعاب خود نیز همانند یخچال علم کوه تا ارتفاع ۳۷۰۰ متری پائین می‌آیند. این زبانه هادر این محل با شیب تندی بر دره تخت سلیمان مسلط می‌باشند. در این محل نیز از زیر توده یخرفتی، یک جریان زیر یخچالی با دبی نسبتاً زیاد ظاهر شده و سرچشمه رودخانه تخت سلیمان را تشکیل می‌دهد. این رودخانه سرانجام در محل میان دو رود به گرما رود می‌پیوندد. رود تخت سلیمان نیز یخرفتهای قدیمی هفت خوان را در پائین دست خود بریده است. این یخرفتهای در حال حاضر بصورت پادگانه‌های نسبتاً مرتفعی در حاشیه این دره دیده می‌شوند.

در دامنه جنوبی علم کوه نیز در حال حاضر دو زبانه یخچالی کوچک وجود دارد که یخچال غربی در دامنه خرسان کوه و علم کوه و نیز یخچال شرقی در دامنه جنوبی سیاه سنگ جریان دارند. حد گسترش این دو زبانه و دو زبانه کوچکتر که در دامنه شرقی سیاه کمان قرار دارند، منحنی ۴۰۰۰ متر است و بطور کلی یک اختلاف ارتفاع ۳۰۰ متری را نسبت به

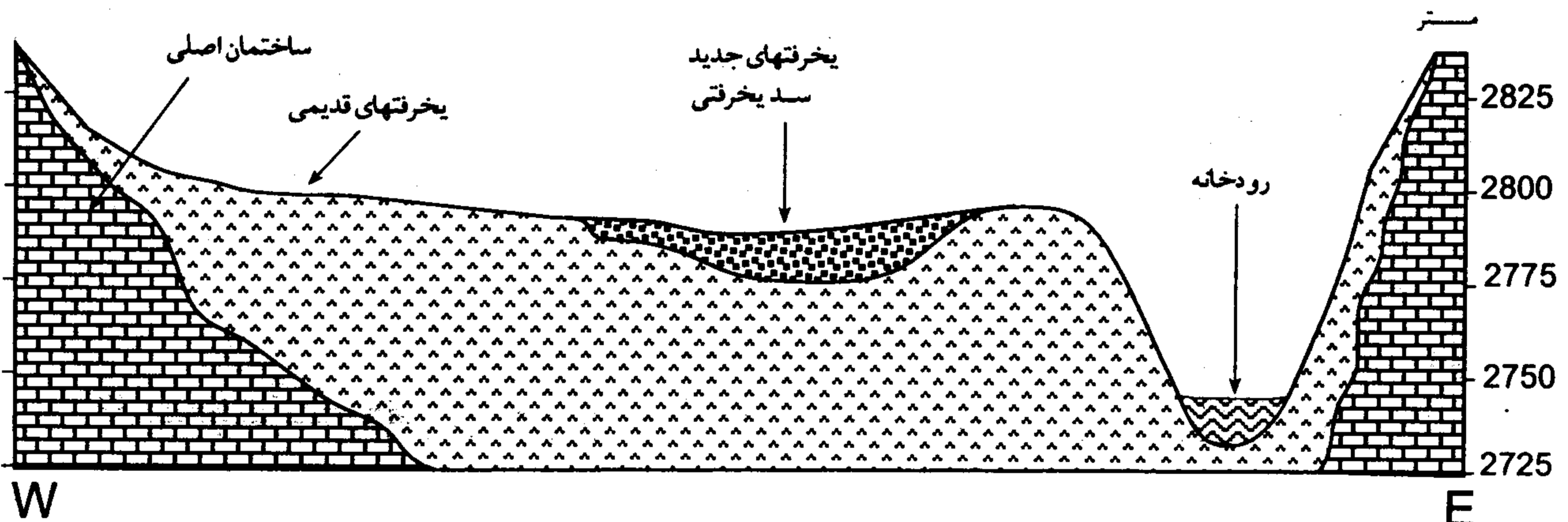
زبان‌های دامنه شمالی علم کوه نشان می‌دهند. بدیهی است نقش اصلی را در اختلاف ارتفاع حد پیشروی زبان‌های یخچالی زاویه تابش خورشید و شیب جنوبی دامنه یخچالی بعهده دارد.

۲- حدود گسترش زبان‌های یخچالی علم کوه در دوره‌های یخچالی

یخرفتهای قدیمی یخچال‌های علم کوه تا ارتفاع ۲۷۰۰ متری در مسیر دره‌های رودخانه آب‌بربر و رود پیت سرادر دامنه شمالی علم کوه و نیز تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری در دره‌های سردآبرود و گرمارود در دامنه‌های جنوبی علم کوه و تخت سلیمان دیده می‌شوند. این خود تعیین‌کننده حد گسترش این یخچالها در دوره‌های یخچالی قدیم می‌باشد. ویژگی این یخرفتها همواری نسبی آنها و پر شدن فضای خالی آنها توسط رسوبات ریزدانه و بقایای گیاهی و خاک می‌باشد. این خصیصه باعث می‌گردد که بتوان بخوبی از روی مرفولوژی موجود، بین یخرفتهای قدیمی و جدیدتر تمایز قائل شد. مشخص‌ترین این یخرفتهای قدیمی در امتداد دره آب‌بربر وجود دارد. این یخرفتها بصورت یک پادگانه مرتفع در حاشیه غربی رودخانه متراکم شده‌اند و رودخانه بستر خود را در درون این توده یخرفتی حفر نموده است، به گونه‌ای که در حال حاضر بصورت پادگانه مرتفعی در مجاورت بستر کنونی رودخانه دیده می‌شوند. جدیدترین رسوبات یخچالی در روی سطح پادگانه فوق‌الذکر انباشته شده است. شکل شماره ۳ نیمرخ عرضی این یخرفتها را نشان می‌دهد.

احتمالاً این یخرفتها مربوط به آخرین دوره یخچالی در پلیوستوسن فوقانی است (دوره یخچالی وورم). مرفولوژی این یخرفتها بصورت یک یخرفت سدی به ارتفاع حدود ۴ متر می‌باشد. تخطب این توده یخرفتی به سمت شمال بوده و دارای قطری حدود ۱۰ متر می‌باشد. این یخرفت سدی در انتهای دره کم عمق و مقعر یخچالی قرار گرفته است و از ۳ رشته شخص موازی تشکیل شده است. طول آنها حدود ۲۵۰ متر است و در روی یخرفتهای قدیمی‌تر انباشته شده‌اند. دره اصلی حدود ۳۰ درجه و دره فرعی مجاور این توده یخرفتی حدود ۲۵ درجه شیب دارد. بافت

شکل ۳- مقطع عرضی دره پیت سرا، یخرفتهای قدیمی‌تر در زیر و آخرین یخرفت مربوط به آخرین پسروری یخچالی در بخش فوقانی دیده می‌شود.



ماخذ: این مقطع در کارهای میدانی و با اندازه‌گیری در روی زمین در طول دره پیت سرا تهیه شده است.

یخرفتها درشت بوده و فضای موجود بین قطعات کاملاً خالی است و فاقد دانه‌های ریز و کوچکتر می‌باشد. بنابراین توپوگرافی آن کاملاً عریان است و نشان دهنده جوان بودن این یخرفت سدی می‌باشد. با توجه به خصوصیات ذکر شده می‌توان ارتفاع ۲۸۰۰ متری این یخرفت را به دره‌های مجاور علم کوه تعمیم داد و مرز پیشروی یخچال‌های علم کوه را در دوره وورم تا ارتفاع ۲۸۰۰ متری در دامنه‌های شمالی علم کوه و تخت سلیمان تعیین نمود. از طرفی با احتساب اختلاف ارتفاع ۳۰۰ متری در گسترش یخچال‌های اخیر در دامنه شمالی و جنوبی و نیز با استناد به اختلاف ارتفاع یخرفتهای قدیمی در بخش علیای دره سردابروود به اندازه ۳۰۰ متر، می‌توان حد گسترش یخچال‌های دوره وورم را در بالادست حوضه‌های گرمارود و سردابروود در دامنه جنوبی علم کوه مرز ۳۰۰۰ تا ۳۱۰۰ متر تعیین نمود. لازم به ذکر است که در ارتفاع پائین‌تر از این حد نیز یخرفتهای خیلی قدیمی‌تر یا قطعات یخرفتی دیده می‌شود. ابعاد این یخرفتها بقدری بزرگ است که امکان انتقال آنها توسط رودهای موجود با دبی کنونی امکان پذیر نیست. حتی نمونه‌های اینگونه یخرفتها در دره سردابروود تا ارتفاع ۲۱۰۰ متری نیز وجود دارد؛ ولی شواهد دیگر از جمله شکل و شیب دره‌ها به گونه‌ای است که نمی‌توان بطور قطع اظهار نظر نمود.

نتایج

مرفولوژی کنونی یخچال‌های علم کوه عمدتاً تحت تأثیر دورانهای یخچالی دوران چهارم بوجود آمده است و در حال حاضر در حال تکامل هستند. لیکن با توجه به شواهد موجود، از جمله سیرکهایی که فاقد یخ هستند و دره‌هایی که از یخ تهی شده‌اند و همچنین یخرفتهای بسیار عظیمی که روی هم انباشته شده‌اند، تماماً حاکی از این مسئله است که یخچال‌های کنونی نه تنها بسیار محدودتر از گذشته می‌باشند، بلکه دینامیک آنها نیز بسیار کندتر از گذشته عمل می‌کند. از اینرو با توجه به مطالبی که مورد بحث قرار گرفت، می‌توان نتایج بدست آمده را به شرح زیر فهرست نمود:

- شرایط کنونی و اقلیم حاضر برای تشکیل یخچال در ارتفاعات ایران مناسب نیست. بلکه وجود هسته‌های یخی فسیل شده در دره‌های یخچالی در ارتفاعات بالای ۴۲۰۰ متر امکان تداوم حرکت و تغذیه مجدد را فراهم می‌کند. سیرکهای یخچالی از فرو ریختن بهمن‌های نقاط مرتفع و مسلط بر سیرکها تغذیه می‌گردند. اما بنظر می‌رسد که این مقدار تغذیه نتواند میزان ذوب سالیانه را جبران نماید. از طرفی بارش برف سالانه در سطح سیرکها، بطور کامل توسط دمای فصلی ذوب می‌گردد؛ به گونه‌ای که در طول تابستان اثری از برف زمستانی در سطح یخچال‌ها دیده نمی‌شود. بنابراین امکان تغذیه سطحی نیز منتفی است.

- با توجه به شواهد موجود، یخچال‌های علم کوه و تخت سلیمان در حال تحلیل و از بین رفتن هستند. به عبارتی افزایش دمای دوره‌ای موجب ذوب تدریجی این یخچال‌ها می‌گردد. عدم تغذیه کافی، بالا بودن برف مرز دائمی (۴۸۰۰ - ۵۰۰۰ متر) نسبت به ارتفاع کنونی سیرکهای یخچالی (۴۳۰۰ تا ۱۲۰۰ متر) و همچنین اشکال سطحی یخچال‌ها، نظیر کتل‌های متعدد، هودوهای یخی و اشکال قارچی شکل یخی تأیید کننده این نظریه هستند.

- بخش عمده‌ای از یخ سطحی بطور مستقیم در اثر تابش خورشید در طول روز تبخیر می‌گردد. وجود اشکال قارچی شکل یخی در سطحی بسیار گسترده و فراوان مؤید این نتیجه است. علاوه بر این در زیر قشر یخرفت سطحی که بطور کامل سطح زبانه را پوشانیده‌اند، یخ بلورین و خالص و فاقد یخرفت داخلی وجود دارد. این مسئله حاکی از تشکیل آن در گذشته دور است. همچنین ذوب یخ در زیر پوشش یخرفتی در اثر دمای بالاتر پوشش یخرفت، موجب تحلیل

- سطحی زبانه می‌گردد. فرونشینی و تخریب پناهگاه علم چال به قسمی نتیجه همین فرآیند است.
- وجود کتل‌های متعدد در یخرفته‌های قدیمی‌تر در یخچال‌های دامنه جنوبی نشانگر تکرار پیشروی و پسروی زبانه‌های یخچالی در دوره‌های یخچالی گذشته است؛ زیرا تعدادی از این کتل‌ها تبدیل به دریاچه‌های دائمی شده‌اند. سطح تمامی این چاله‌ها در دوره سرد سال یخ بسته است. از طرفی یخرفت پیرامونی و بستر این چاله‌ها بسیار قدیمی است.
- دما در تمامی اوقات سال در سطح یخچال از شرایط زیر صفر یا نزدیک به آن برخوردار نیست. به گونه‌ای که در طول تابستان بطور مستقیم یخ سطحی حتی در محل سیرکهای یخچالی در معرض ذوب قرار دارند.
- یخچال‌های علم کوه دارای حرکت سالیانه هستند. میزان حرکت آنها برای زبانه‌های اصلی ۲ تا ۳ متر در سال و برای زبانه‌های فرعی جانبی ۱ تا ۲ متر در سال برآورد می‌گردد. بدیهی است بهترین دلیل، عرض شکافهای ریمه در انتهای سیرکهای یخچالی است. عرض بعضی از این شکافها در مجموع دارای دامنه بیش از ۲ تا ۱۰ متر است. علاوه بر این امتداد نواری یخرفتها طولی در روی زبانه‌های یخچالی حاکی از حرکت یخ می‌باشد. قطعات یخرفتها در حاشیه زبانه‌های یخچالی بسیار ناپایدار بوده و بعضاً بیننده شاهد سقوط آنها بر روی سطح زبانه و در شیب جانبی زبانه است. این امر صرفاً نتیجه تأثیر نیروی جاذبه نیست، بلکه تخلیه مواد زیرین عموماً باعث سقوط آنها می‌گردد.
- عدم وجود تالوس و بقایای واریزه‌ای در پای بعضی از دامنه‌های واریزه‌ای که مسلط بر زبانه‌های یخچالی و سیرکها هستند، حاکی از حرکت آنهاست؛ زیرا طی این فرآیند رسوبات واریزه‌ای بتدریج توسط زبانه یخچالی تخلیه می‌گردند.
- همانگونه که بیان گردید، عرض شکافهای ریمه می‌تواند نسبت جابجایی سالانه یخچال را تعیین کند. زیرا ریمه‌ها درست در نقاطی ایجاد می‌شوند که محل ریزش بهمن در اوایل بهار و در طول زمستان است؛ بنابراین با پر شدن ریمه در هر بارش، ریمه جدید در نتیجه حرکت مجدد یخچال ایجاد می‌گردد. این ریمه‌ها در انتهای فصل گرم و قبل از شروع بارش‌های بعدی، حداکثر جابجایی و حرکت سالیانه زبانه یخچالی را نشان می‌دهند.
- سیرکهای متروک دارای هسته یخی هستند. وجود جریانهای آب دائمی که از داخل سیرکها و از زیر یخرفتها سرچشمه می‌گیرد و مظهر آنها درست در زیر پیشانی بخش پایین دست زبانه قرار دارد، مؤید این نکته است. بویژه آنکه در طول دوره گرم سال به نسبت بالا رفتن دما، دبی آنها نیز افزایش پیدا می‌کند. علاوه بر این، وجود کتل‌ها در سطح یخرفته‌های این سیرکها دلیل دیگری برای این نتیجه است.
- حداکثر پیشروی زبانه‌های یخچالی در حال حاضر در دامنه شمالی علم کوه و کوههای هفت خوان و تخت سلیمان دو پیشانی اصلی است. حدود ۹ زبانه انشعابی اصلی به این دو پیشانی ختم می‌گردند. این دو پیشانی در ارتفاع ۳۷۰۰ متری قرار گرفته‌اند، در حالیکه پیشانی یخچال‌های دامنه جنوبی در ارتفاع ۳۹۰۰ تا ۴۱۰۰ متری قرار دارند و اینها حدود گسترش را در دوره حاضر در این منطقه نشان می‌دهند.
- حد گسترش زبانه‌های یخچالی در آخرین دوره یخچالی گذشته (وورم) در دامنه شمالی علم کوه در ارتفاع ۲۸۰۰ متری قرار داشته است. وجود یک سیرک، دره و یخرفت پیشانی هلالی شکل که بصورت سدی در پائین دره پیت‌سرا قرار گرفته، مؤید این نکته است. یخرفته‌های این پیشانی سدی فاقد رسوبات ریزدانه، بقایای گیاهی و کاملاً عریان بوده و نشان از جوان بودن آن دارد. از طرفی این یخرفتها در روی یخرفته‌های قدیمی همین یخچال توسعه یافته‌اند. حد

گسترش زبانه‌های یخچالی دامنه جنوبی علم کوه در ارتفاع ۳۰۰۰ تا ۳۱۰۰ متری بوده است. شواهد مشابه همانند یخرفتهای جدید در دامنه جنوبی شانه کوه و هفت خوان مؤید این رقم ارتفاعی است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح پژوهشی با همین عنوان است که در سال ۸۰-۱۳۷۹ با استفاده از اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه تهران در مؤسسه جغرافیا اجرا گردیده است که بدینوسیله از مسئولین و دست‌اندرکاران محترم معاونت پژوهشی دانشگاه و مؤسسه جغرافیا تشکر بعمل می‌آید.

منابع و مآخذ

- ۱- اهلرز، اکارت، ۱۳۶۵، ترجمه محمد تقی رهنمایی، مبانی یک کشور شناسی جغرافیایی، جلد اول جغرافیای طبیعی.
- ۲- جداری عیوضی، جمشید، ۱۳۷۴، ژئومرفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۳- درش، ژان و پکی، ترجمه سیروس سهامی، بررسی جغرافیای طبیعی شمال ایران (۳) فصل دوم: توده علم کوه، مجله دانشکده ادبیات مشهد، سال سوم، شماره ۴.
- ۴- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، عکسهای هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰۰ پوشش سراسری عملیات مشترک، سال ۱۳۳۴.
- ۵- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ منطقه سلجمیان به شماره ۱-۶۱۶۲ و رود بارک به شماره ۴-۶۲۶۲، سال ۱۳۶۲.
- ۶- سازمان زمین شناسی کشور، شرح نقشه زمین شناسی زنجان به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰ ۱۳۴۸
- ۷- سازمان زمین شناسی کشور، گزارش زمین شناسی نقشه شکران، ۱۳۷۸.
- ۸- سازمان زمین شناسی کشور، نقشه زمین شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ چهارگوش شکران، ۱۹۷۷
- ۹- سازمان سنجش از دور ایران، تصویر ماهواره‌ای TM در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰، ۱۳۷۵.
- ۱۰- کک، روژه، ترجمه فرج‌اله محمودی، ۱۳۶۸، ژئومرفولوژی، جلد اول ژئومرفولوژی ساختمانی و دینامیک بیرونی، دانشگاه تهران.
- ۱۱- محمودی، فرج‌اله، ۱۳۶۷، تحول ناهمواریهای ایران در کواترنر، مجله پژوهشهای جغرافیایی، سال بیستم شماره ۲۳.