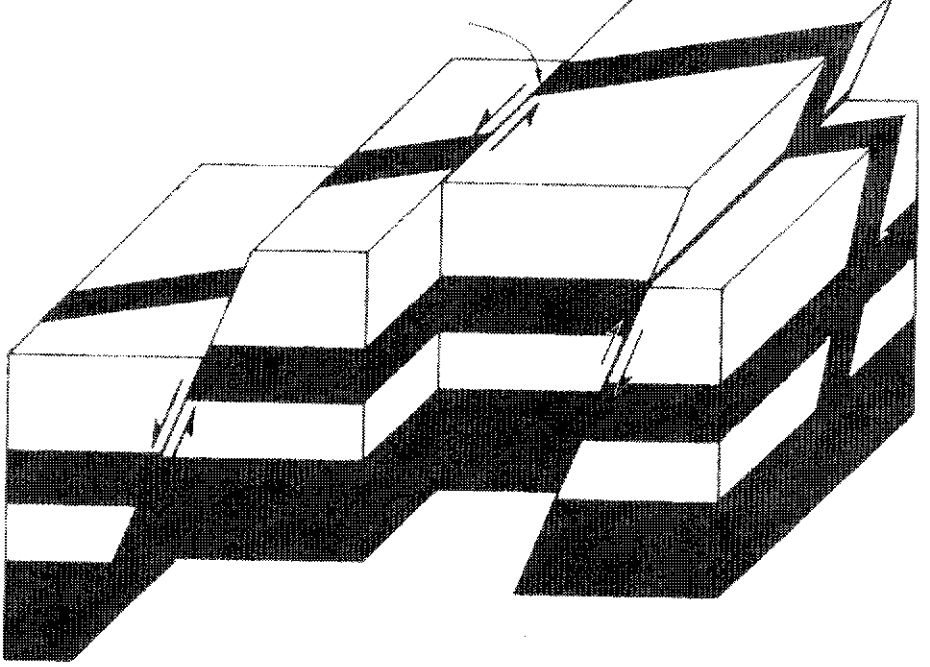


گسل راستالغز و تولد حوضهٔ رسوبی

نوشته: دکتر سهیلا بوذری

مقدمه

بیش از صد سال قبل، فکر ارتباط فعالیت‌های تکتونیکی با فرایندهای رسوب‌گذاری پدید آمد. این فکر براساس شناخت بزرگ ناودیس‌ها و یا تجمع ضخیمی از رسوبات تشکیل‌دهندهٔ کوه‌ها بود. **هال**[1] (۱۸۶۹) شاید نخستین کسی بود که بین تغییر شکل و رسوب‌گذاری ارتباطی قائل بود. از آن پس، محققانی همچون: **دانا**[2] (۱۸۷۳)، **استیل**[3] (۱۹۱۱)، کرمبین و اسلاس[4] (۱۹۶۳)، ریدینگ[5] (۱۹۸۶)، آلن و آلن[6] (۱۹۹۳)، مک کلی و دیگران[7] (۱۹۹۵)، و بسیاری دیگر به این مهم پرداختند و ضمن ارائهٔ شواهد زمین‌شناسی، الگوی مربوط به تشکیل و تکامل برخی از حوضه‌ها را نیز عرضه کردند.

در طول سالیان متمادی همگام با پیشرفت علم رسوب‌شناسی، اعتقاد به ارتباط رخساره‌های رسوبی با تکتونیک حاکم بر مناطق، در موضع قوت و ضعف قرار می‌گرفت. اما با ظهور نظریهٔ تکتونیک صفحه‌ای، میل به این ارتباط قوت بیش‌تری یافت. این نظریه نشان داد که یکی از بهترین عوامل کنترل‌کنندهٔ رسوبات و تغییر شکل آن‌ها، موقعیت حوضهٔ رسوب‌گذاری و ارتباط آن با مرز صفحه‌هاست. در ابتدا بر مرزهای واگرا (پشته‌های میان اقیانوسی) و همگرا (مناطق فرورانش) تأکید می‌شد که روی پوستهٔ اقیانوسی قرار گرفته بودند. سپس با توجه به حوضه‌های کوچک روی پوستهٔ قاره‌ای، نقش مهم مرزهای گسلهٔ راستالغز[8] نیز آشکار شد.

طی دهه‌های اخیر، به دلیل اهمیت اقتصادی حوضه‌های رسوبی مطالعات گسترده‌ای روی آن‌ها انجام گرفته است. در همین رابطه نقش عواملی همچون: جایگاه تکتونیکی و وضعیت گسل‌های کنترل‌کنندهٔ اطراف حوضه، تحولات پی‌سنگی و حرکات آستنوسفری در ایجاد و تکامل حوضه‌های رسوبی، بررسی و معرفی شده‌اند.

براساس اطلاعات موجود، ساز و کارهای تکتونیکی متعددی همچون فرایندهای فشاری و کششی در تشکیل حوضه‌ها مؤثرند. نتیجهٔ فرایند فوق موجب فعال شدن گسل‌های پی‌سنگی و تأثیر آن روی ساخت‌های سطحی است که از آن جمله می‌توان به فعال شدن گسل‌های راستالغز و

تشکیل حوضه‌های کشیده- جداشده[9] در طول آن‌ها اشاره کرد.

آشنایی با گسل‌های راستالغز

گسل‌های راستالغز شامل آن دسته از گسل‌هایی هستند که حرکت قطعات گسله به موازات امتداد گسل است و در مناطق متعددی ظاهر می‌شوند (ریدینگ، ۱۹۸۶). همچنین رمزی و هوبر[10] (۱۹۸۷) گسل‌های راستالغز را ساختمان‌های پرشیبی معرفی کرده‌اند که در طول امتداد آن‌ها جابه‌جایی افقی انجام می‌گیرد و عمود بر امتداد گسل، دیواره‌های آن رخنمون دارد (شکل ۱). براساس جابه‌جایی قطعات گسله ممکن است، گسل راستالغز چپ‌گرد یا راست‌گرد باشد.

مشخصات گسل‌های راستالغز اعم از چپ‌گرد یا راست‌گرد را **فروند**[11] (۱۹۷۴) به‌صورت زیر معرفی کرده است:

۱. بخش انتهایی گسل‌های راستالغز به‌وسیلهٔ ریز گسل‌های انشعابی یا تغییر روند آن‌ها مشخص می‌شود.

۲. میزان جابه‌جایی در طول گسل متغیر است و این میزان به سمت بخش‌های انتهایی کاهش می‌یابد.

۳. جابه‌جایی به‌وقوع پیوسته در طول گسل کم‌تر از ۲۵ درصد طول گسل است.

۴. به موازات امتداد یا راستای گسل بخش‌های مجاور جابه‌جایی مشابه دارند.

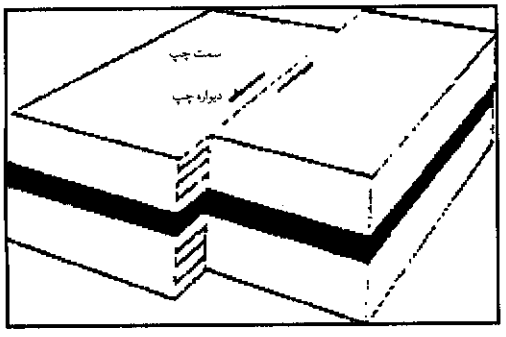
۵. گسل‌های راستالغز با تشکیل در صفحات قاره‌ای، عامل تغییر شکل درون قاره‌ای هستند.

گسل‌های راستالغز تحت تأثیر ساز و کار تکتونیکی کششی و فشاری فعال می‌شوند (**هارلند**[12] ۱۹۷۱، ویل کاکس، هاردینگ و سیلی[13] ۱۹۷۳). پس ممکن است گسل راستالغز، در یک دوره تحت تأثیر نیروی کششی و با عملکرد **تراکششی**[14]، تشکیل حوضه‌های رسوبی بدهد، اما با تغییر نوع نیروی وارده از کششی به فشاری، عملکرد گسل نیز به **ترافشاری**[15] تغییر یافته باشد. در این صورت، رسوبات انباشته شده در حوضه، چین‌خورده و برخاسته شده‌اند.

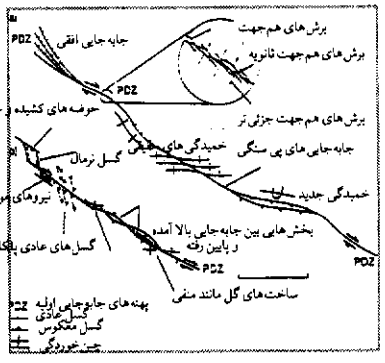
به‌عنوان مثال، گسل سان‌آندریاس از کشیدگی واگرا میوسن به فشردگی همگرا در پلیوسن تغییر یافته است (ناردین و هینی[16]، ۱۹۷۸ نوریس، کارتر و ترن‌بال[17] ۱۹۷۸). یا گسل تقریباً شمالی- جنوبی بحرالمیت به صورت پهنهٔ گسلهٔ متشکل از ریز گسل‌های انشعابی در دورهٔ میوسن تشکیل حوضهٔ بحرالمیت را داده که امروزه حضور ساختمان‌های چین‌خورده نشانگر عملکرد تنش‌های فشاری بعد از دورهٔ میوسن است.

در چنین ساز و کار فشاری از وسعت حوضه کاسته می‌شود و رسوبات پس از چین‌خوردن برخاستگی‌ها را تشکیل می‌دهند. مواد رسوبی حاصل از فرسایش برخاستگی‌های حاصله در تغذیهٔ حوضهٔ رسوبی نقش دارند.

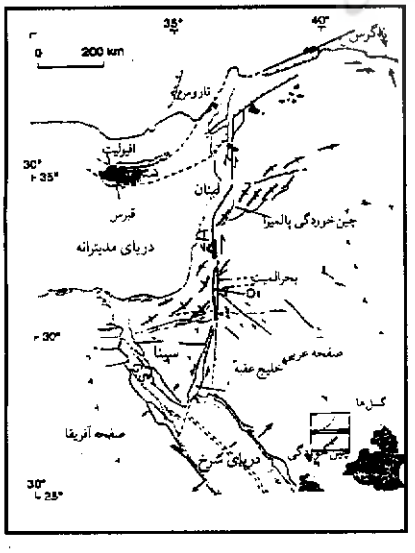
بدین ترتیب، از جمله ساخت‌های تشکیل شده در طول گسل‌های راستالغز، حوضه‌های رسوبی هستند (شکل ۲) که شکلشان به خصوصیت گسل‌های کنترل‌کنندهٔ آن‌ها بستگی دارد. گسل‌های خمیده جوانه‌های بیضی شکل و حوضه‌های مستطیل یا لوزی شکل، نتیجهٔ حرکت جانبی گسل‌های جدا از هم هستند؛ مانند حوضهٔ رسوبی بحرالمیت در اردن (شکل ۳).



شکل ۱. شکل سه‌بعدی گسل امتداد لغز (Ramay and other, 1987)



شکل ۲. (a) نقشه‌ای از ساختمان‌های همراه با گسل‌های امتداد لغز (در این جا راستگرد)
(b) چنانچه گسل امتداد لغز، با کمی حرکت واگرا همراه باشد، انواع ساختمان‌های تکتونیکی مانند گسل‌های عادی، حوضه‌های کشیده- جدا شده، گسل‌های عادی نردبانی، ساخت‌های گل مانند و غیره ظاهر خواهند شد. (Allen & Allen, 1993)



شکل ۳. نقشهٔ تکتونیکی بحرالمیت که نشانگر گسل و ساخت‌های تکتونیکی مرتبط با آن است (Garfunkel, 1981)

انواع حوضه‌ها

بزرگ‌ناودیس‌ها نخستین حوضه‌های رسوبی هستند که نقش عوامل ساختاری در کنترل آن‌ها شناخته شده است. در همین رابطه، استیل (۱۹۱۳) بزرگ‌ناودیس‌ها را براساس تغییر شکل و فعالیت ماگمایی به‌وقوع پیوسته در آن‌ها به انواع متعددی تقسیم کرد. تا سال ۱۹۶۰، بزرگ‌ناودیس‌ها را گودال‌های کشیده و باریکی در نظر می‌گرفتند که از طریق فشردگی و بالاآمدگی، به صورت پهنه‌های فرونشسته در میان برخاستگی‌ها جای گرفته‌اند. البته برخی نیز حرکات جانبی را در تشکیل این حوضه‌ها مؤثر می‌دانستند؛ مانند وضع امروزی دریای مدیترانه **برتراند**[۱۸] برای اولین‌بار به ارتباط رسوب‌گذاری با تکامل بزرگ‌ناودیس‌ها اشاره کرد که طی حالت‌های متفاوت تکتونیکی ظاهر می‌شوند و در طول چهار مرحله تکامل می‌یابند:

۱. مرحلهٔ قبل از کوه‌زایی (معادل مرحلهٔ تکتونیکی پی‌سنگی)؛

۲. مرحلهٔ قبل از فلیشی شدن (معادل مرحلهٔ تکتونیکی خالی بودن حوضه)؛

۳. مرحلهٔ فلیشی (معادل مرحلهٔ تکتونیکی عمیق شدن حوضه و حضور انبوه رسوبات آواری تا دریایی عمیق)؛

۴. مرحلهٔ مولاسی (معادل مرحلهٔ تکتونیکی آواری قاره‌ای).

در ادامهٔ مطالعات ساختاری، زمین‌شناسان ساختمانی همچون اندرسون (۱۹۵۱)، **هارلند**[۱۹] (۱۹۶۵) دریافتند که زمین سه منطقهٔ تکتونیکی دارد. مانند:

۱. کشیدگی که بادایک‌ها، گسل‌های فعال و فعالیت آتشفشانی مشخص می‌شوند؛

۲. فشردگی که با چین‌خوردگی و راندگی نمایان می‌شود؛

۳. جابه‌جایی افقی که تحت‌تأثیر عملکرد گسل‌های راستالغز گسترش جانبی نسبتاً وسیعی دارد.

پس سه نوع مرز صفحه‌ای واگرا، همگرا و راستالغز وجود دارد. این مناطق تکتونیکی را می‌توان به‌عنوان زمینه‌ای برای تقسیم‌بندی بسیاری از حوضه‌های رسوبی مورد استفاده قرار داد. به‌خاطر پیچیدگی‌های متعددی که در این نواحی ظاهر گشته‌اند (مثلاً در مقیاس ناحیه‌ای راستالغز و در مقیاس محلی به صورت کشیدگی یا فشردگی عمل کرده است)، تقسیم‌بندی حوضه‌های رسوبی کار آسانی نیست، بلکه باید به نوع پوسته (قاره‌ای، حد واسط، اقیانوسی)، حرکت صفحات، و تنش‌های ناحیه‌ای فعلی توأماً پرداخته شود.

دیکنسون[۲۰] (۱۹۷۴)، براساس موقعیت زمین‌ساختی، وضعیت پی‌سنگ و چگونگی فرونشینی، حوضه‌های رسوبی را به انواع زیر تقسیم کرده است:

۱. حوضه‌های مرتبط با حواشی همگرا؛ شامل حوضه‌های جلوی کمانی، پشت، داخل و بین‌کمانی.

۲. حوضه‌های تصادمی؛ شامل حوضه‌های پشت چین‌خوردگی، جلوی چین‌خوردگی و اقیانوسی باقیمانده.

۳. حوضه‌های مرتبط با گسل‌های راستالغز؛ شامل حوضه‌های کشیده‌ـ جدانشده.

حوضه‌های سادهٔ رسوبی را با تأکید بر جایگاه تکتونیکی امروزی آنها کینگتون و دیگران[۲۱] (۱۹۸۳) به انواع متعددی تقسیم کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به حوضه‌های کشیده‌ـ جداشدهٔ مرتبط با گسل‌های راستالغز اشاره کرد.

ریدینگ (۱۹۸۶) با در نظر گرفتن وضعیت مرز صفحه‌ها، حوضه‌های رسوبی را در شش گروه اصلی قرار داد که یکی از آن گروه‌ها مجموعهٔ حوضه‌های مرتبط با گسل‌های راستالغز است.

بدین ترتیب، مشخص شد که حوضه‌ها ممکن است در محیط‌های قاره‌ای یا اقیانوسی تشکیل شوند و به تبعیت از موقعیت ساختاری حاکم بر آن محیط‌ها، می‌توان نوع ویژه‌ای از حوضه‌های رسوبی را انتظار داشت که از آن جمله در محیط قاره‌ای تولد حوضهٔ کشیده‌ـ جداشده در طول گسل راستالغز است.

ویژگی‌های حوضهٔ کشیده‌ـ جداشده

به طور کلی حرکت قطعات گسله در طول گسل راستالغز خمیده سبب شده است که در محل خمیدگی گسل کشیدگی و بازشدگی به‌وقوع پیوندد که نتیجهٔ آن تشکیل حوضهٔ کشیده‌ـ جداشده است (شکل ۴).

● مک کلی و دالی[۲۲] (۱۹۹۵) حوضه‌های کشیده‌ـ جداشده را محل‌هایی با فعالیت لرزه‌خیزی قابل توجه معرفی کرده‌اند که احتمالاً پتانسیل بالایی از مواد هیدروکربور دارند.

● از آن‌جایی که تشکیل حوضه‌های کشیده‌ـ جدا شده با بازشدگی در محل خمیدگی گسل‌ها توأم است، بنابراین در این محل‌ها پوسته نازک شده است و همین امر سبب بالا آمدن ماگما، جریان غیرعادی (بالا) حرارتی و افزایش مقدار منحنی‌های هم‌دما می‌شود. از این‌رو، در مرکز حوضه‌های فرونشستهٔ کشیده‌ـ جداشده، فعالیت آتشفشانی از نوع آلکالی، کانی‌زایی هیدروترمال و توده‌های نفوذی حضور گسترده دارند.

● مطالعهٔ توالی چینه‌های رخنمون‌یافته در حوضه‌های کشیده‌ـ جداشده، آشکارا با کمبود رسوبات اقیانوسی همراه است (شکل ۵) که تشکیل حوضه‌های مذکور در محیط‌های قاره‌ای را نشان می‌دهد.

● رخسارهٔ رسوبات واقع در این حوضه‌ها تغییرات گستردهٔ جانبی دارند که گویای وضعیت تکتونیکی متنوع حاکم بر آن‌هاست.

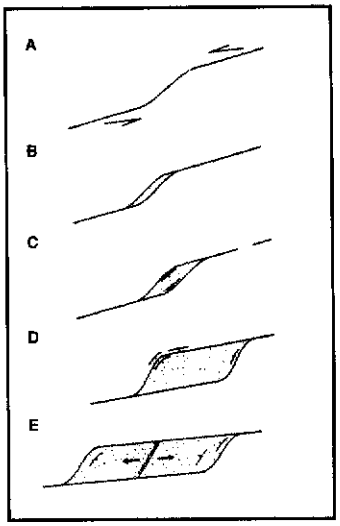
● ضخامت بسیار زیاد انباشته‌های رسوبی در حوضه‌های کشیده‌ـ جداشده نشانگر سرعت بالای ته‌نشینی در آن‌هاست.

● فراوانی رسوبات متنوع قاره‌ای که نمایانگر تأمین آن‌ها از منشأ متفاوت است.

● حرکات قائم بسیار بزرگ و سریع همزمان رسوب‌گذاری در طول گسل‌های کنترل‌کنندهٔ حوضه به گونه‌ای که آدامز[۲۳] (۱۹۸۱) این میزان را ۱۰ متر به ازای هر هزار سال در گسل‌های آلپی معرفی کرده است.

● رخنمون رسوبات انباشته شده در حوضه‌ها به صورت ساختمان‌های چین‌خورده و راندگی‌هایی که در حواشی حوضه با مرز گسلی رخنمون دارند.

● جابه‌جایی چرخشی قطعات گسله نسبت به امتداد گسل اصلی در پهنهٔ فرونشستهٔ حوضه کشیده‌ـ جدا شده.



شکل ۴. الگوی تشکیل حوضه‌های کشیده- جداشده در جداشدگی‌های کوچک (Mann and others, 1983).

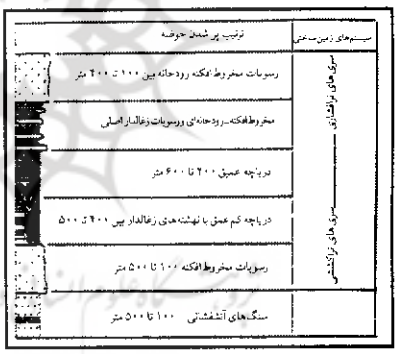
A) شروع تشکیل حوضه‌های کشیده- جداشده در محل خمیدگی گسل‌های امتداد لغز، اندازهٔ خمیدگی پهنای حوضه را تحت کنترل دارد.

B) حوضهٔ دوکی شکل.

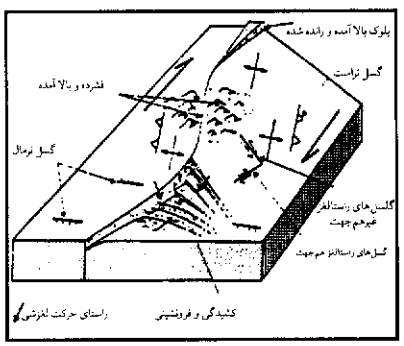
C) در تداوم جابه‌جایی افقی حوضه‌هایی تقریباً به شکل S ایجاد می‌شوند.

D) حوضهٔ به شکل متوازی‌الاضلاع.

E) در پی کشیدگی گسترده در کف حوضه، ساخت‌های فوق با پوستهٔ اقیانوسی ایجاد می‌شود. البته بیش‌تر حوضه‌های کشیده- جداشده به این مرحله نمی‌رسند.



شکل ۵. توالی و جایگاه تکتونیکی انباشته‌های رسوبی حوضهٔ گسلی کشیده- جدا شده (Sitian, Baofang and others, 1984).



شکل ۶. نمودار سه‌بعدی حوضهٔ Ridge کالیفرنیا و این‌که چه‌طور خمیدگی (انحنا) گسل امتداد لغز ممکن است حوضهٔ کششی (کشیده- جداشده) را در مجاورت برخاستگی فشاری ایجاد کند (Crowell, 1974; kingma, 1958; Wilcox, Harding & Seely, 1973).

● تشکیل چین‌های تکتونیکی که موازی با هم و یا به شکل نردبانی کنار یکدیگر در داخل حوضه قرار گرفته‌اند.

● پرشدگی نامتقارن حوضه در مقاطع طولی و عرضی که ناشی از عملکرد گسل‌های حاشیهٔ حوضه است.

● فقدان و یا حضور مختصر فرآیندهای دگرگونی.

● فعالیت جزئی ماگماتیسم توأم با تشکیل سلسلهٔ وسیعی از سنگ‌های آذرین.

● تشکیل بخش‌های برخاسته با مرز گسله در حاشیهٔ حوضه‌های کشیده- جداشده، به گونه‌ای که برخاستگی‌ها همچون منبعی برای تأمین ته‌نشین‌های رسوبی داخل حوضه عمل می‌کنند (شکل ۶).

به طور کلی، چرخهٔ تکاملی حوضه‌های مرتبط با گسل‌های راستالغز از سه مرحلهٔ بزرگ پی‌درپی و مرتبط به هم تشکیل شده است (ریدینگ، ۱۹۸۰، میشل وریدینگ[۲۵]، ۱۹۷۸).

۱. مرحلهٔ کشیدگی: حوضه روی پوستهٔ قاره‌ای تشکیل شده و حاوی آبرفت‌های کنگلومرایی و برشی است که به صورت جانبی در مرکز حوضه به رسوبات دریاچه‌ای دانه‌ریز تبدیل شده‌اند.

۲. مرحلهٔ پرشدگی: بعد از مرحلهٔ کشیدگی به وجود می‌آید و رسوب‌گذاری توسط لغزش‌ها، جریان‌های واریزه‌ای و توربیدیتی انجام می‌گیرد. ضمن عمیق شدن حوضه بر میزان رسوبات آن افزوده می‌شود.

۳. مرحلهٔ فشردگی: با پر شدن حوضه، توالی رسوبی از توربیدیت‌های دریایی و دریاچه‌ای عمیق به دریاچه‌ای کم‌عمق و رسوبات رودخانه‌ای تغییر یافته است. نزدیک حواشی حوضه، ساختمان‌های فشاری خصوصاً روراندگی‌ها تمرکز یافته‌اند. در تداوم فشردگی، ته‌نشین‌های رسوبی حوضه چین خورده و توأم با برخاستگی است.

پس از برخاستگی تحت تأثیر عوامل فرسایشی شکل برخاستگی‌ها تغییر می‌کند. شکل حوضه‌های کشیده- جداشده به زاویهٔ بین گسل‌های کنترل‌کنندهٔ حاشیهٔ حوضه بستگی دارد. مقدار زاویهٔ بین گسل‌ها از ۳۰ تا ۱۵۰ درجه تغییر می‌کند. چنانچه زاویهٔ بین قطعات گسلی ۳۰ درجه باشد، حوضه‌های کشیده- جداشده بیش‌تر دوکی‌شکل هستند و درحالی که مقدار این زاویه ۱۵۰ درجه باشد، حوضه به شکل مربع- مستطیل خواهد بود (شکل ۴).

اهمیت مطالعهٔ حوضه‌های کشیده- جداشده

حوضه‌های کشیده- جداشده از جمله ساخت‌های تکتونیکی هستند که تشکیل و تکامل آن‌ها تحت کنترل گسل‌های مرزی است و همواره متأثر از عملکرد گسل‌های حاشیه‌ای و بخش داخلی حوضه است. به گونه‌ای که انبوهی از زمین‌لرزه‌ها با بزرگی متنوع در حاشیه و بخش داخلی

این پهنه‌ها به ثبت رسیده‌اند. از این رو، در صورت ایجاد و توسعهٔ شهرها و یا شهرک‌ها در چنین پهنه‌هایی لازم است، الگوی ساختاری آن پهنه‌ها کاملاً شناخته شود تا در برنامه‌ریزی‌های بعدی بتوان مکان مناسب برای احداث پروژه‌های عمرانی و یا توسعهٔ شهرها را انتخاب کرد و یا در ساز و کارها، تمهیدات لازم را اندیشید.

این حوضه‌ها به دلیل انباشتگی حجم عظیمی از ته‌نشست‌های رسوبی محیط‌های کم‌عمق و قاره‌ای (مانند سازند قرمز بالایی) و دیگر شرایطی که از آن‌ها نامبرده شد، مکان مناسبی برای ذخیرهٔ هیدروکربور هستند که از آن جمله می‌توان به ذخایر بالقوهٔ هیدروکربور در حوضهٔ کشیده- جداشدهٔ قم- کاشان در گسترهٔ البرز- سراجه و شرق دریاچهٔ نمک اشاره کرد که در صورت شناسایی محل دقیق آن‌ها و تجهیز به فناوری پیشرفته، سالانه سود اقتصادی سرشاری را به‌دنبال خواهد داشت.

حوضه‌های کشیده- جداشده مکان مناسبی برای تشکیل کانسارهای فلزی مانند سرب و روی و کانی‌های تبخیری هستند. به‌جز نمک طعام، در اکثر حوضه‌های کشیده- جدا شده نئوژن ایران می‌توان به املاح تبخیری دیگری نیز دسترسی یافت؛ مانند سولفات‌سدیم توزلوگل و املاح منیزیم و سدیم در دریاچهٔ نمک.

بدین‌ترتیب، حوضه‌های کشیده- جداشده علاوه بر مطالعه و بررسی‌های زمین‌ساختی، از نظر اقتصادی نیز بسیار باارزشند، اما متأسفانه تاکنون کار جدی روی آن‌ها صورت نگرفته است.

نتیجه گیری

۱. طبیعت شکنندهٔ پوستهٔ زمین سبب شده تا به قطعات متعددی تفکیک شود، به گونه‌ای که این قطعات با مرز گسله مجاور یکدیگر قرار گرفته‌اند.

۲. جابه‌جایی در طول گسل‌های راستالغز خمیده به بازشدگی منجر می‌شود که این محل برای تجمع رسوبی مناسب است و حوضهٔ کشیده- جداشده نامیده می‌شود.

۳. این حوضه‌ها با مرزهای گسله و ضخامت زیاد رسوبات مناطق کم‌عمق شناخته می‌شوند.

۴. حوضه‌های کشیده- جداشده‌ای که امروزه شاهد آن هستیم سه مرحلهٔ کشیدگی، پرشدگی و فشردگی را پشت سر گذاشته‌اند.

۵. هریک از مراحل تکاملی فوق، زمینه‌ساز حضور ذخایر معدنی باارزشی است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به ذخایر هیدروکربوری و تبخیری اشاره کرد.

۶. مجموعهٔ شرایط زمین‌ساختی حاکم بر فلات ایران در دورهٔ نئوژن سبب شده که حوضه‌های کشیده- جداشدهٔ متعددی در آن تشکیل شود. این حوضه‌ها امروزه در مرحلهٔ فشردگی به‌سر می‌برند و به شکل حوضه‌های تبخیری رخنمون دارند.

زیرنویس

1. Hall
2. Dana
3. Stille
4. Krambein & Sloss
5. Reading
6. Allen & Allen
7. Mc Clay and other
8. Strike-slip Fault
9. Pull-apart basin
10. Ramsay & Huber
11. Freund
12. Harland
13. Wilcox, Harding & Silly
14. Extensional
15. Compresional
16. Nardin & Henyey
17. Norris, Carter & Turnbull
18. Bertrand
19. Anderson
20. Dickenson
21. Kington & others
22. Angston and others
23. Dooley
24. Adams
25. Mitchell

منابع

۱. افتخارنژاد، ج (۱۳۵۹). تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی. نشریهٔ انجمن نفت. شمارهٔ ۸۲.

۲. باغبانی، د(۱۳۷۵). بررسی حوضهٔ رسوبی قم و ارزیابی توان هیدروکربوری آن (ایران مرکزی). گزارش زمین‌شناسی شمارهٔ ۱۸۳۸. شرکت ملی نفت ایران.

۳. بوذری، س (۱۳۷۹). تحلیل ساختار تکتونیکی- رسوبی فرونشست‌های ایران با نگرش ویژه بر فرونشست قم (منطقهٔ قم- کاشان، ایران مرکزی). رسالهٔ دکترا. واحد علوم و تحقیقات.

4. Allen, PH. A. & Allen, J. R., (1993). **Analysis Principles and Applications**. P: 120-302.

5. Condie, K. C. (1989). **Plate tectonic & Crustal Evolution**. P: 337-373.

6. McClay, K. R. (1990). **Deformation mechanics in Analogue models of Extensional fault systems**. Geol. Soc. of London. No. 54, P: 445-454.

7. McClay, K. R. (1990) **Extensional fault system in sedimentary Basin, A Review of Analogue model studies**. marin and Petrolum geology. No. 7. P: 206-232.

8. McClay, K. R. & Dooley, T. (1995). **Analogue models of Pull-apart basins**. Geol. Vol. 23. No. 8. P: 711-714.

9. Ramsay, J. G. and Huber, M. (1987). **The techniques of modern structural Geology**. P: 513-531.

10. Reading. G. (1986). **Sedimentary Environments and facies**. P: 480-515.