

شناسایی خاستگاه نهشته های پلیستوسن پسین جنوب دشت گانگ (شمال هند) با بهره گیری از کانی های رسی

پرویز غضنفری

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بین المللی امام خمینی

الکترونیکی نشانی P_ghazanfari@yahoo.com

دریافت: ۸۸/۸/۱۹ پذیرش: ۸۸/۱۲/۲۲

چکیده

دشت گانگ (گنگ) در شمال هندوستان بر روی بزرگترین پیش‌خشکی (فورلند) روی زمین قرار گرفته است. این دشت آبرفتی بزرگ از شمال به کمان بزرگ هیمالیا و از جنوب به کراتون هند محدود شده است. در منطقه کالپی، که در جنوب دشت گانگ و در کنار رود یامونا قرار گرفته است، نهشته های رسوبی گل‌سنگ، سیلت‌سنگ و ماسه‌سنگ برونزد دارد، و دارای بُرش چینه‌نگاری (۳۳ متر) با مقیاس زمانی 10^4 تا 10^5 سال است. این بُرش از تناوب گل‌سنگ و سیلت‌سنگ همراه با چند لایه نازک و متوسط ماسه‌سنگ و میان‌لایه‌هایی از کنگلومرا تشکیل شده است. یکی از مسائل زمین‌شناسی این دشت، شناسایی خاستگاه نهشته‌های کواترنر بخش جنوبی آن می‌باشد. یکی از روش‌هایی که در این راستا می‌تواند تا اندازه‌ای بخشی از ابهامات موجود را بر طرف سازد، به‌کارگیری کانی‌های رسی است. به این منظور، پس از جداسازی دانه‌های در اندازه رس، با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس، به‌صورت بدون تیمار، تیمار با گلایکول، و تیمار با گرما، شناسایی شدند. اسمکتیت کانی رسی اصلی در این بُرش است که همراه با آن کانی-های دیگر رسی آمیخته‌لایه کلریت/لورمیکولیت، ایلیت و کائولینیت نیز حضور دارند. بررسی کانی‌های رسی نشان می‌دهد که کراتون کم و بیش به‌طور پیوسته منبعی برای تامین رسوبات توالی کالپی عمل کرده است. به دیگر سخن، فراوانی اسمکتیت در این محل نشانگر آن است که منشاء رسوبات نمی‌توانسته از رشته‌کوه هیمالیا در شمال، بلکه از فرسایش برونزدهای کراتون در جنوب بوده است. واژه‌گان کلیدی: اسمکتیت، پلیستوسن پسین، خاستگاه رسوب، دشت گانگ، کانی‌های رسی

مقدمه

آب و بار رسوبی است [۳]. رودهای این دشت، حجم گسترده‌ای از رسوبات را از بخش‌های کوهستانی فرسایش داده، حمل نموده و در دشت ته نشین می‌کنند.

ستبرای توالی قاره‌ای ترشیاری پسین در این دشت از جنوب به شمال و به شکل گوه‌ای افزایش یافته و تا ۶ هزار متر می‌رسد [۴]. دشت گانگ از دیدگاه‌های گوناگون به ویژه رسوب‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی [۵]، نوزمین-ساخت [۶] و زمان‌زمین‌شناسی [۷] توسط پژوهشگران مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است.

یکی از بهترین رخنمون‌های توالی رسوبی کواترنر دشت گانگ، در منطقه کالپی که در کرانه جنوبی این دشت برونزد دارد، قرار گرفته است (شکل ۱). رخنمون کالپی با ستبرای نزدیک به ۳۳ متر در کرانه جنوبی رود یامونا قرار دارد. رود یامونا، با درازای نزدیک به ۱۳۷۰ کیلومتر، در جایگاه کنونی، اش رسوبات حاصل از فرسایش هیمالیا و کراتون را دریافت و حمل می‌نماید. بررسی زمان‌زمین-شناسی این مقطع زمان 10^4 تا 10^5 سال را نشان می‌دهد. یکی از محوری‌ترین مباحث در این ناحیه، شناخت

پیش‌خشکی^۱ هیمالیا یک فرونشینی خمشی و بزرگترین حوضه پیش‌خشکی روی زمین ($850/000$ کیلومتر مربع) است [۱]. این پیش‌خشکی یا حوضه ایندوگانگ^۲ دربرگیرنده دشت‌های نادگردیس شده ایندوگانگ و کمربند ترشیاری دگرریخت‌شده^۳ زیرهیمالیا^۴ می‌گردد [۲]. دشت ایندوگانگ از شمال به کوه‌های هیمالیا و از جنوب به کراتون هند محدود می‌گردد.

دشت گانگ (گنگ) بزرگترین دشت شمال هند و دارای ۱۲۰۰ کیلومتر درازا و ۵۰ تا ۱۵۰ کیلومتر پهنا می‌باشد. رودهای دائمی با دبی بالا از سوی هیمالیا (شمال) و کراتون هند (جنوب) وارد دشت شده و سرانجام رود بزرگ گانگ کل دشت را زهکشی نموده و به براهماپوترا می‌پیوندد و در نهایت وارد خلیج بنگال می‌گردد. رود گانگ به ترتیب دومین و سومین رود جهان از دید جریان

۱. بدون تیمار: آماده سازی اسلاید و خشک کردن در دمای آزمایشگاه

۲. تیمار با گلیکول: قرار دادن اسلاید در کوره برقی برای یک ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد برای غنی سازی کانی های رسی تورم پذیر مانند اسمکتیت [۱۱]

۳. تیمار با گرما: قراردادی در کوره تا دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت برای شناسایی کانی هایی چون کائولینیت

برای پیش گیری از آب گیری دوباره، همه اسلایدها تا هنگام قراردادی در دستگاه XRD در خشک کن دارای ژل سیلیس نگهداری شدند. روش شناسی و شناسایی کانی-های رسی بر پایه روش های [۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴] انجام گرفت (شکل ۲). فراوانی انواع کانی های رسی نیز به روش نیمه کمی تعیین گردید.

چینه نگاری

برش کالی با ۳۳ متر ستبرا شاید مربوط به ژرف ترین بخش توالی های کواترنر در دشت گانگ باشد که سن نهشته های آن تا 112 ± 12 ka میرسد [۱۵]. این برش بر پایه ویژگی های سنگ شناختی و چینه نگاری به سه رخداد [۱۶] یا چهار واحد [۱۷] بخش پذیر است. نیاز به گفتن است که مقدار و نوع کانی های رسی در این دسته بندی نقشی نداشته است. شکل (۳) برش کلی و الگو از میان ۱۳ برش این منطقه تهیه و ارائه شده است.

واحد ۱: دارای سیلت ماسه ای یا گل ماسه ای سرشار از رس به رنگ قرمز یا قهوه ای با ستبرای ۲ تا ۶/۶ متر و ساخت های رسوبی لکه لکه^۵، ریشه سنگال^۶ و گرهبک آهن-منگنز است. وجود ماسه سنگ فلدسپاتی آلکان درشت دانه در کانال پر شده در بخش پایینی این واحد، در مقایسه با بروزدهای بخش کراتونی، نشان داد این واحد از خاستگاه کراتونی (جنوب دشت) است [۸ و ۱۶].

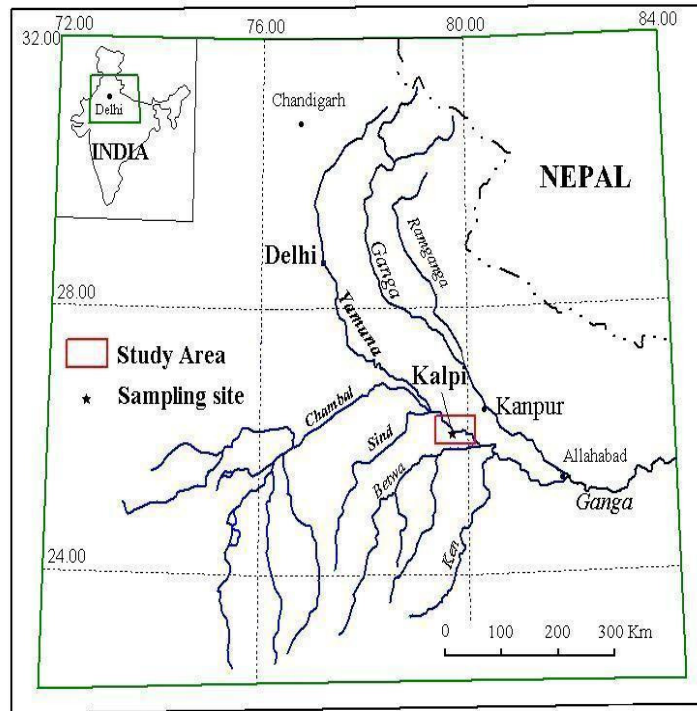
خاستگاه این نهشته هاست که کمک بسیاری به شناخت جغرافیای دیرینه و آب و هوای دیرینه این دشت می کند. در این راستا، از پرسش های پیش روی زمین شناسان این بوده است که نهشته های برش کالی از کوه های هیمالیا (در شمال) سرچشمه گرفته یا از کراتون هند (در جنوب)، و یا از هر دوی آنها؟ سینگ و باجپایی [۸] بر پایه وجود فلدسپاتهای الکان در نهشته ها، بخش پایینی توالی را از خاستگاه سنگ های پلوتونیک کراتون دانستند. اما تا کنون امکان استفاده از کانی های شاخص برای شناخت خاستگاه دیگر بخش های این توالی وجود نداشت. حتی روش های زمین شیمیایی نیز نتوانست به روشنی چنین جداسازی را نشان دهد (تری پاتی، گفته شفاهی). اما استفاده از کانی-های رسی در این پژوهش و در این توالی توانست تا اندازه ای این پرسش پایه ای را پاسخ دهد [۹]. هدف از پژوهش شناسایی خاستگاه نهشته های برش کالی بوده است.

روش مطالعه

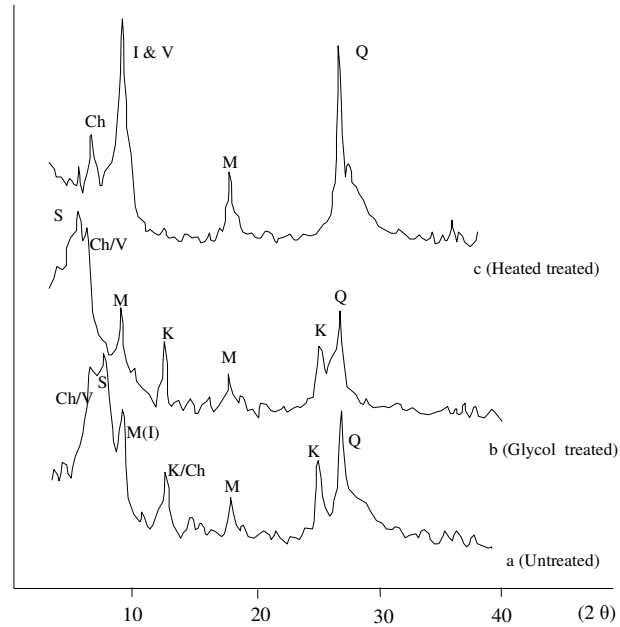
سیزده برش چینه نگاری برای همبستگی رخنمون ها در بخش باختری رود یامونا برای مطالعات چینه نگاری، تهیه ستون چینه سنگی و جداسازی رخساره ها برداشت شد. در یک برش در بخش جنوبی که (شیب کم تر و مناسب تری داشت) دوازده نمونه آنالیز XRD، هم برای نمونه های کلی سنگ و هم برای بخش رسی انجام گرفت. نمونه برداری از یکی از بخش های واحد ۴ به دلیل شیب بسیار تند میسر نگشت.

شناسایی کانی های رسی ابتدا از H_2O_2 برای حذف مواد آلی استفاده شد. سپس با روش الک تر دانه های بزرگ تر از سیلت جدا گردید. با به کارگیری استوانه های آتربرگ و قانون استوک دانه های کوچک تر از ۶۳ میکرون به حالت معلق در آورده و سپس دانه های کوچک تر از ۲ میکرون جدا شدند [۱۰] و نمونه جهت یافته آن ها تهیه شد.

دانه های در اندازه رس با به کارگیری دستگاه پراش پرتو ایکس فیلیپس (PW3710) و روش های زیر مورد بررسی کانی شناختی قرار گرفتند:



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و محل نمونه برداری در بُرش کالپی



شکل ۲- نمونه ای از پراش پرتو ایکس (XRD)، نمونه K1 = S) اسمکتیت، K = کاتولینیت، Ch = کلریت، I = ایلیت، V = ورمیکولیت، M = میکا، Q = کوارتز).

کانی های رسی در نمونه های توده های دامنه ای از کم تر از ۵ درصد تا ۵۴ درصد را نشان می دهد. ۱۲ نمونه از واحدهای چهارگانه برای بررسی های دقیق کانی های رسی انتخاب شد.

دانه های در اندازه رس مربوط به نهشته های برش کالپی دارای اسمکتیت، آمیخته لایه کلریت-ورمیکولیت، کائولینیت، میکا (ایلیت) و کوارتز می باشند. اسمکتیت، با فراوانی ۳۶ تا ۷۱ درصد و میانگین کل ۵۳/۵ در صد، کانی رسی غالب در همه نمونه هاست. دیگر کانی های رسی به ترتیب فراوانی عبارتند از: آمیخته لایه کلریت - ورمیکولیت، ایلیت و کائولینیت.

بحث

برای دانستن نقش نسبی رودهای هیمالیا و رودهای کراتون هند به عنوان حمل کننده رسوبات از خاستگاه به دشت گانگ، از کانی های رسی برای شناسایی خاستگاه و برای شناخت شرایط زمین شناسی نواحی خاستگاه استفاده شد (شکل ۵).

برجستگی کم توپوگرافی و تراوایی کم رسوبات، همچنین بارش (رواناب) و دمای کم برای ساخت اسمکتیت مطلوب می باشد [۱۴]. چنین شرایطی به دلیل برجستگی بسیار، بارش و رواناب فراوان در خاستگاه هیمالیا وجود ندارد. اسمکتیت یا اسمکتیت/کائولینیت در دشت گانگ در بسیاری از گزارش ها آورده شده است [۱۸ و ۱۹]. وجود اسمکتیت در دشت تابعی از هوازدگی برجا می باشد که از دگرسانی فلدسپار و میکا به دست آمده است. همچنین تراخی بیوتیت^۲ به ورمیکولیت و اسمکتیت در این ناحیه گزارش شده است [۲۰]. بررسی های انجام گرفته توسط جا [۲۱] نشان داده است که پس از پیوستن رودهای کراتون (مانند چمیل و بتوا) با رود یامونا، اسمکتیت در نهشته های معلق به چهار برابر افزایش می یابد. این کانی رسی تا کنون تنها در آب و هوای خشک دیده شده است [۲۲].

ورمیکولیت دومین کانی رسی مهم در برش کالپی است (شکل ۳). این کانی رسی در بخش های گوناگون دشت گانگ شناخته شده است [۲۳]. ورمیکولیت بیش تر به

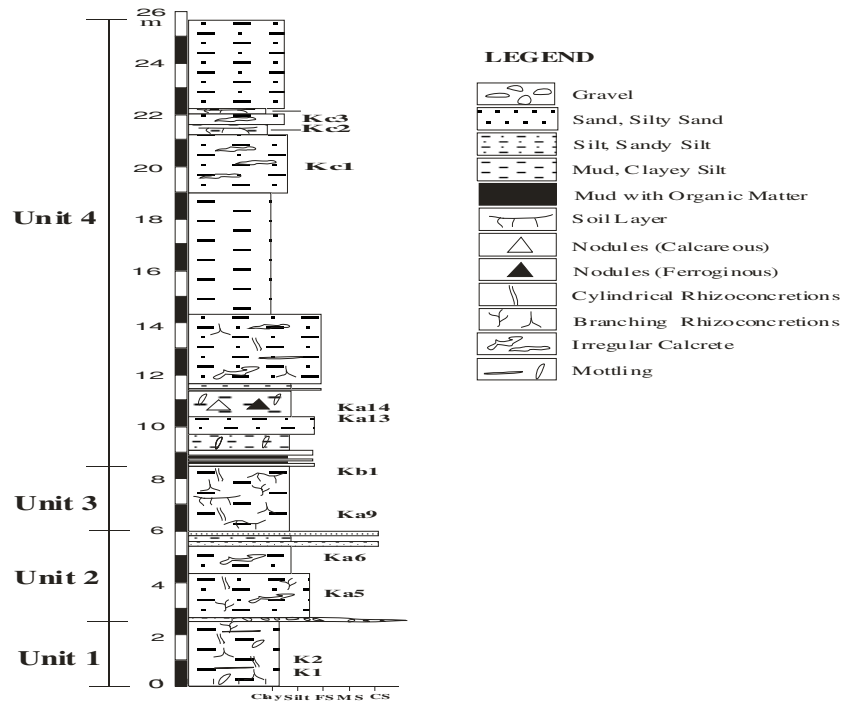
واحد ۲: دارای ۱/۷ تا ۴ متر ستبرا از ماسه سیلتی خاکستری روشن و سیلت یا سیلت رسی ماسه ای خاکستری متمایل به قهوه ای و ساخت های ریشه سنگال شاخه ای و استوانه ای، گرهک های کربناته به صورت کالکریت^۷ چینه بندی مورب عدسی شکل و لامیناسیون مورب ریپلی است. سینگ و همکاران [۱۶] بر پایه ماسه ریزدانه میکادار خاکستری روشن، خاستگاه این واحد را هیمالیا (شمال دشت) عنوان کرده اند. به نظر می رسد این واحد در یک محیط کانال رودخانه ای کم ژرف پهن ته نشین شده است.

واحد ۳: دارای همبری ناگهانی بویزه با واحد ۲ است و ستبرای ۱/۷ تا ۳ متر گل ماسه ای سرشار از رس قهوه ای تا قهوه ای تیره دارد. ساخت های رسوبی ریشه سنگال (با ریخت استوانه ای، شاخه ای، گلوله ای و خوشه ای) و گرهک کربناته به ویژه ساخت های زیست زادی در این واحد فراوانند به گونه ای که در اثر این فرایند بیشتر چینه بندی آغازین از بین رفته اند. واحد ۳ به سوی شمال باختری ناپدید شده به طوری که واحد ۴ به طور مستقیم روی واحد ۲ قرار گرفته است. ویژگی های رسوبی این واحد نشانگر ته نشینی در محیط مانداب پستی^۸ دشت سیلابی و یا دیرینه خاک^۹ است.

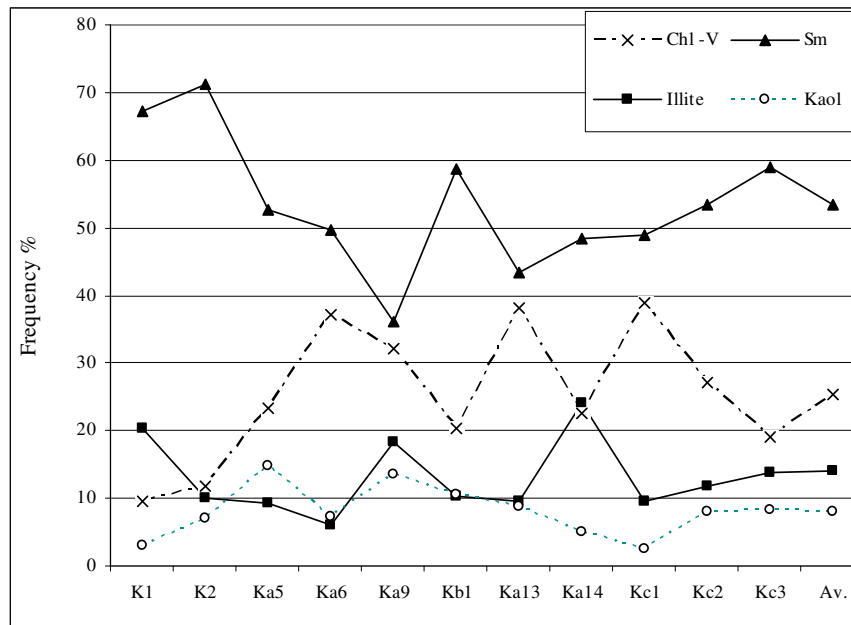
واحد ۴: با بیشترین ستبرا (۲۳ متر) بر روی واحد ۳ و در شمال باختری به طور مستقیم بر روی واحد ۲ قرار گرفته است. این واحد دارای تناوبی از لایه های سیلت ماسه ای زرد رنگ و گل ماسه ای قهوه ای و ساخت های چینه بندی مورب، لکه لکه و آشفته گی زیستی گرهک های آهک کالکریت و ریشه سنگال می باشد. محیط های رسوبی دشت سیلابی، کروس پهن^{۱۰} با خاکزایی در این واحد رسوبی شناسایی گردید [۹].

نتایج

کانی های رسی از پایین ترین تا بالاترین لایه های برش کالپی با فراوانی متفاوت وجود دارند. پراش پرتو ایکس نمونه ها نشانگر این است که اسمکتیت، سپس میکا (ایلیت)، کائولینیت، کلریت و رس های آمیخته لایه^{۱۱} مهم ترین کانی های این برش هستند (شکل ۴). میزان



شکل ۳- بُرشی از منطقه کالپی که تغییرات رخساره‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۴- ترکیب کانیهای رسی نهشته های بُرش کالپی Av: average

اسمکتیت. مقایسه رس‌های این دو رود (یامونا و گانگ) نشان می‌دهد به استثنا اسمکتیت، نسبت فراوانی کانیهای رسی هر دو رود همانند است.

با توجه به شیب زیاد، آب و هوای سرد، بارش فراوان، برونزد سنگ‌های رسوبی و دگرگونی، و چیرگی هوازدگی فیزیکی، رس‌های یافت شده در رود یامونا حاصل فرسایش و حمل رس‌های پیشین این خاستگاه است (جدول ۱). بنابراین، در مجموع، خاستگاه هیمالیا شرایط لازم برای ساخت کانی رسی اسمکتیت را ندارد. در حالی که ویژگی-های زمین‌شناسی و شرایط آب و هوایی برای ساخت این کانی در بخش جنوبی دشت گانگ (کراتون) مطلوب است [۹]. بخش جنوبی از سنگ‌های مناطق تراپ دکن، ویندین-بوندل خان و آراوالی ساخته شده است و به وسیله رودهای چمبال، سیند، بتوا و کن زهکشی می‌شود (شکل ۵).

بیش تر نواحی ویندین دارای ماسه‌سنگ، سنگ‌آهک، شیل و کنگلومرا است. در این ناحیه، آبرگروه آراوالی با کوارتزیت، فیلیت، آرکوز و کنگلومرا شناسایی می‌شود. تراپ دکن (کرتاسه بالایی) نیز از سنگ‌های آتشفشانی دارای ترکیب ذلریت یا بازالت ساخته شده است [۲۹]. کانی‌های ثانویه اغلب در تراپ‌ها به صورت دگرسانی یا جانیشینی گسترش یافته‌اند. شیب یا برجستگی در بخش جنوبی نسبتاً کم و برای ساخت اسمکتیت مناسب است (جدول ۱). بارش کم‌تر از ۱۰۰۰ میلی متر (به‌ویژه کم‌تر از ۲۵۰ میلی‌متر) شرایط آب و هوایی خوبی را برای گسترش اسمکتیت فراهم می‌سازد [۱۴]، که چنین ویژگی آب و هوایی در کراتون فراهم است. هوازدگی بازالت، با بارش سالیانه ۴۰۰ میلی متر، اجازه برجای ماندن Ca و Mg در بخش هوازده را می‌دهد؛ که سرانجام به ساخت اسمکتیت می‌انجامد [۳۰]. تراپ دکن به عنوان خاستگاه، همراه با عواملی چون برجستگی کم و بارش نسبتاً کم در حوضه‌های آبریز آن، مقدار چشمگیری اسمکتیت را در رود یامونا جابه جا می‌نماید [۳۱]. از سوی دیگر، در دشت‌ها وجود اسمکتیت کاملاً بارز است. بنابراین ترکیب کانی رسی به عنوان یک شاخص برای شناخت خاستگاه نهشته های برش کالیپ مورد بهره برداری قرار گرفت.

صورت رس آمیخته‌لایه پدید می‌آید. احتمالاً بیش تر ورمیکولیت‌ها در اثر پسرقت^{۱۲} (کنش آبشویی ملایم) سیلیکات‌های ورقه‌ای پیشین^{۱۳} ساخته می‌شود. بیشترین ویژگی ورمیکولیت به‌وسیله کانی اولیه تعیین می‌گردد [۱۴]. ورمیکولیت‌های خاک تقریباً همیشه از دگرسانی میکا و کلریت ساخته می‌شود [۲۴]. پال و همکاران [۱۹] نتیجه گیری کردند که ورمیکولیت و اسمکتیت در اثر هوازدگی میکای بیوتیت در دشت مرکزی گانگ ساخته شده است.

کلریت فراوانی کمتری را در دشت گانگ نشان می‌دهد. تنها در منطقه کوهپایه‌ای این دشت مقدار بالایی از این کانی رسی یافت می‌گردد [۲۵]. ناهمانند با رودهای کراتون، که در واقع کلریت در آن‌ها نیست، بار رسوبی رودهای هیمالیا دارای ۵ تا ۲۰ درصد کلریت می‌باشد [۲۱].

ایلیت مهم‌ترین سازنده نهشته‌های رودهای هیمالیا، همچنین دشت گانگ، می‌باشد [۱۹ و ۲۶]. اما در میان کانی‌های رسی کالیپ سومین کانی است (شکل ۳). بر پایه کارهای نخستین [۲۷]، به‌نظر می‌رسد بیشتر بخش‌های میکا، در اثر دگرسانی، احتمالاً به اسمکتیت و ورمیکولیت تراریخته^{۱۴} شده است.

کائولینیت با مقدار نسبتاً کمتری در برش کالیپ یافت می‌شود (شکل ۳). این کانی در نواحی با بارش بیش از ۱۰۰۰ میلی متر و pH خنثی تا اسیدی (کم) فراوان است [۱۴].

کانی‌شناسی رسی نهشته‌های کرانه^{۱۵} رود یامونا مقادیر ۶۲، ۲۰/۳، ۱۰/۹ و ۶/۸ درصد را به ترتیب برای کانی‌های رسی اسمکتیت، ایلیت، کلریت-ورمیکولیت و کائولینیت نشان می‌دهد. مقادیر کانی‌های رسی یاد شده با واحد ۱ توالی کالیپ قابل مقایسه است. در مواد خاستگاه رود یامونا در هیمالیا اسمکتیت وجود ندارد [۲۸]. بررسی بر روی مواد معلق رودهای گانگ و ایندوس نشان می‌دهد آن‌ها نیز دارای این کانی رسی نیستند [۲۵]. چاکراپانی و همکاران [۳] با بررسی کانی‌شناسی نهشته‌های معلق رود گانگ، پس از پیوستن رود یامونا و پیش از ورود به خلیج گانگ، نشان دادند که روند کاهش کانیهای رسی در این رود عبارتند از: میکا، کلریت، ورمیکولیت، کائولینیت و

تغییر میزان کانی‌های رسی در نمودار سنگی (شکل ۴) نشان می‌دهد واحد ۱ بیشترین مقدار اسمکتیت و واحد ۳ کمترین مقدار را دارد. تغییرات عمودی در برش را می‌توان به تغییر در سهم تامین رسوب از خاستگاه، شرایط آب و هوایی آن، و رخساره رسوبی واحدها نسبت داد. رتالاک [۳۹] در خاک‌های دیرینه کرتاسه تا ترشیاری شمال باختری آمریکا تغییر در توالی رو به بالا، کاهش کائولینیت و افزایش ایلیت و کلریت را به تغییر آب و هوایی از بسیار نمناک تا بسیار خشک نسبت داد. بر پایه نتایج به دست آمده از تاریخچه آبرفت‌گذاری، آنالیز رخساره‌های سنگی و زمین‌ریخت‌های برجای مانده در دشت گانگ، دو فاز چیرگی آب و هوای نمناک و یک فاز خشک در کوتاه‌تر پسین شناسایی شده است [۴۰].

توپوگرافی یا شیب ریخت‌شناسی نقش پایه‌ای در ساخت نوع کانی رسی دارد [۴۱]. رشته کوه هیمالیا، بویژه در بخش کوهستانی‌اش دارای شیب تند تا بسیار تند می‌باشد. در حالیکه کراتون دارای ریخت‌شناسی تپه ماهور و کم شیب است (جدول ۱). شیب دشت گانگ نیز، به‌ویژه در بخش‌های پایین دست بسیار کم است.

فعالیت‌های نوزمین ساختی در منطقه بوسيله: الف- برخی سیمای‌های زمین‌ریختی مانند دره فرسایشی^{۱۶} آبراهه‌ها و رودها در بخش‌های باختری و جنوبی دشت گانگ [۳۰]. ب- داده‌های لرزه‌ای و زمین‌لرزه‌ای [۴۲]. قابل شناسایی است (جدول ۱). داده‌های لرزه‌نگاری نیز نشانگر پویایی بالای هیمالیا و شرایط به‌طور نسبی آرام کراتون، به‌ویژه تراپ دکن، است. برخی فرایندهای رودخانه‌ای مانند جابجایی و مهاجرت آبگذرها در دشتهای گانگ را وابسته به فعالیت‌های نوزمینساختی می‌دانند [۴۳]. جنبش‌های نوزمینساختی در دشت گانگ از راه بررسی‌های زمین‌ریخت‌شناسی خاک نیز نتیجه‌گیری شده است [۶]. فرسایش خندقی پیرامون آبراهه‌ها و رودها، وابستگی این‌گونه ریخت‌ها به فعالیت‌های نوزمین ساخت آن منطقه دارد. برای نمونه چنین پدیده زمین‌ریختی تنها در بخش باختری رود گانگ دیده شده است [۹]. به دلیل نرخ بالای بالآمدگی در هیمالیا (نزدیک ۴ سانتیمتر در سال [۴۴] و شیب تند ناشی از آن، کانی‌های رسی برجا فرصت ساخت نمی‌یابند. در نتیجه کانی‌های رسی ایلیت و کلریت در اثر فرسایش شدید برونزدهای سنگ‌های رسوبی

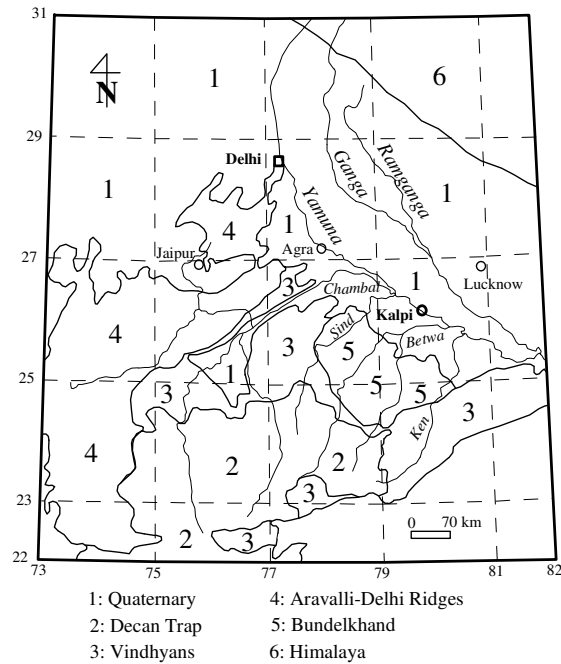
رودهای هیمالیا دارای مقدار بالایی ایلیت، مقدار تقریباً برابر کلریت و کائولینیت و کمی یا بدون اسمکتیت (کمتر از ۲٪) هستند [۲۲]. در حالی‌که رودهای کراتون بیشتر دارای اسمکتیت (۲۳ تا ۸۶ درصد) می‌باشند [۳۲]. در بار رسوبی رودهای هیمالیا بین ۵ تا ۲۰ درصد کلریت وجود دارد، درحالی‌که در رودهای کراتون کلریت حضور ندارد [۲۱]. بنابراین، وجود کلریت در برش کالپی تنها از خاستگاه هیمالیا سرچشمه گرفته است. حال آنکه کائولینیت از هر دو خاستگاه آورده شده است. همان‌گونه که پیشتر گفته شد، کائولینیت از خاستگاه هیمالیا، بیشتر در اثر فرسایش سنگ‌های رسوبی، ولی در کراتون بیشتر در اثر دگرسانی سنگ‌های آذرین [۳۳] ساخته شده است. کلریت به دلیل هوازگی شیمیایی و محیط قلیایی در کراتون امکان ساخت ندارد. از سوی دیگر وجود کلریت از خاستگاه هیمالیا در اثر فرسایش و ترابری سنگ‌های دگرگونی به دست می‌آید.

در منطقه کالپی، خاستگاه هیمالیا دارای فاصله دورتری نسبت به کراتون می‌باشد. فاصله برش کالپی تا سرشاخه های رود یامونا تا بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر نیز می‌رسد، در حالیکه این فاصله برای کراتون چند ده تا چند صد کیلومتر است. در کل، نهشته‌های رودهای هیمالیا درشت‌تر از رودهای کراتون می‌باشد [۲۱]. گیبس [۳۴] بر این باور است که سازوکار ته نشینی گوناگون، کنترل‌کننده اندازه دانه‌ها است.

سیرو و همکاران [۳۵] نشان دادند نهشته‌های رودخانه‌ای به‌سوی پایین رود، نسبت کائولینیت کاهش و نسبت اسمکتیت افزایش می‌یابد. بررسی‌ها بر روی رودخانه گوادلوپ تا خلیج مکزیک نشان داد با نزدیک شدن به دریا، در اثر تبدیل اسمکتیت به کلریت، از میزان اسمکتیت کاسته و کلریت افزایش می‌یابد [۳۶]. بررسی کانی‌های رسی رود می‌سی‌سی‌پی از بالا به پایین نشان از افزایش اسمکتیت، کاهش ایلیت و کائولینیت و سرانجام عدم تغییر میزان کلریت دارد [۳۷]. نسبت کلریت به کائولینیت نهشته‌های معلق نشانگر کاهش (از ۰/۳ تا ۲) به‌سوی پایین دست رود یامونا است [۲۱]. فراوانی بیشتر کلریت نسبت به کائولینیت در بالارود می‌تواند ناشی از فرسایش بالا و جدایش کلریت پیشین^{۱۳} باشد [۳۸].

جدول ۱- مقایسه ویژگی های گوناگون دو خاستگاه هیمالیا و کراتون

کراتون (جنوب)	هیمالیا (شمال)	جایگاه
نیمه خشک- نیمه معتدل	سرد	آب و هوا
۹۰۰ - ۱۴۰۰	۱۲۰۰ - ۲۲۰۰	میانگین بارش سالیانه (میلی متر)
۲۲.۵ - ۲۷.۵	زیر ۲۰	میانگین دمای سالیانه (سانتیگراد)
کم شیب	پر شیب	توپوگرافی
۳۰۰ - ۶۰۰	۱۰۰۰ - ۶۰۰۰	بلندی از تراز دریا (متر)
کم پویا	بسیار پویا	نو زمینساخت
۱ و ۲ (کمترین ریسک)	۴ و ۵ (بیشترین ریسک)	زون بندی زمین لرزه
شیمیایی	فیزیکی	هوازدگی چیره
بازالت، دلریت و گرانیت	رسوبی، دگرگونی	سنگ چیره
برجاسا	موروثی	ژنز اصلی کانیهای رسی
اسمکتیت	ایلیت	کانی رسی چیره



شکل ۵ - دشت گانگ و بخشهای پیرامون آن. شماره های زیر شکل نشانگر جایگاه جغرافیایی آنها در درون شکل است (نقشه ساده شده زمین شناسی سازمان زمین شناسی هند ۱۹۹۸).

فهرست واژه های اختصاصی

1- Foreland	9- Paleosol
2- Indogang Basin	10- Crevasse splay
3- Deformed	11- Mixed-layer clay
4- Sub-Himalaya	minerals
5- Mottling	12- degradation
6- Rhizoconraton	13- Preexisting
7- Calcrete	14- Transformed
8- Backswamp	15- Overbank
	16- Incised

REFERENCES:

- [1] Burbank, D.W., Leland, J., Fielding, E., Anderson, R.S., Brozovic, N., Reid, M.R., and Duncan, C. (1996) Bedrock incision, rock uplift, and threshold hillslopes in the northwestern Himalaya. *Nature* 379, 505-510.
- [2] Tandon, S. K. (1991) The Himalayan Foreland: focus on Siwalik Basin: In: *Sedimentary Basin of India: Tectonic context* (Eds. By S. K. Tandon, C. P. Charu, and Casshyap, Gyanodaya Prakashan, Nainital, 171-200.
- [3] Chakrapani, G.J., Subramanian, V., Gibbs, R.J., and Jha, P.K. (1995) Size characteristics and mineralogy of suspended sediments of the Ganges river, India. *Environ. Geol.*, 25, 3, 192-196.
- [4] Parkash, B., and Kumar S. (1991) The Indo-Gangetic Basin. In: Tandon, S. K., Charu C. P. and Casshyap (eds.) *Sedimentary Basin of India: Tectonic context*, Gyanodaya Prakashan, Nainital, 147-170.
- [5] Sinha, R. and Friend, P.F. (1994) River systems and their sediment flux, Indo-Gangetic Plains, Northern Bihar, India. *Sedimentology*, 41, 825-845.
- [6] Parkash, B., Kumar, S., Rao, M.S., Giri, S. C., Kumar, C.S., Gupta, S., and Srivastava, P. (2000) Holocene tectonic movements and stress field in the western Gangetic plains. *Curr. Sci.* 79 (4), 438-449.
- [7] Srivastava, P., Singh, I.B., Sharma, S., Shukla, U.K. and Singhvi, A.K. (2003) Late Pleistocene-Holocene hydrologic changes in the interfluvial areas of the Central Ganga Plain, India. *Geomorphology*, 1327, 1-14.
- [8] Singh, I.B., and Bajpai, V.N. (1989) Significance of syndepositional tectonics in the facies development of the Gangetic Alluvium near Kanpur, Uttar Pradesh. *J. Geol. Soc. Ind.* 34, 61-66.

دگرگونی وارد رودها می گردند. در حالی که در کراتون، به-ویژه تراپ دکن، زمینساخت آرام فرصت کافی برای ساخت کانی های رسی برجا مانند اسمکتیت فراهم آورده است.

نتیجه گیری

یکی از روش های شناسایی خاستگاه رسوب، به کارگیری کانی های رسی است. این روش در منطقه کالپی در جنوب دشت گانگ هند استفاده شد. در بُرش کالپی، اسمکتیت کانی رسی چیره است که پس از آن به ترتیب فراوانی، کانی های کلریت-ورمیکولیت، ایلیت و کائولینیت قرار دارند. بر پایه ویژگی های زمین شناسی (سنگ شناسی و زمینساخت)، زمین ریخت شناسی (برجستگی یا شیب زمین) و شرایط آب و هوایی (بارش، دما و پوشش گیاهی) در هیمالیا (در شمال) و کراتون (در جنوب) به نظر می رسد کانی های رسی اسمکتیت نشانه خوبی برای شناخت خاستگاه رسوبات در این منطقه باشد. کراتون (به ویژه تراپ دکن) به دلیل داشتن سنگ های بازالتی مناسب برای هوازگی درجا، زمینساخت کم تکاپوتر (نسبت به هیمالیا)، شیب ملایم تر و آب و هوای گرم و بارندگی متوسط شرایط مطلوبی برای تولید اسمکتیت فراهم نموده است. بنابراین کراتون کم و بیش به صورت خاستگاه پیوسته و اصلی برای تامین رسوبات، به ویژه ریز دانه، در توالی کالپی عمل کرده است. در کل می توان چنین نتیجه گیری نمود که نه تنها واحد ۱ [۸]، بلکه دیگر واحدهای توالی کالپی جایگاه گردآوری و انبوهش مرکبی از هر دو خاستگاه شمال (هیمالیا) و جنوب (کراتون) بوده است.

در مورد شناسایی کانی های آمیخته لایه پیشنهاد می گردد نمونه ها پس از تیمار با $MgCl_2$ ، بار دیگر مورد بررسی قرار گیرند تا با اطمینان بیش تری بتوان آن ها شناسایی نمود.

- and B.A. Stewart), Lewis Pub., Boca Raton, 149-185.
- [21] Jha, P.K., Vaithyanathan, P., and Subramanian, V. (1993) Mineralogical characteristics of the sediments of a Himalayan river: Yamuna River: a tributary of the Ganges. *Environ. Geol.* 22, 13-20.
- [22] Pal, D.K., Bhattacharya, T., Deshpande, S.B., Sharma, V.A.K. and Velayutham, M. (2000b) Significance of Minerals in Soil Environment of India. NBSS Review Series, Vol. NBSS & LUP, Nagpur, 68 P.
- [23] Srivastava, P., Parkash, B., Sehgal, J.L., Kumar, S. (1994) Role of neotectonics and climate in development of the Holocene geomorphology and soils of the Gangetic plains between the Ramganga and Rapti rivers. *Sed. Geol.* 94, 129 – 151.
- [24] Douglas, L.A. (1977) Vermiculite. In: *Minerals in Soil Environments*. (Eds. by J. B. Dixon and S. B. Weed), Soil Sci. Soc. Am., 259-292.
- [25] Srivastava, P. and Parkash, B. (1998) Clay minerals in Soils as Evidence of Holocene Climatic Change, Central Indo-Gangetic Plains, North-Central India. *Quat. Res.*, 50, 230-239.
- [26] Konta, J. (1985) Mineralogy and chemical maturity of suspended matter in major rivers samples under the SCOPE/UNEP Project. *Mitt. Geol. Paläontol. Inst. Univ. Hamburg*, 58, 569-592.
- [27] Pal, D.K., Kalbande, A.R., Deshpande, S.B. and Sehgal, J.L. (1994) Evidence of clay illuviation in sodic soils of north-western part of the Indo-Gangetic plain since the Holocene. *Soil Sci.*, 158, 465-473.
- [28] Sarin, M.M., Krishnaswami K, Dilli K., Somayajulu, B.L.K. and Moore, W.S. (1989) Major ion chemistry of the Ganga-Brahmaputra river system: weathering processes and fluxes to the Bay of Bengal. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 53, 997-1009.
- [29] Krishnan, M.S. (1968) *Geology of India and Burma*. Madras, Higginbothams, 555 P.
- [30] Roy, B.B., and Barde, N.K. (1962) Some characteristics of the black soils of India. *Soil Sci.* 93, 142-147.
- [31] Tandon, S.K., Gibling, M.R., Sinha, R., Singh, V., Ghazanfari, P., Dasgupta, A., Jain, M., and Jain, V. (2006) Alluvial valleys of the Gangetic plains, India: causes and timing of incision. *Sedimentary Geology*. SEPM Special Pub., 85, 15-35.
- [32] Subramanian, V., 1980. Mineralogical input of suspended matter by Indian rivers into the
- [9] Ghazanfari, P. (2003) Geomorphological, sedimentological and geochemical studies of the Delhi-Moradabad and Kalpi windows in the Ganga plain, north India. Unpublished Ph.D. thesis, Delhi University, Delhi, 180 P.
- [10] Muller, G. (1967) Sedimentary petrology. In: *Methods in sedimentary petrology*, (Translated by Hans-Ulrich Schmincke) Hafuer Pub. New York, 283 P.
- [11] Carroll, D. (1974) *Clay Minerals: A guide to their X-ray identification*. 3rd edn. Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 126 P.
- [12] Brown, G., and Brindley, G.W. (1980) X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: *Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification* (Eds. by G. W., Brindley, and G. Brown), Mineralogical Society, London, 305-360.
- [13] Hardy, R., and Tucker, M.E. (1988) X-ray powder diffraction of sediments. In: *Techniques in Sedimentology* (Ed. By M. E. Tucker), Blackwells, Oxford, 191-228.,
- [14] Weaver, C.E. (1989) *Clays, Muds and Shales*. Elsevier, 819 P.
- [15] Gibling, M.R., Tandon, S.K., Sinha, R., and Jain, M. (2005) Discontinuity-bounded alluvial sequences of the southern Gangatic plains, India: aggradation and degradation in response to monsoonal strength, *Jour. Sed. Research*, 75, 3, 369-385.
- [16] Singh, I.B., Srivastava, P., Sharma, S., Sharma, M., Singh, D.S., Rajagopalan, G., and Shukla, U.K. (1999) Upland interfluvial (Doab) deposition: alternative model to muddy overbank deposits. *Facies*, Erlangen 40, 197-210.
- [17] Sinha, R., Khanna, M., Jain, V. and Tandon, S.K. (2002) Mega-geomorphology and sedimentation history of parts of the Ganga-Yamuna plains. *Curr. Sci.* 82 (5), 562-566.
- [18] Kumar, S., Parkash, B., Manchand, M.L., Singhvi, A.K. and Srivastava, P. (1996) Holocene landform and soil evolution of the western Gangetic Plains: Implications of neotectonics and climate. *Z. Geom. N. F.* Berlin – Stuttgart, 103, 283-312.
- [19] Pal, D.K., Srivastava, P., Durge, S.L., and Bhattacharyya, T. (2003) Role of microtopography in the formation of sodic soils in the semi-arid part of the Indo-Gangetic Plains, India. *Catena* 51, 3-31.
- [20] Pal, D.K., Dasog, G.S., Vadivelu, S., Ahuja, R.L. and Bhattacharyya, T. (2000a) Secondary calcite carbobate in soils of arid and semi-arid regions of India. In: *Global Climate Change and Pedogenic Carbonates*, (Eds. By R. Lal, J.M. Kimble, H. Eswaran,

- [42] Ghosh, D.K., 1994. Modern alluvial fans of the Indo-Gangetic- Brahmaputra plain and their tectonic control. In: India: Geomorphological Diversity. (Eds. By K. R. Dikshit, V. S. Kale, and M. N. Kaul), Jaipur: Rawat Pub., 287-300.
- [43] Gupta, S. (1997) Himalayan drainage patterns and the origin of fluvial megafans in the Ganga foreland basin. *Geology* 25(1), 11-14.
- [44] Wang, Q., Zhang, P., Freymueller, J.T., Bilham, R., Larson, K.M., Lai, X., You, X., Niu, Z., Wu, J., Li, Y., Liu, J., Yang, Z., and Chen, Q. (2001) Present-day crustal deformation in China constrained by global positioning system measurements: *Science*, v. 294, 574-577.
- [45] Geological map of India 1:2000000, (1998) Geological survey of India.
- adjacent areas of the Indian Ocean. *Mar. Geol.* 36, 29-34.
- [33] Singh, P., and Rajamani, V., 2001. Geochemistry of the floodplain sediments of the Kaveri river, south India. *Jour. Sed. Research*, 71, 1, 50-60.
- [34] Gibbs, R.J., 1977. Clay mineral segregation in the marine environment. *J. Sediment. Petrol.*, 7, 237-243.
- [35] Siiro, P., Rasanen, M., Gingras, M.K., Harris, C.R., Irion, G., Pemberton, G., and Ranzi, A., 2005. Application of laser diffraction grain-size analysis to reveal depositional processes in tidally influenced systems. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment*, 35, 159-180.
- [36] Greensmith, J.T., 1988. *Petrology of sedimentary rocks*. George Allen & Unwin, London, 241 P.
- [37] Potter, P.E., Heling, D., Ships, N.F., and Van Wie, W., 1975. Clay mineralogy of modern alluvial muds of the Mississippi River Basin. *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, 9, 353-389.
- [38] Biscaye, P.E., 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 76, 803-832.
- [39] Retallack, G.J., 1986. Fossil soils as grounds for interpreting long-term controls on ancient rivers. *Jour. Sed. Petrol.*, 56, 1-18.
- [40] Joshi, D.D., 2001. Late Quaternary climatic events of the Gangetic plain. *Geol.Surv. of India, Spl. Pub.* 65(III), 101-107.
- [41] Velde, B., 1992. *Introduction to clay mineralogy: chemistry, origin and environmental significance*. Chapman & Hall, 198 P.