

УДК 551.248.2, 552.143

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРАЗЛОМНЫХ ОЗЕРНЫХ КОТЛОВИН ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА

© 2013 г. А.А. Рассказов, Е.Ю. Васильева, Е.С. Горбатов

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

В области сочленения Южного и Среднего Урала выделены две главные системы разрывных нарушений с признаками новейшей кинематической и сейсмической активности. Исследования пространственного распределения современных озерных котловин и тектонических нарушений показали, что ряд озер восточной перигорной области формируется в приразломных депрессиях особого типа, связанных с секторами локального растяжения в зонах взаимодействия двух систем активных сдвиговых дислокаций.

Предложена разломно-блоковая модель формирования озерных котловин характерной клиновидной морфологии, позволяющая рассматривать данный тип депрессий в качестве кинематического индикатора разломов. Анализ литолого-фациальных и петрографических особенностей лимногенных формаций Урала показал, что динамическая обстановка в зонах взаимодействия долгоживущих разломов является рельефообразующим фактором, определяющим распределение литофаций и их постседиментационное преобразование.

Ключевые слова: Урал, активные разломы, сдвиговые дислокации, озерные котловины, разломно-блоковая модель, кинематический индикатор, лимногенные комплексы, угленосные формации.

Введение

Урал, разделяющий две обширные типично платформенные области – древнюю Восточно-Европейскую платформу и молодую Западно-Сибирскую плиту, – является зоной повышенной неотектонической активности, что выражается, в частности, в существовании в этом регионе активных разломов. К активным принято относить разломы, проявляющие подвижность в позднечетвертичное время [Трифонов, Кожурин, Лукина, 1993]. Подобные структуры рассматриваются как основной фактор сейсмического риска.

Несмотря на ярко выраженную шовную природу [Леонов, 1995], уральская зона не относится к современным границам литосферных плит и является, таким образом, внутриплитным, в традиционном смысле, образованием. Неотектоническая активность Урала связана с взаимодействием в его пределах стабильных блоков литосферы с жестким Башкирским выступом Восточно-Европейской платформы, служащим своеобразным индентором.

Активные разломы Урала имеют ряд специфических особенностей, затрудняющих их выявление. Во-первых, амплитуды новейших вертикальных и горизонтальных смещений по ним на порядок меньше, чем в классических горно-складчатых поясах. Во-вторых, значительная часть Урала, за исключением горных кряжей, представляет собой территорию, перекрытую достаточно мощным чехлом четвертичных отложений, в котором отсутствуют продолжения разрывных структур. Поэтому активные разломы большей частью не проявляют признаков разрыва сплошности горных пород на дневной поверхности.

Получение надежной информации для картирования разломов Урала потребовало привлечения не только детальных космических изображений, но и данных об аномалиях геофизических и геохимических полей. Выявление активных разломов Урала произ-

водилось путем анализа разномасштабных аэрокосмических снимков совместно с геологическими, геоморфологическими, геофизическими индикаторами новейших движений [Дружинин, 1975; Карта ..., 1997].

Таким образом, латентный характер большинства разломов Урала, в том числе активизированных, затрудняет не только их выявление и картирование, но и выяснение направленности и интенсивности возникающих по ним смещений. Вследствие этого становится актуальным поиск новых индикаторов разрывных структур. Одним из косвенных показателей современной кинематической активности разломов могут служить приразломные депрессии особого типа, отмеченные в области сочленения Южного и Среднего Урала.

Новейшие разрывные структуры и сейсмичность зоны сочленения Южного и Среднего Урала

Результаты дешифрирования топографических карт и космических снимков, согласующиеся с геоморфологическими и структурными данными, а также анализом трещиноватости, позволили выделить в области сочленения Южного и Среднего Урала (от широты Нижнего Тагила до Магнитогорска) две главные системы разрывных нарушений (разломов), демонстрирующих признаки новейшей и, возможно, современной активности [Бачманов, Рассказов, 2000].

Первая система разломов имеет “уральское” (север–северо-восточное) простирание и сосредоточена в двух основных зонах – западной и восточной (рис. 1). Первая из них совпадает с восточной границей горной области Урала и проходит через города Асбест, Екатеринбург, Белорецк и Магнитогорск; лучше всего она выражена между городами Миасс и Вишнёвогорск. К югу от Миасса эта зона разворачивается к юго-западу, а к северу от Вишнёвогорска расщепляется на два пучка северо-восточной ориентировки. Восточная зона разломов проходит через Челябинск и состоит из двух ветвей. К северу обе зоны сближаются, частично сливаясь друг с другом южнее города Асбест.

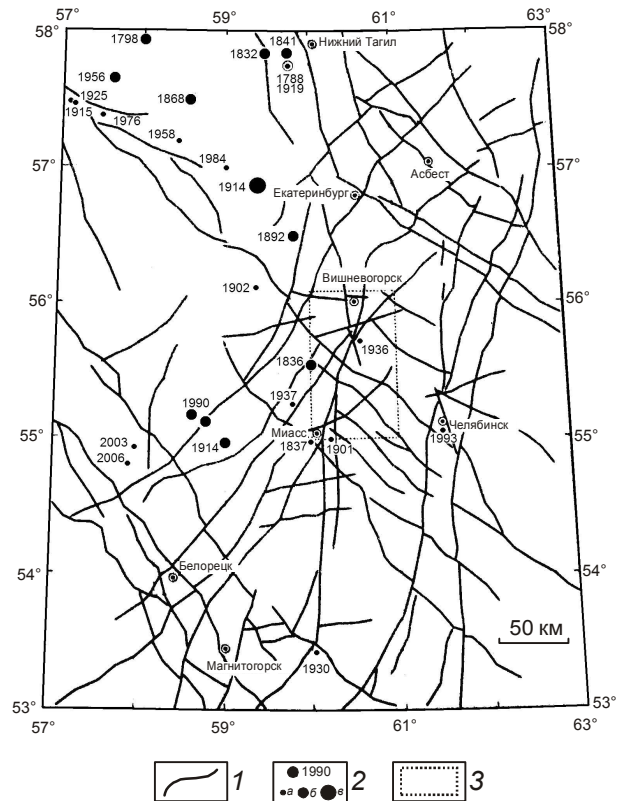
Вторая система включает три зоны (три пучка) субпараллельных дислокаций северо-западного простирания. Северный пучок разломов, проходящий через города Екатеринбург, Асбест и Нижний Тагил, в западной своей части имеет тенденцию к повороту на север. Южный пучок проходит через Белорецк и Магнитогорск; средний пересекает западную ветвь “уральской” системы севернее города Миасс и восточнее Челябинска распадается на серию субпараллельных разрывных нарушений.

Разрывные нарушения обеих систем имеют восточное продолжение в палеоген-четвертичных отложениях чехла Западно-Сибирской плиты, что в совокупности с относительно высокой сейсмичностью на участке между Екатеринбургом и Челябинском [Трифонов и др., 1988; Ананьин, 1991] служит дополнительным признаком их активности в новейшее время.

В районе города Асбест разрывные нарушения север–северо-восточного простирания проявляются спрямлением гидросети (р. Пышма) и береговой линии (Рефтинское и Белоярское водохранилища). Судя по ориентировке уступов, во всех случаях приподняты восточные крылья разломов. В зоне пересечения западной ветви “уральской” системы и средней ветви северо-западной системы выявлены характерные уступы склонов antecedentных долин, спрямленные элементы гидросети, а также линейные аномалии растительности на предгорной равнине, связанные с особенностями водонасыщенности и гидрогеохимии активных разрывных зон. В ряде мест к северо-востоку от пос. Карабаш и северо-западу от пос. Кыштым горизонтальные искривления поперечных грядовых форм рельефа на противоположных бортах antecedentных долин говорят о вероятном левосдвиговом перемещении по разломам северо-западного простирания.

Рис. 1. Схема предполагаемых активных разломов и сейсмичности зоны сочленения Южного и Среднего Урала

1 – разломы с признаками неотектонической активности; 2 – эпицентры и годы всех известных землетрясений по данным сводного регионального каталога *NEIC* http://earthquake.usgs.gov/research/data/russia_seismicity/regionalcatalogs/ural.php); размер кружка соответствует разным магнитудам событий: *a* – $M=3-4$, *b* – $M=4-5$, *c* – $M=5-6$; 3 – граница участка детального изучения приразломных озерных котловин



Примером проявления новейшей тектонической активности района служит субвертикальный разлом юго-западного падения, входящий в южную ветвь системы северо-западного простирания, вскрытый в обнажении северного борта Белорецкого известнякового карьера.

Для выяснения кинематического типа выделенных систем разломов были проанализированы распределение и ориентировка мелких разрывов, дешифрированных по топографическим картам и космическим снимкам, и приразломных тектонических трещин, замеренных в полевых условиях.

Критерием оценки активности разрывных нарушений на современном этапе служил характерный парагенез приразломных трещин в толще осадочных отложений. Чем моложе верхние горизонты чехла в зоне разлома, тем достовернее оказываются результаты. С использованием компьютерного алгоритма поиска и распознавания линейных элементов различного масштаба были обработаны дистанционные данные, что позволило выявить активные сдвиги и выяснить их генетическую связь с сопоставимыми структурами региона вне зависимости от их размера. Дистанционная оценка разрывных нарушений была проведена для района города Асбест.

Массовые замеры трещиноватости вдоль нарушений позволили по ранее выделенному разлому известного простирания определить современное направление смещения. Детальные полевые работы были проведены в районе города Асбест, между Вишнёвогорском и Миассом и в районе Белорецка. Замерялись углы падения и простирания только наиболее свежих, предположительно обновленных, тектонических трещин. Результаты обработки первичных данных говорят о значительной горизонтальной сдвиговой составляющей смещения по разломам, что отражает в целом субширотное направление регионального тектонического сжатия.

Одновременно с замером трещиноватости изучалась морфология неровностей зеркал скольжения. Определялась ориентировка штрихов и борозд, соответствующая

направлению последнего перемещения по разрыву. Характер поверхностей скольжения позволил судить также о типе поперечной деформации крыльев разлома.

В случае растягивающей деформации поверхности скольжения характеризуются ожелезнением и значительной неровностью с признаками отрывного разрушения, брекчирования и сброса; показатели сжимающего скольжения – свежие, гладкие и хорошо притертые друг к другу поверхности с признаками взброса.

По результатам обработки массовых замеров тектонической трещиноватости для Белорецкого левосдвигового разлома выявлены две генерации тектонических трещин и зеркал скольжения, соответствующие двум фазам активности с существенно различной кинематикой. Если ранняя фаза активности характеризовалась сбросово-сдвиговым перемещением, что указывает на условия поперечного растяжения, то на поздней фазе разлом был взбросо-сдвигом с признаками дополнительного поперечного сжатия. Такое изменение кинематики можно объяснить разворотом оси максимального сжатия против часовой стрелки с западно-северо-западного направления (вдоль простирания разлома) на западно-юго-западное (поперек простирания).

В целом, зона сочленения Южного и Среднего Урала имеет относительно низкую сейсмическую активность: по шкале интенсивности землетрясений зафиксированные здесь сейсмические толчки характеризуются как слабые и интенсивные. Преобладающее число очагов землетрясений в районе сосредоточено в верхней части литосферы на глубинах 5–30 км. Анализ временной последовательности сейсмических событий с учетом неполноты существующих каталогов показывает, что скорость их накопления подвержена квазипериодическим колебаниям, при этом максимумы повторяемости землетрясений приходятся на 1830–1841, 1892–1914, 1984–2003 гг. Структура тектонической сейсмичности исследуемой территории схематически представлена на рис. 1.

В районе могут быть выделены три основные зоны сейсмической активности. Первая из них, имеющая отчетливую линеamentную структуру сейсмичности, приурочена к среднему пучку разломов северо-западного простирания и расположена северо-западнее Екатеринбурга. В этой зоне было зарегистрировано наибольшее число известных по историческим сведениям и инструментальным данным сейсмических событий с $M > 3$, в частности, самое сильное землетрясение на Урале, произошедшее в 1914 г. вблизи Билимбая ($M=5.5$, $I=6.5$ баллов). Вторая зона расположена на пересечении среднего пучка с западной ветвью “уральской” системы разломов; третья приурочена к северному пучку разломов и характеризуется несколькими историческими землетрясениями, произошедшими к западу от Нижнего Тагила.

Необходимо отметить, что недостаточная плотность имеющихся сейсмических данных затрудняет анализ пространственных взаимосвязей между положением эпицентров и разломно-блоковым строением территории на крупномасштабном уровне. В частности, для сравнительного анализа сейсмичности участков взаимодействия сдвиговых разломов и сопоставимых с ними по площади структур необходим анализ слабых подземных толчков с $M < 3$.

Проведенная оценка кинематики активных разломов в целом свидетельствует о правосдвиговых перемещениях по разломам север–северо-восточного простирания и левосдвиговых смещениях по разломам северо-западной ориентировки. Сопряженность обеих систем разломов свидетельствует о наличии в районе единого поля тектонических напряжений с восточно-северо-восточной ориентировкой оси максимального тангенциального сжатия. Анализ сейсмической информации показывает, что подвижки по среднему пучку северо-западных разломов сопровождаются сейсмогенными срывами и возникновением сейсмических волн.

Формирование озерных котловин в зонах пересечения активных разломов района исследований

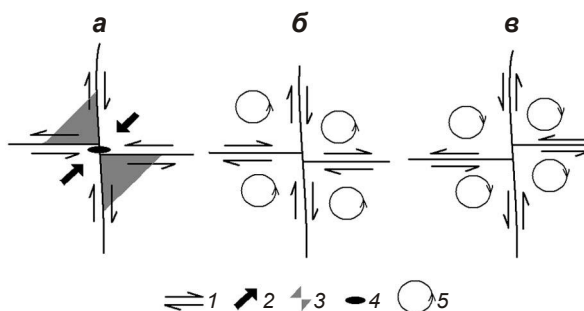
При сопоставлении положения современных озер и активных тектонических нарушений, выделенных в зоне сочленения Южного и Среднего Урала, установлено, что большинство озер восточных предгорий формируется в приразломных депрессиях особого типа, связанных с секторами локального растяжения в областях взаимодействия активных сопряженных сдвигов. Наибольшее число озер этого типа отмечено между городами Миасс и Вишнёвогорск, в зоне пресечения западной ветви разломов “уральского” простирания и среднего пучка разломов северо-западной ориентировки.

Корреляционный анализ взаимосвязи современных озерных котловин и тектонических нарушений позволил разработать геодинамическую модель сбросовых прогибов, связанных с локальными растяжениями участков активного сдвигового взаимодействия. Модель формирования клиновидных депрессий, подчеркнутых современными озерами, учитывает взаимодействие четырех угловых литосферных блоков, разделенных сопряженной системой смежных сдвигов, согласующих движение в зонах разрастания и поглощения литосферы. При пресечении активных разносторонних (левых и правых) сдвиговых разломов в двух диагонально расположенных блоках смещение крыльев разломов направлено от узла их пересечения, в результате чего в них возникает устойчивое растяжение, сопровождающееся сбросовым опусканием, при котором формируются замкнутые клиновидные депрессии. Другая пара геоблоков, смещающихся навстречу друг другу, испытывает сжатие и поглощение в зоне контакта.

В случае активизации системы сопряженных разломов с одинаковым направлением сдвига происходит вращение угловых блоков, сопровождающееся делокализацией областей растяжения и сжатия, в связи с чем озерные котловины в подобных условиях, по-видимому, не образуются (рис. 2). При пересечении левосторонних разломов угловые блоки разворачиваются по часовой стрелке, а в системе правосторонних разломов – против.

Рис. 2. Геодинамическая обстановка в зонах пересечения сдвиговых разломов: *а* – левого и правого; *б* – двух правых; *в* – двух левых

1 – направление движений по разломам; 2 – направление действия максимальных сжимающих напряжений; 3 – зоны растяжения и прогибания; 4 – зона сжатия; 5 – направление вращения угловых блоков



Озерная котловина в секторе локального растяжения литосферы ограничена по бокам сместителями смежных сбросо-сдвигов, пересекающимися в узловой точке, а снизу – кровлей опущенного углового блока, наклоненного в сторону узла (рис. 3). Необходимым условием формирования озерных котловин является одновременная активизация сопряженных разломов, что возможно только в случае, если направление максимального сжатия ориентировано под углом к простираанию каждого из сдвигов. Амплитуда опускания в секторах растяжения определяется амплитудами сдвига по смежным разломам, а также величиной тектонической деформации краев сходящихся угловых блоков, которая зависит от жесткости литосферы, ширины пограничной зоны между этими блоками и величины максимального сжимающего напряжения. Разломно-блоковая модель формирования клиновидных депрессий позволяет учитывать активизацию сопряженной системы разносторонних сдвигов в условиях тангенциального сжатия.

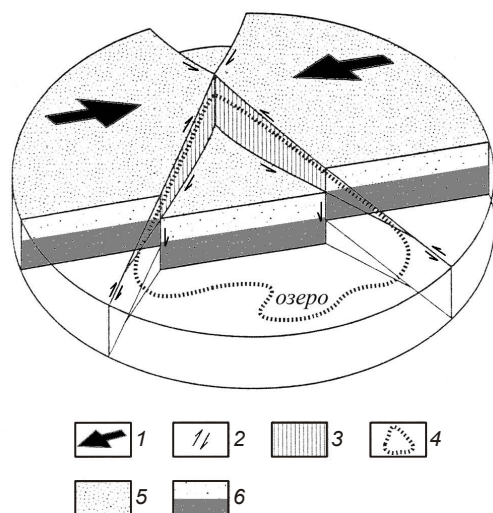


Рис. 3. Схема формирования озерных котловин в секторах локального растяжения, связанного со сдвигами по сопряженным системам разносторонних сдвиговых дислокаций

1 – направление действия максимальных сжимающих напряжений; *2* – направление горизонтальных движений по разломам; *3* – поверхность сбросо-сдвигов; *4* – береговая линия озера; *5* – земная поверхность; *6* – плоскость воображаемого разреза (в модели)

Условия растяжения и, следовательно, тенденция прогибания сохраняются в угловых блоках только во время динамического воздействия системы разрывов – в период активизации. Таким образом, наличие озер характерной клиновидной формы в узлах пересечения разломов может быть косвенным признаком современной или недавней активности этих разломов, а также позволяет судить об их кинематике.

Закономерная приуроченность серии озер между городами Миасс и Вишневогорск к юго-восточным углам пересечений разломов, относящихся к различным системам – “уральского” и северо-западного простирания – является дополнительным признаком новейшей активизации правых сдвигов “уральского” простирания и левых сдвигов северо-западной ориентировки (рис. 4).

Обращает на себя внимание ярко выраженный типоморфизм расположения озерных котловин по отношению к новейшим разрывным нарушениям сдвигового типа в исследуемом районе Урала. Рассмотренные озера имеют характерную форму – заостренные северо-западные окончания и два спрямленных участка береговой линии, приуроченных к смежным разломам. Особенно отчетливо это прослеживается в районе озер

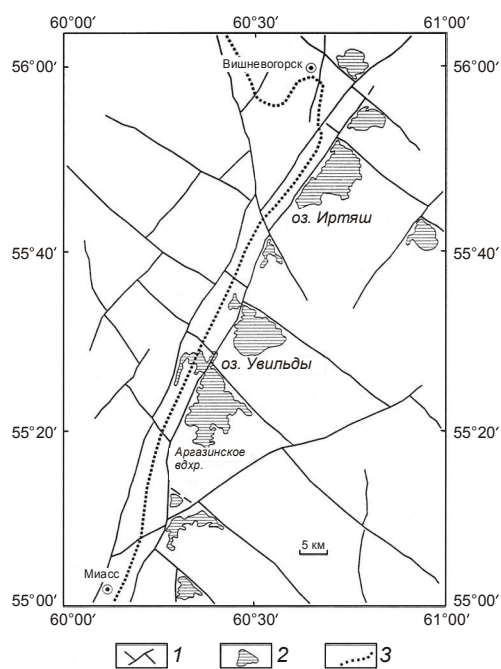


Рис. 4. Схема соотношения современных озерных котловин с активными разломами сдвигового типа

1 – активные разломы; *2* – озерные котловины; *3* – восточная граница горной области Урала

Увильды и Иртяш, приуроченных к разломам, которые пересекаются под углом 90° (угол скальвания 45°). Характерная морфология подчеркнутых озерами приразломных депрессий повышает их значимость как косвенного показателя активности и кинематики разрывов.

Постепенное уменьшение глубины и утрата клиновидности форм озерных котловин рассмотренного типа в южном направлении связана, по-видимому, с изменением взаимной ориентировки разломов и оси максимального сжатия (см. рис. 4). Увеличение их угла скальвания, связанное с локальным разворотом север–северо-восточной системы разломов в южном направлении, приводит к деградации системы озер. Эту тенденцию нарушает лишь Аргазинское водохранилище, но оно имеет техногенное происхождение и неадекватно отражает сравнительно слабо выраженную депрессию рельефа.

Специфика формирования поверхности рассматриваемого района заключается в том, что образование депрессий в северо-восточных секторах растяжения растушевано общим поднятием горного сооружения Урала и повышенной расчлененностью рельефа.

Показано, что восточнее Вишнёвогорска (см. рис. 4) в связи с резким отклонением границы горной области к западу озера характерной клиновидной формы появляются и в северо-восточных секторах пересечения разломов, расположенных в этом случае на территории предгорной равнины. Можно полагать, что рассмотренный механизм формирования озерных котловин характерен именно для предгорных, периорогенных, областей.

Таким образом, приразломные озерные котловины клиновидной формы – кинематический индикатор взаимодействия активных разрывных нарушений. Кроме того, в ходе анализа геологической информации была выявлена зависимость между образованием озерных комплексов и эволюцией разломных структур.

В результате проведенных исследований установлен новый рельефообразующий геодинамический фактор, определяющий распределение фаций и играющий важную роль в разведке месторождений минерального сырья.

Лимногенные комплексы Урала и геодинамические условия их формирования и развития

Формирование месторождений осадочных полезных ископаемых связано как с палеогеографическими условиями, так и палеотектоническими обстановками. Первые определяли вещественный состав и фациальную структуру накоплений осадочного вещества; вторые отвечали за строение и мощность осадочных формаций, длительность седиментации, морфологию и степень тектонической нарушенности геологических тел, постседиментационные преобразования осадков. Наличие долгоживущих разломов являлось важнейшим фактором, контролирующим процессы седиментолитогенеза во внутриконтинентальных бассейнах Урала, особенно на посторогенном этапе. Анализ лимногенных комплексов Урала показывает, что их локализация, условия образования и развития во многом определялись геодинамическими факторами, в том числе особенностями сдвигового взаимодействия.

Проведенные литолого-фациальные и петрографические исследования мезозойских и кайнозойских лимногенных отложений Предуралья и Южного Урала, палеозойских, мезозойских и кайнозойских угольных бассейнов западного и восточного склонов Урала позволили определить роль посторогенной разломно-блоковой структуры Уральского подвижного пояса в распределении современных озер и комплексов лимногенных пород. Исследования позволили также уточнить палеогеографические и палеотектонические условия озерного осадконакопления в позднем палеозое, мезозое и кайнозое и значение этих процессов в эволюции Уральского орогена.

Неравномерно цикличное накопление озерных отложений Урала началось в карбоне, заняло остаток фанерозоя и было связано с постороженным развитием Урала. Палеогеографическая реконструкция мезо-кайнозойских озерных комплексов Южного Урала, а также озерных бассейнов фанерозоя на западном и восточном склонах уральских гор показала, что каждому региональному циклу свойственны свои палеогеографические особенности и минерагенические ассоциации (рис. 5).

Наиболее ярко выраженными озерными циклами Урала являются позднепермский-раннетриасовый, познетриасовый, юрский, олигоценый, миоценовый, плиоценовый. Ведущую роль в регионе играют позднепермский-раннетриасовый и познетриасовый циклы, а также молодые озерные комплексы благодаря широкому распространению и толщине отложений [Рассказов, Скобелев, Стукалова, 1998].

Часть самых древних озерных комплексов Урала связана с накоплением верхней красноцветной молассы на завершающей стадии образования герцинской геосинклинали. На Южном Урале лимногенные толщи этого цикла вместе с аллювиальными и пролювиальными породами образуют единый позднепермско-раннетриасовый осадочный комплекс, сложенный песчаниками, алевролитами, реже глинами. Данная лимногенная формация приурочена к Сакмаро-Бельской структуре Предуральского прогиба. Палеогеографическими реконструкциями отмечается существование многочисленных мелководных озер с переменными размерами.

В среднем и позднем триасе в Сакмаро-Бельской депрессии продолжалось активное накопление озерно-речных и озерных отложений, литифицированных в сероцветные песчано-глинистые толщи мощностью до первых сотен метров с прослоями углей и включениями пирита и сидерита. В нижнем келловее на территории установился морской режим осадконакопления, характеризуемый повсеместным развитием морских и прибрежно-морских фаций.

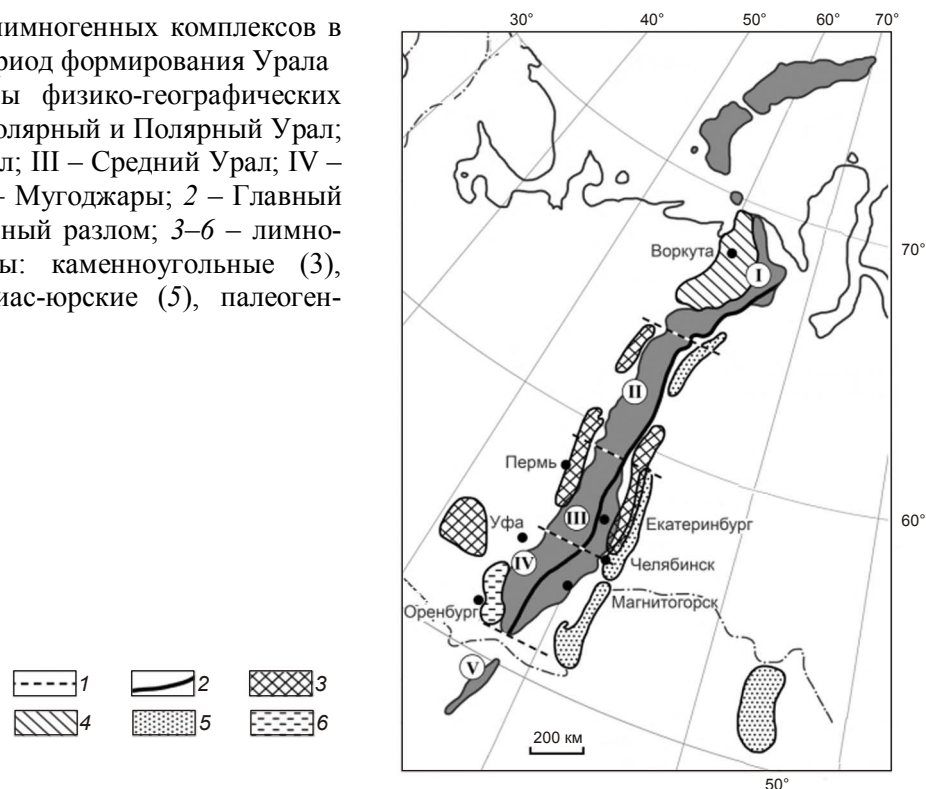
Следующая стадия развития лимногенных комплексов началась в конце палеогена на территории Южного Приуралья. На юге Предуральского прогиба в виде вытянутой субмеридиональной полосы сформировалась аллювиально-озерная толща этого возраста, состоящая из кварцевых песков с прослоями глин, галечников и углей олигоценного возраста. Постепенная пенеппенизация аллювиально-озерной равнины в условиях господства гумидного климата способствовала заболачиванию озер и формированию промышленных залежей бурого угля с горизонтами песков, алевроитов, пестрых глин и галечников (Бабаевское месторождение). Вверх по разрезу плиоценовые и более поздние отложения собственно озерных фаций постепенно замещаются озерно-болотными.

Результаты углубленного анализа палеогеографических и палеоклиматических условий, геологии бассейнов и тектонических особенностей региона свидетельствуют о существовании генетической связи озерных комплексов с такими полезными ископаемыми, как эвапориты, каменный уголь, цеолиты, фосфориты и др. [Рассказов, Скобелев, Стукалова, 1996]. Наряду с неметаллическими полезными ископаемыми озерного происхождения на Урале существует целый ряд рудных месторождений, связанных с озерными комплексами, к которым принадлежит большинство месторождений бурого железняка раннемелового возраста (Средний Урал), кайнозойских оолитовых руд и части олигоценых железомарганцевых отложений (Южный Урал) [Рассказов, Тарасов, 1996]. Их образование относится к периоду разрушения толстого слоя элювиальных пород (ранний мел) с последующим отложением этих пород в узких грабенообразных озерных структурах.

Кайнозойские рудоносные отложения аккумуляровались в аллювиально-озерных и лагунно-озерных залежах прибрежных равнин. Большая часть нижнепалеогеновых марганцевых отложений Северо-Уральского бассейна была сконцентрирована в его шельфовой зоне.

Рис. 5. Развитие лимногенных комплексов в посторогенный период формирования Урала

I – границы физико-географических районов: *I* – Приполярный и Полярный Урал; *II* – Северный Урал; *III* – Средний Урал; *IV* – Южный Урал; *V* – Мугоджары; 2 – Главный Уральский глубинный разлом; 3–6 – лимногенные комплексы: каменноугольные (3), пермские (4), триас-юрские (5), палеоген-неогеновые (6)



Геодинамические факторы развития лимногенных комплексов указывают на то, что озерные системы являются высокоинформативными индикаторами палеоэкзогенных обстановок формирования многих видов полезных ископаемых. В современных лимно-геологических исследованиях подчеркивается, что положение, форма, особенности развития озерных котловин, а также процессы преобразования осадочных лимногенных комплексов связаны с геодинамической историей региона [Strasser, Anselmetti, 2008].

Показано, что разломы, заложенные на поздне- и посторогенной (конец палеозоя – начало мезозоя) стадиях развития Урала, во многом предопределили локализацию и особенности накопления лимногенных комплексов [Rasskazov et al., 2011]. Особенно отчетливо это удастся проследить на разновозрастных структурах, в которых отмечаются накопление угленосных осадков и проявление углеводородов. На восточном склоне Урала широко развиты угленосные отложения каменноугольного (каменные угли и антрациты), пермского и триасово-юрского возраста (каменные и бурые угли), расположенные на сопряжении современного горного пояса с Западно-Сибирской плитой. Эта зона характеризовалась высококонтрастными тектоническими движениями, унаследованными новейшим тектогенезом.

В угленосных толщах выделяется несколько сменяющих друг друга литолого-фациальных циклов. В течение одного цикла могли накапливаться бассейновые осадки, озерно-болотные и озерно-аллювиальные комплексы [Кривихин и др., 1995]. Накопление позднепалеозойских угленосных осадков происходило в относительно узких и протяженных внутриконтинентальных прогибах с мелководными лагунными условиями и при периодической активизации вулканизма. В мезозое угленосное вещество откладывалось в грабневых озерах, существовавших до конца юры. Последующая пенепленизация рельефа Урала привела к частичному разрушению угленосных залежей и образованию мощных латеритовых покровов. Подвижки по заложенным ранее разломам возобновились в олигоцен-четвертичное время, что привело к образованию новых протяженных грабневых.

Изучение постседиментационных процессов играет важную роль в анализе формирования пород озерного генезиса, в частности, углей. С помощью литологического и

петрографического методов установлено, что постседиментационное преобразование пород в мезозойских осадочных комплексах Челябинского и Серовского угольных бассейнов значительно изменило состав первичных озерных отложений. Их последующая трансформация относится к фазе раннего катагенеза [Tarasov, Rasskazov, 1997; Рассказов, Скобелев, Стукалова, 1998].

В угленосных формациях выявлены признаки неоднократной активизации и усложнения постколлизиионной системы разрывных нарушений. Эти фазы повышенной активности привели к повторным этапам седиментации, а также обусловили постседиментационное преобразование вещества осадочных комплексов [Расулов, 1982; Tarasov, Rasskazov, 1997]. В частности, степень изменения углей может зависеть не только от глубины залегания и связанных с этим термобарических условий, но и от геодинамической обстановки, выраженной активностью разломов.

Постседиментационные тектонические смещения способствовали притоку к угленосным толщам ювенильных газов и растворов из глубоких горизонтов литосферы, который сопровождался катагенезом и стресс-метаморфизмом угленосных осадков. Именно поэтому степень преобразования осадочного вещества в угленосных толщах столь неравномерна (от бурых углей до графита), слабо коррелирует с возрастом толщи и достигает максимума в зонах влияния активизированных разрывных нарушений. В этих зонах угленосные комплексы, как наиболее обогащенные органическим веществом, на определенных стадиях литификации в условиях активности глубинных дегазационных процессов могут стать нефте- и газопродуцирующими породами. Парагенез угля и углеводородов отмечен в пределах Челябинского угольного бассейна, однако механизмы нефтегазообразования в угленосных бассейнах еще недостаточно изучены. Предполагается, что важную роль в этих процессах играет проникновение в угленосную толщу газов, флюидов и потоков тепла по долгоживущим глубинным разломам.

Динамическая обстановка в зонах разломов как новый фактор формирования рельефа, действующий и в более крупном масштабе уровне, влияет на распределение фаций при лимногенном осадконакоплении и приобретает важную роль в прогнозе многих полезных ископаемых. В свою очередь, изучение внутренней структуры и пространственного распределения лимногенных комплексов важно для понимания характера активности тектонических разломов и их сейсмичности в разные периоды времени.

Выводы

1. В зоне сочленения Южного и Среднего Урала отмечена серия озер характерной клиновидной формы, закономерно приуроченных к юго-восточным углам пересечения сопряженных праводвиговых разломов север–северо-восточного простирания и леводвиговых разломов северо-западной ориентировки, активизированных в едином поле тектонических напряжений с восточно-северо-восточным простиранием оси максимального сжатия.

2. На базе анализа пространственного соотношения современных озер с выделенными тектоническими нарушениями восточных предгорий Южного и Среднего Урала предложена разломно-блоковая модель депрессий в углах пересечения разломов и продемонстрированы возможности ее использования для оценки современной сейсмогеодинамической активности разломов.

3. Установлено, что выявленные озеровидные депрессии формируются вследствие проседания и растяжения двух несмежных угловых блоков, расходящихся друг от друга по ограничивающим их левым и правым сбросо-сдвигам, и могут служить косвенным признаком современной или недавней активности сопряженных разломов.

4. Показано, что амплитуда опускания в секторах локального растяжения определяется амплитудами сдвига по смежным разломам, а также величиной тектонической деформации зоны контакта пары сходящихся навстречу друг другу несмежных блоков.

5. Особенности сдвиговой кинематики сопряженных глубинных разломов, заложённых на позднеорогенной стадии развития Урала и унаследованных на посторогенной, во многом предопределили локализацию, условия накопления и постседиментационного преобразования лимногенных комплексов и связанных с ними полезных ископаемых.

Литература

- Ананьин И.В.* Сейсмоактивные зоны Восточно-Европейской платформы и Урала // Комплексная оценка сейсмической опасности. М.: Наука, 1991. С.106–121.
- Бачманов Д.М., Рассказов А.А.* Новейшие разрывные нарушения в области сочленения Южного и Среднего Урала // Геотектоника. 2000. № 4. С.25–31.
- Дружинин В.С.* Выделение глубинных разломов по Свердловскому профилю (по данным ГСЗ) // Вопр. развед. геофизики. 1975. Вып. 107. С.12–19.
- Карта активных разломов Северной Евразии м-ба 1:5000000 / Ред. В.Г. Трифонов. М.: Изд-во ГИН РАН, 1997.
- Кривихин С.В., Максимов В.А., Парфенов В.В., Русский В.И.* Новый перспективный район на восточном склоне Урала // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: УГГА, 1995. С.118–124.
- Леонов Ю.Г.* Напряжения в литосфере и внутренняя геодинамика // Геотектоника. 1995. № 6. С.3–22.
- Рассказов А.А., Тарасов А.В.* Лимногенные отложения Южного Приуралья // Седиментогенез и литогенез осадочных образований. Екатеринбург: УГГА, 1996. С.105–107.
- Рассказов А.А., Скобелев С.Ф., Стукалова И.Е.* Эволюция процессов континентального литогенеза в лимногенных комплексах Урала. // Седиментогенез и литогенез осадочных образований. Екатеринбург: УГГА, 1996. С.104–105.
- Рассказов А.А., Скобелев С.Ф., Стукалова И.Е.* Особенности влияния длительно развивавшихся разломов на формирование угольных месторождений (на примере восточного склона Урала) // Урал: фундаментальные проблемы геодинамики и стратиграфии. М.: Наука, 1998. С.60–72.
- Расулов А.Т.* Тектоника раннемезозойских впадин Восточного склона Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. 42 с.
- Трифонов В.Г., Кожурин А.И., Лукина Н.В.* Изучение и картирование активных разломов // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М.: ИФЗ РАН, 1993. Вып. 1. С.196–206.
- Трифонов В.Г., Макаров В.И., Кожурин А.И., Скобелев С.Ф., Шульц С.С.* Аэрокосмическое изучение сейсмоопасных зон. М.: Наука, 1988. 133 с.
- Rasskazov A.A., Vasilieva E.U., Gorbatov E.S., Bachmanov D.M.* Geological characteristics of paleolimnological complexes formation in the Urals // 5th International Limnogeological Congress, ILIC-2011, Konstanz, Germany, 2011. P.54–55.
- Strasser M., Anselmetti F.S.* Mass-movement event stratigraphy in Lake Zurich: A record of varying seismic and environmental impacts // Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie. 2008. V. 95. P.23–41.
- Tarasov A.V., Rasskazov A.A.* Composition and facies of Neocene calborning clay sediments in the “Mayachnoe” brown coalfield (Southern Ural) // European Coal Conference–1997, Izmir, Turkey, 1997. P.106–108.

Сведения об авторах

РАССКАЗОВ Андрей Андреевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор, Российский университет дружбы народов. 113093, Москва, ул. Подольское шоссе, д. 8/5. Тел.: 8(495)689-07-23. E-mail: rasskazo@yandex.ru

ВАСИЛЬЕВА Екатерина Юрьевна – кандидат географических наук, старший преподаватель, Российский университет дружбы народов. 113093, Москва, ул. Подольское шоссе, д. 8/5. Тел.: 8(926)571-98-09. E-mail: e.vassillieva@gmail.com

ГОРБАТОВ Евгений Сергеевич – аспирант, Российский университет дружбы народов. 113093, Москва, ул. Подольское шоссе, д. 8/5. Тел.: 8(495)360-92-08. E-mail: e.s.gor@mail.ru

GEODYNAMIC CONDITIONS OF LACUSTRINE KETTLE FORMATION AT FAULT LINES IN THE SOUTH AND MIDDLE URALS

A.A. Rasskazov, E.Y. Vasilieva, E.S. Gorbatov

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Abstract. Two major systems of faults showing recent kinematic and seismic activity were identified at the junction zone of the South and the Middle Urals. Investigations of spatial distribution of modern lake depressions and tectonic fractures have shown that some of the lakes in the eastern periorogenic zones were formed in fault-related depressions situated in special type sectors of local stretching in the areas of interaction between the two systems of active strike-slip dislocation. We propose a fault block model of lacustrine kettles with wedge-shaped morphology, showing that this type of depression is a kinematic indicator of faults. The analysis of lithofacies and petrographic characteristics of lacustrine formations of the Urals shows that dynamic interaction of long-lived faults are a relief-forming factor that control the distribution of lithofacies and postsedimentation conversion.

Keywords: the Urals, active faults, strike-slip dislocation, lacustrine kettles, fault block model, kinematic indicator, lacustrine complexes, coal formation.