

УДК 551.248.2(470.5)

НЕОТЕКТОНИКА УРАЛА (ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ)

© 2001 г. Д. М. Бачманов, Н. Н. Говорова, С. Ф. Скобелев, В. Г. Трифонов

Геологический институт РАН, 109017, Москва, Пыжевский пер., 7

Поступила в редакцию 30.11.99 г.

Линейный новейший ороген Урала образует в поперечном сечении свод, местами осложненный складками основания и нарушенный взбросами. Совпадая с частью позднепалеозойского коллизийного орогена, надвинутой на фундамент Восточно-Европейской платформы, он наследует от него не только положение активизированных разломов и тенденции вертикальных смещений, но и поперечное сжатие как условие формирования структуры. Для новейшего орогена Урала характерно преобладание сдвиговых перемещений по продольным разломам. Они представляют собой сдвиги сплющивания и выжимания, формирующиеся вдоль границы Восточно-Европейской платформы и палеозойид Урала из-за резкого различия физических свойств их литосферы и, соответственно, способности к тектоническому течению.

ВВЕДЕНИЕ

В современном рельефе Урал выступает как новейший линейный внутриплитный ороген, сформированный на протерозойско-палеозойском складчатом основании. Гипсометрически Урал существенно уступает орогенам Альпийско-Азиатского горного пояса, возникшим на подобном или более древнем основании, таким, как Тянь-Шань, Алтай и (по меньшей мере, частично) Большой Кавказ. С этим согласуется и более слабая, по сравнению с ними, сейсмичность Урала. Уже при таком самом беглом рассмотрении неотектоники Урала возникает несколько вопросов.

Первый вопрос: каковы морфология и возраст новейшего орогена Урала?

Второй вопрос касается степени его унаследованности. На фоне общего умеренного неотектонического воздымания обнаруживаются зоны повышенного гипсометрического контраста, в которых выявлены смещения новейших отложений и форм рельефа, иначе говоря, новейшие разломы [7, 10, 11, 23, 26, 27, 29, 31]. Они, как правило, простираются вдоль горного сооружения и совпадают с зонами более ранних нарушений, функционировавших в герцинский орогенный этап (поздний палеозой и начало мезозоя). Но новейший ороген не совпадает полностью с позднегерцинским, поскольку значительная часть последнего не вовлечена в новейший орогенез, которым, вместе с тем, охвачены не только герцинские складчатые сооружения, но и активизированный край Восточно-Европейской платформы. Можно ли в таком случае говорить об унаследованности новейшего орогена Урала от позднегерцинского и, если можно, то в чем и в какой мере?

Третий вопрос относится к характеру новейших движений. Наибольшие современные высоты приходятся на стык Северного и Полярного

Урала (до 1900 м) и Южный Урал (до 1600 м), где рельеф местами близок к альпийскому, тогда как на Среднем Урале и значительной части Северного Урала высоты не превышают 1000 м и контрастность рельефа слабая. Хотя Полярный Урал был областью неоднократных оледенений и, в частности, позднеплейстоценового (валдайского, или сартанского), его относительно большая современная высота не может рассматриваться только как результат послеледникового гляциоизостатического поднятия. Оно способно лишь восстановить опускание предшествовавшей ледниковой эпохи, но не превысить его. Вместе с тем, именно низкий Средний Урал отличается повышенной на общеуральском фоне современной сейсмичностью, указывающей на высокую неотектоническую активность. Почему? Попытаемся ответить на эти вопросы.

ОБЩИЕ ЧЕРТЫ НОВЕЙШЕГО ГОРНОГО СООРУЖЕНИЯ УРАЛА

Для рельефа Урала характерно существование широких плоских водоразделов, образованных доорогенной поверхностью (или несколькими поверхностями) выравнивания. На юге Урала эта поверхность образует плоскогорья Зилаирского плато, плосковершинные хребты Башкирского Урала и главного водораздела, хребта Уралтау, который ниже западных хребтов. На Среднем Урале она находится на абсолютных отметках 300–400 м, тогда как на Полярном и Южном Урале занимает высоты 550–600 м. На восточном склоне Южного и Среднего Урала предорогенная олигоцен-миоценовая поверхность понижается от приводораздельной части к границе Западно-Сибирской низменности: от 500–600 до 350–400 м на Южном Урале и от 350–400 до 180–200 м на

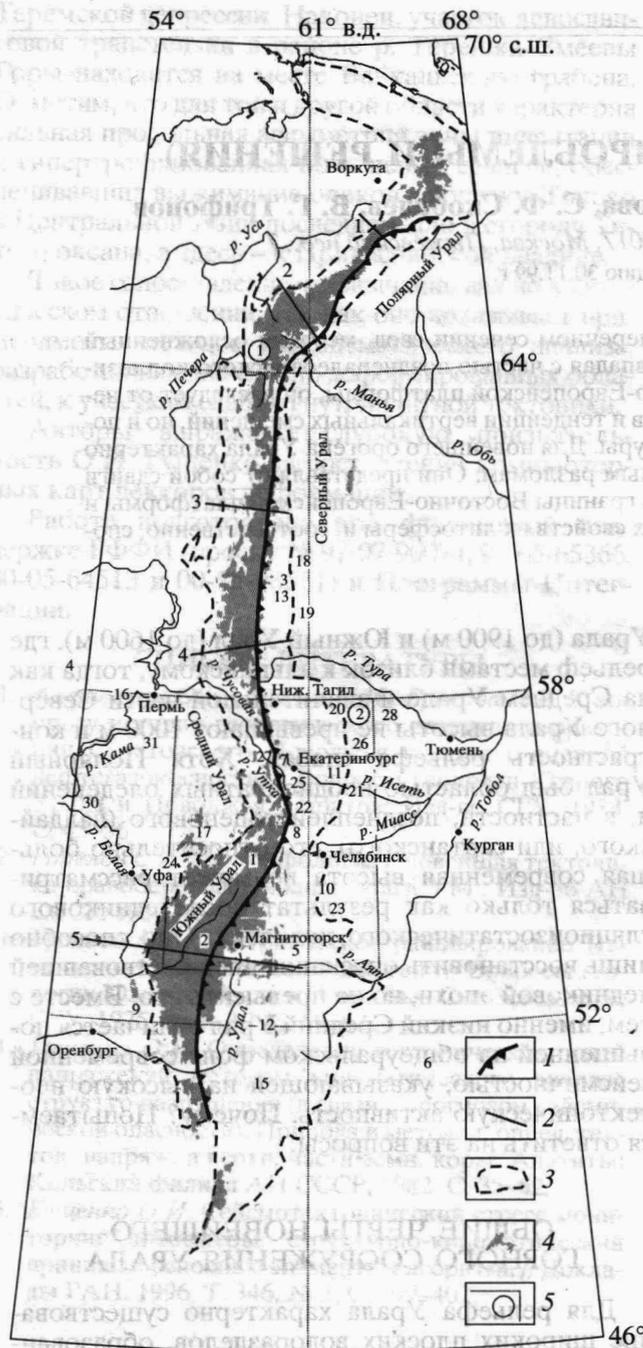


Рис. 1. Схема соотношения современного горного сооружения Урала и структур Уральского складчатого пояса.

1 – Главный Уральский разлом; 2 – линии профилей, показанных на рисунке 2; 3 – контуры складчатого сооружения палеозойского Урала; 4 – современное горное сооружение Урала с отметками выше 400–500 м; 5 – участки проведения полевых работ (цифры в кружках 1, 2).

Цифрами на рисунке обозначены: 1 – Зилаирское плато, 2 – хр. Уралтау, 3 – Северо-Ивдельская впадина, 4 – Волго-Уральское и 5 – Белорецк-Кустанайское поднятия, 6 – Тургайский прогиб, 7 – Исеть-Чусовская зона, 8 – Кыштымская и 9 – Сакмаро-Бельская впадины, 10 – Челябинский угольный бассейн, 11 – Егоришно-Каменский, 12 – Полтаво-Брединский и 13 – Серовский угленосные районы, 14 – Маньинское и 15 – Домбровское месторождения углей, 16 – Камская угленосная площадь, 17 – Уфимское плато; поселки: 18 – Ивдель, 25 – Полевской; города: 19 – Серов, 20 – Алапаевск, 21 – Каменск-Уральский, 22 – Кыштым, 23 – Троицк, 24 – Аша, 26 – Камышлов, 27 – Североуртинск, 28 – Ирбит, 29 – Альметьевск, 30 – Нефтекамск, 31 – Оса.

Среднем Урале до широты Нижнего Тагила. Та же тенденция к погружению в восточном направлении обнаруживается при сопоставлении современного залегания континентальных, в основном аллювиальных юрских и нижнемеловых отложений. Их абсолютная высота уменьшается от 550 м в верховьях р. Урал и 400 м на Уральско-Тобольском водоразделе до 200 м вблизи долины р. Тобол. При этом относительные высоты над современными врезами уменьшаются с запада на восток от 70–80 м в верховьях р. Урал до отрицательных отметок в долине р. Тобол. Все эти данные указывают на воздымание новейшего орогена Урала над прогибающейся Западно-Сибирской плитой [11].

Восточная граница новейшего орогена Урала на значительном протяжении выражена зоной Восточно-Уральского разлома, по которому, как это видно в ряде мест, палеозойские образования взброшены над морскими эоценовыми отложениями Западной Сибири [11, 20], отсутствующими на Урале. Амплитуда вертикального смещения достигает 100–200 м около г. Серова и 40–80 м южнее пос. Ивдель [11]. По Серовского разлому выявлено и смещение нижнечетвертичных отложений на 17–25 м [12, 27]. Разломный характер границы Урала и Зауральского плато ярко выражен в районе Алапаевска и Каменска-Уральского, Кыштыма и Челябинска, а также южнее Троицка. Четвертичная активность ветвей разлома подчеркивается тектоническими уступами рельефа с каньонообразными участками русел рек, обилием источников подземных вод, иногда теплых, местами радиоактивных [11].

Структурный анализ рельефа показывает, что в поперечных сечениях современный Урал представляет собой пологое поднятие, маркируемое вершинной доорогенной поверхностью выравнивания (рис. 1, 2). В суждениях о форме этого поднятия, морфологии и возрасте деформированной поверхности между исследователями существуют расхождения. Д.В. Борисевич [5, 6] выделяет в качестве реликтов ранней, среднетриасовой, стадии ее формирования фрагменты поверхности выравнивания, сохранившейся на вершинах остан-

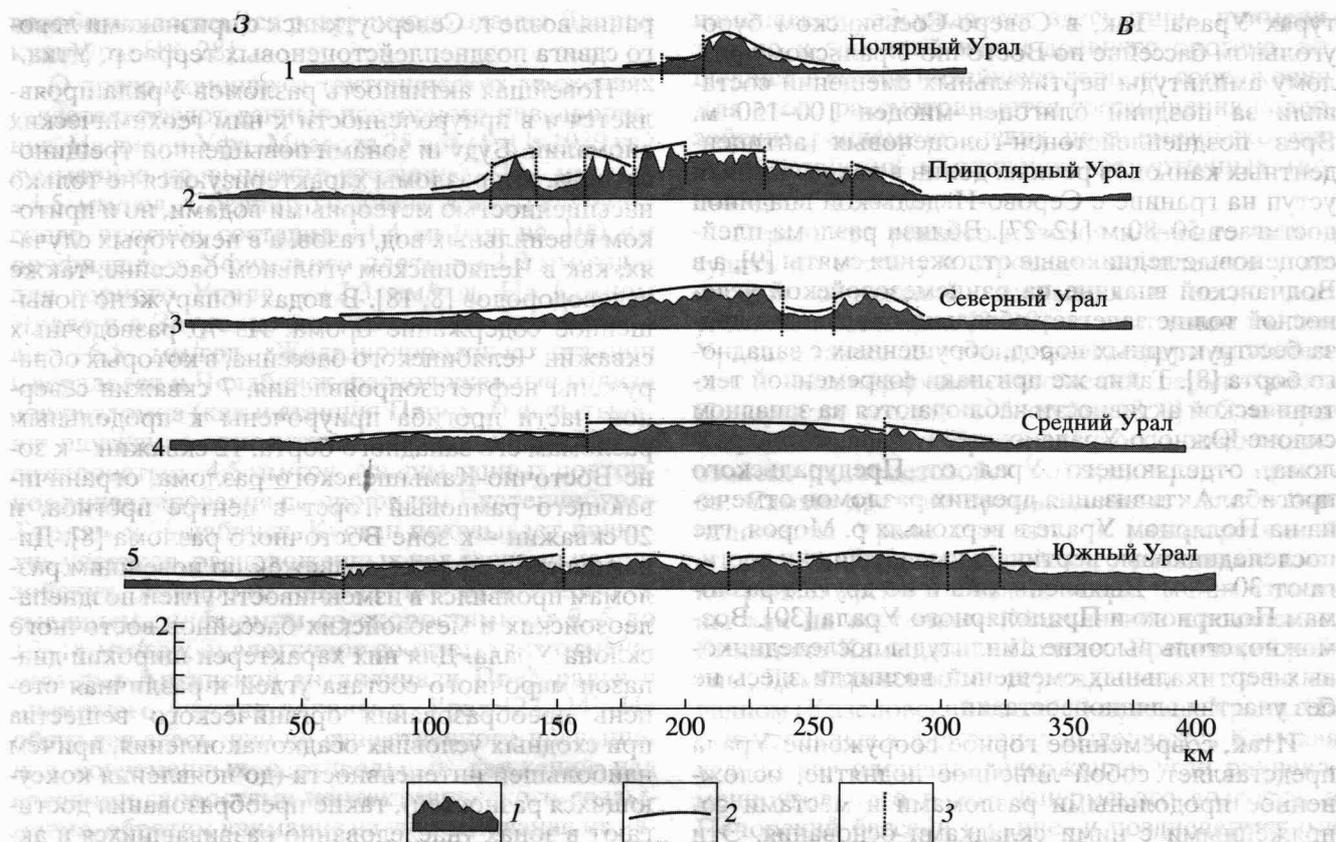


Рис. 2. Профили деформаций вершинной (неоген-четвертичной) поверхности Урала.

Расположение профилей см. на рис. 1.

1 – рельеф поверхности Земли; 2 – линия вершинной поверхности рельефа; 3 – предполагаемые зоны разломов, нарушающих положение вершинной поверхности.

цовых гор на высотах 500–600 м на Среднем Урале и 850–900 м на Южном и Полярном Урале. Однако другие исследователи полагают, что столь древний рельеф едва ли сохранился на Урале в незахороненном состоянии и рассматривают эти фрагменты как результат воздымания новейших блоков или локальных складок основания. С достаточной уверенностью эти исследователи [7, 11, 21, 32] говорят об обширном пенеплене, развивавшемся лишь с мелового периода или, самое раннее, конца юры. Приводимые ниже данные и соображения о характере раннемезозойского рельефа свидетельствуют в пользу второй точки зрения.

По мнению большинства исследователей, важнейшую роль в формировании новейшего орогена Урала сыграла олигоценовая тектоническая активизация. Д.В. Борисевич [5, 6] представляет новейший ороген как удлиненное сводовое поднятие, нарушенное разломами преимущественно сбросового типа; его развитие явилось лишь усилением ранее наметившихся тенденций. В частности, восточный склон Урала приобрел в миоцене дополнительный наклон в сторону За-

падно-Сибирской плиты амплитудой в 200 м. Однако другие исследователи придают олигоценовой активизации большее значение, приводя доказательства формирования молодых складок основания и активизации подвжек по субмеридиональным разломам [11, 21, 26, 32]. По нашему мнению, складки основания, выраженные изгибами поверхностей выравнивания, характерны для высоко поднятых частей Урала: севера его северного сегмента и Полярного Урала. В более южных районах выявлены приразломные молодые пологие изгибы поверхности палеозойского основания. Одна из таких складок наблюдалась нами возле пос. Ивдель вблизи Восточно-Уральского разлома. Далее к югу над уровнем послекюрской поверхности возвышаются на 200–250 м линейные гряды, в общем субмеридиональные, но образующие полого выпуклые к западу дуги, которые также могут представлять собой новейшие складки основания. На Южном Урале описано современное выжимание палеозойских гранитных массивов [21, 28].

Подобные признаки дифференцированных новейших движений отмечены и в других струк-

турах Урала. Так, в Северо-Сосьвинском буровом бассейне по Восточно-Уральскому разлому амплитуды вертикальных смещений составили за поздний олигоцен–миоцен 100–150 м. Врез позднеплейстоцен-голоценовых антицидентных каньонов речных долин в надразломный уступ на границе с Серово-Ивдельской впадиной достигает 50–80 м [12, 27]. Вблизи разлома плейстоценовые ледниковые отложения смяты [9], а в Волчанской впадине на раннемезозойской угленосной толще залегает обвальное оползневая линза бесструктурных пород, обрушенных с западного борта [8]. Такие же признаки современной тектонической активности наблюдаются на западном склоне Южного Урала южнее г. Аша, в зоне разлома, отделяющего Урал от Предуральского прогиба. Активизация древних разломов отмечена на Полярном Урале в верховьях р. Мороя, где послеледниковые вертикальные подвижки достигают 30–50 м. Выявлены они и по другим разломам Полярного и Приполярного Урала [30]. Возможно, столь высокие амплитуды послеледниковых вертикальных смещений возникли здесь без участия гляциоизостазии.

Итак, современное горное сооружение Урала представляет собой линейное поднятие, осложненное продольными разломами и местами сопряженными с ними складками основания. Эти структурные формы начали развиваться не позже конца мезозоя. Их развитие резко активизировалось в олигоцене и продолжается до сих пор.

Особое место в новейшей структуре занимает поперечная глубинная флексура, выраженная различиями гипсометрических высот и относительного положения коррелируемых уровней рельефа на Среднем и Южном Урале. Западнее Урала поперечной флексурной зоне отвечает северный фланг Волго-Уральского поднятия, характеризующийся аналогичным Уралу изменением высот коррелируемых уровней рельефа [6, 7]. Восточнее Урала флексурной зоне соответствует северный фланг Белорецко-Кустанайского поднятия, которое отделяет погруженную часть Западно-Сибирской плиты от Тургайского прогиба. Северный склон этого поднятия отчетливо фиксируется изменением с севера на юг высотного положения подошвы морских эоценовых отложений от 165–170 м в бассейне р. Туры до 246 м на р. Исеть близ пос. Маминский, 300–330 м в Миаском районе и 340 м в бассейне р. Аят на юге Зауральского плато [11]. На Урале к поперечной зоне приурочены четвертичные нарушения широтного и северо-западного простираний, например, Исеть-Чусовская зона на широте пос. Полевской–г. Камышлов. Она образована системой локальных впадин, сопряженных с молодыми уступами. Одна из них – Кыштымская впадина, заполненная озером глубиной до 25 м. На западном склоне выделена зона северо-западного прости-

рания возле г. Североуртинск с признаками левого сдвига позднеплейстоценовых террас р. Утка.

Новейшая активность разломов Урала проявляется и в приуроченности к ним геохимических аномалий. Будучи зонами повышенной трещиноватости, эти разломы характеризуются не только насыщенностью метеорными водами, но и притоком ювенильных вод, газов, а в некоторых случаях, как в Челябинском угольном бассейне, также углеводородов [8, 18]. В водах обнаружено повышенное содержание брома. Из 70 разведочных скважин Челябинского бассейна, в которых обнаружены нефтегазопроявления, 7 скважин северной части прогиба приурочены к продольным разломам его западного борта, 12 скважин – к зоне Восточно-Камышенского разлома, ограничивающего рамповый горст в центре прогиба, и 20 скважин – к зоне Восточного разлома [8]. Динамический эффект подвижек по новейшим разломам проявился в изменчивости углей позднепалеозойских и мезозойских бассейнов восточного склона Урала. Для них характерен широкий диапазон марочного состава углей и различная степень преобразования органического вещества при сходных условиях осадконакопления, причем наибольшей интенсивности (до появления коксующихся разностей), такие преобразования достигают в зонах унаследованно развивавшихся и активизированных в новейшее время разломов [15].

Согласно результатам тектоно-физического моделирования, наличие поровых вод в раздробленной горной породе зоны разлома повышает способность к относительному перемещению блоков в 3–10 раз по сравнению с монолитной породой. Как показал опыт Коркинского разреза Челябинского бассейна, этому эффекту способствует изменение динамических напряжений при увеличении вскрышных работ и глубины карьера, что в сочетании с обводненностью привело к образованию систем листрических сбросов, субпараллельных бортам горной выработки и зонам активизированных разломов, по которым в зоне Западного разлома произошло оползание надугольной толщи западного борта карьера по эоценовому опоковому водоупору, а в зоне Восточного разлома – к оползанию и разрушению здания магазина в пос. Роза, расположенного в полукилометре от восточного борта выработки. Кроме того, нами наблюдались зарождающиеся трещины оползневого отрыва в тыловых присклонных частях технологических уступов восточного борта карьера, формирование которых усиливается сбросом промышленных вод. В г. Магнитогорске зарегистрировано современное выдавливание по активизированным разломам клиновидного блока гранитоидного массива, слагающего наиболее высокую сохранившуюся часть горы Магнитной по соседству с переуглубленным железорудным карьером, что приводит к постоянно

возобновляющемуся разрушению здания Дворца культуры [18, 28].

О продолжающихся тектонических движениях свидетельствуют данные повторного нивелирования. На линии Уфа–Миасс за 25 лет (1911–1939 гг.) суммарное превышение составило +111 мм, т.е. +4.5 мм/год. Средний градиент для Предуральского прогиба составил +1.4 мм/год на 100 км профиля, для Уфимского плато – +2.7 мм/год и для горного Урала – +2.3 мм/год. На Южном Урале и в Зауралье эти градиенты еще выше – до +6.5 мм/год. Железнодорожные станции Свердловск и Челябинск, расположенные вблизи зон разломов (как и станция Пермь-2) испытывают опускание относительно осевой части Урала со скоростью –4.5 мм/год. Анализ данных повторного нивелирования по профилям Екатеринбург–Тюмень и Челябинск–Курган показывает поднятие участков, расположенных над сводами палеозойских антиформ Урала по отношению к смежным синформам со скоростями от 2–5 до 10–14 мм/год; аналогичное соответствие отмечается для Артинской антиклинали Предуралья и широтного участка долины р. Урал [23, 24]. Не обсуждая здесь причин существенного превышения современных вертикальных движений над средними скоростями неотектонического воздымания, обратим внимание на унаследование их направленности.

ПРОБЛЕМА УНАСЛЕДОВАННОСТИ НОВЕЙШЕГО ОРОГЕНА УРАЛА

Общепринято, что в конце палеозоя Урал представлял собой коллизионный ороген. По мнению С.С. Шульца [32], он окончательно оформился в артинский век в виде субмеридионального горного пояса с альпийским рельефом и высотами не менее 3500 м. Перед фронтом пояса сформировался предгорный прогиб, заполненный верхней красноцветной молассой пермского возраста, а на севере и на юге – и сероцветной субаквальной (морской и аллювиально-пролювиальной) молассой триаса–юры [9]. Орогенный режим и, следовательно, конэрозионный горный рельеф, постепенно деградируя, сохранялись и в начале мезозоя [17, 32].

Обсуждая степень унаследованности новейшего орогена от позднепалеозойско-раннемезозойского, следует сразу отметить, что новейшее горное сооружение охватывает лишь ту часть позднегерцинского орогена, которая оказалась надвинутой на кристаллический фундамент Восточно-Европейской платформы и сейчас ограничена Восточно-Уральским разломом [33]. Более восточные зоны древнего орогена погребены под чехлом Западно-Сибирской плиты или, на юге, обнажаются в виде всхолмленной равнины. Поэтому проблема унаследованности, как структурной, так и ди-

намической, обсуждается здесь лишь применительно к западной части древнего орогена, вошедшей в состав новейшего горного сооружения. Для этого рассматриваются соотношения палеозойских, раннемезозойских, позднепалеозойско-раннекайнозойских и олигоцен-четвертичных (новейших) структур.

О рельефе раннего мезозоя косвенно можно судить по составу и строению комплексов угленосных отложений, вскрытых в нескольких угольных бассейнах [8, 18] на восточном склоне Урала, а также по интенсивной деформированности и метаморфизму отложений перми–триаса Печорского угольного бассейна [8, 9] и Сакмаро-Бельской впадины Предуральского (позднепалеозойско-раннемезозойского) предгорного прогиба. Самые древние промышленные угленосные отложения Урала относятся к раннеорогенной стадии его позднепалеозойского развития и имеют раннекаменноугольный возраст. Они известны как на восточном (Маньинское проявление, Егоршино-Каменский и Полтаво-Брединский районы, Домбаровское месторождение), так и на западном (Кизеловский бассейн) склонах Урала. На сопредельных территориях выделяются Камская угленосная площадь, содержащая угли раннекаменноугольного и позднепермского возраста, и Печорский бассейн с ранне- и позднепермскими углями. Интенсивное угленакопление возобновилось на восточном склоне Урала в позднем триасе и юре (рэт–лейас), а в Орском бассейне – в средней юре [8], нередко наследуя зоны позднепалеозойского угленакопления – узкие межгорные, вероятно, приразломные впадины. Образовался обширный Северо-Сосьвинский бассейн, тогда как в Серовском бассейне Волчанское и Богуславское месторождения выполняют наложенные на палеозойские прогибы мульды [8, 11]. Раннемезозойские приразломные впадины Среднезауральского бассейна смещены на несколько километров к востоку от палеозойских угленосных впадин. Челябинский угленосный бассейн расположен на северном продолжении Полтаво-Брединского раннекаменноугольного бассейна, а в Орской депрессии раннемезозойские угленосные впадины находятся на южном продолжении палеозойских.

Для позднепалеозойских и мезозойских впадин отмечены следующие общие закономерности угленакопления. Мощные угленосные толщи формировались в узких протяженных прогибах шириной не более нескольких километров. В относительно широких (до 15–20 км) палеобассейнах встречаются лишь тонкие угольные пласты среди терригенных и вулканогенно-осадочных пород. В позднем палеозое и раннем мезозое проявлялась эпизодическая, а местами и интенсивная вулканическая деятельность с излиянием лав преимущественно базальтового состава, близкого к траппам, но иногда и более кислых – до дацитов и

риолитов [9, 17]. При ее активизации в угольных разрезах начинал преобладать вулканогенный материал, а при затухании – терригенный. Позднепалеозойские и раннемезозойские (до середины юры включительно) тектонические движения приводили к обрушения бортов впадин и формированию олистостромов, олистоплаков, постэрозионных и гравитационных покровов. Это указывает на значительную крутизну склонов впадин, вероятно, ограничивавшихся разломами. На восточном борту Сосьвинско-Салехардского бассейна Зауралья на юрскую угленосную толщу надвинуты девонские эффузивы [8, 9]. В целом, разрезы впадин свидетельствуют о достаточно высокой тектонической активности и наличии в раннем мезозое расчлененного рельефа, но не о его пенепленизации. Последняя, по-видимому, началась позднее и сопровождалась образованием кор выветривания латеритного типа [6, 11]. При этом уже в меловое время обозначились или сохранились от постпалеозойского рельефа линейные возвышенности над долинами пенеплена, позднее ставшие горными хребтами [6, 7, 11, 21].

Активизированные в олигоцене разломы Урала, преимущественно продольные, как правило, унаследованы от позднего палеозоя. Это отчетливо видно на примере Коркинского месторождения Челябинского поздне триасово-юрского угольного бассейна. Его структура, вскрытая углерезом (карьером), неоднократно описывалась (см., например, [8]). Поэтому здесь обратим внимание лишь на особенности, существенные для обсуждаемой проблемы. Коркинское месторождение расположено непосредственно к востоку от зоны унаследованного от позднего палеозоя Восточно-Уральского разлома, по которому амплитуда позднеплейстоцен-голоценового тектонического уступа достигает в районе г. Челябинска 20–40 м. Деформации озерных террас к западу от Челябинска, между Восточно-Уральским разломом и Западной зоной разломов Челябинского грабена, фиксируют перекося поверхности голоценовых террас: их северо-западные участки испытывают подъем, а юго-восточные – опускание [7]. В современной структуре район месторождения представляет рамповую впадину, осложненную складчатостью. Выделяются три зоны разломов: Западного шириной не менее 300 м, Центрального и слабее выраженного в структуре месторождения Восточного. По данным разведочного бурения, по зоне Западного разлома угленосный разрез ступенчато опущен на величину до 400 м. Здесь же девонские эффузивы надвинуты на угленосную толщу (пласт 2 нижний), причем в основании (зоне тектонического контакта) эффузивы сильно каолинизированы, а окружающие их породы, в основном песчаники, содержат много пирита и марказита, которые местами образуют пленку на зеркалах тектонического скольжения. Возмож-

но, каолинизированные и дезинтегрированные породы представляют собой реликт меловой коры выветривания, по которой происходило надвигание. Подобные эффузивы и гранитоиды обнаружены в той же зоне на северо-западном борту карьера в виде линз тектонического меланжа. Расстояние между этими разобщенными экзотическими глыбами палеозойских пород не менее двух километров, что вместе с тектонической штриховкой на вертикальных сместителях разломов, образующих зону меланжа, позволяет предположить значительную левосдвиговую компоненту перемещения по всей зоне Западного разлома. Дислокации вдоль оси Центральной антиклинали и на ее западном крыле, ранее считавшиеся диапировыми [8], являются, по нашему мнению, приразломными и характеризуются нагнетанием пластичных пород – углей и глин – в замки складок (рис. 3). В замках складок отмечается наибольшая мощность угольных пластов, что позволяет характеризовать складчатость как “структуру истечения”, по определению Ж. Гогеля, или пластического течения горных пород, возникающую в многослойных толщах пород с разной степенью компетентности при их тектоническом перемещении. В предмеловое время замок Центральной антиклинали был эродирован, позднее перекрыт глауконитовыми песками верхнего мела, на которые с размывом ложатся палеогеновые опоки. Они свообразно изогнуты, причем их мощность меняется от 40 м в западном крыле до 10 м на своде. Согласно С.С. Шульцу [32], продолжение роста складки в новейшее время фиксируется не только деформацией слоя опок, но и небольшим изгибом земной поверхности. По нашим данным, опоки деформированы и в зоне Восточного разлома Коркинского карьера. Таким образом, накопление раннемезозойских угленосных толщ в Коркинском месторождении, как и во всем Челябинском бассейне, происходило в узком прогибе, унаследованном от зоны нарушений (межгорной депрессии?) позднепалеозойского коллизийного пояса. Позднее прогиб оформился в рамповый грабен с признаками надвигания (по меньшей мере, на западном борту) и приразломной складчатостью. Движения по разломам и рост Центральной антиклинали продолжались в новейшее время.

Итак, многие разломы и, по крайней мере, некоторые поднятия и прогибы новейшего орогена Урала унаследованы от аналогичных структур раннего мезозоя, которые, в свою очередь, наследуют позднепалеозойские орогенные структуры. Признаки унаследованного развития демонстрирует и упоминавшаяся поперечная флексурная зона, обуславливающая превышение Южного Урала над Средним и продолжающаяся на северные склоны Волго-Уральского и Белорецко-Кустанайского поднятий. Новейшие движения по ней

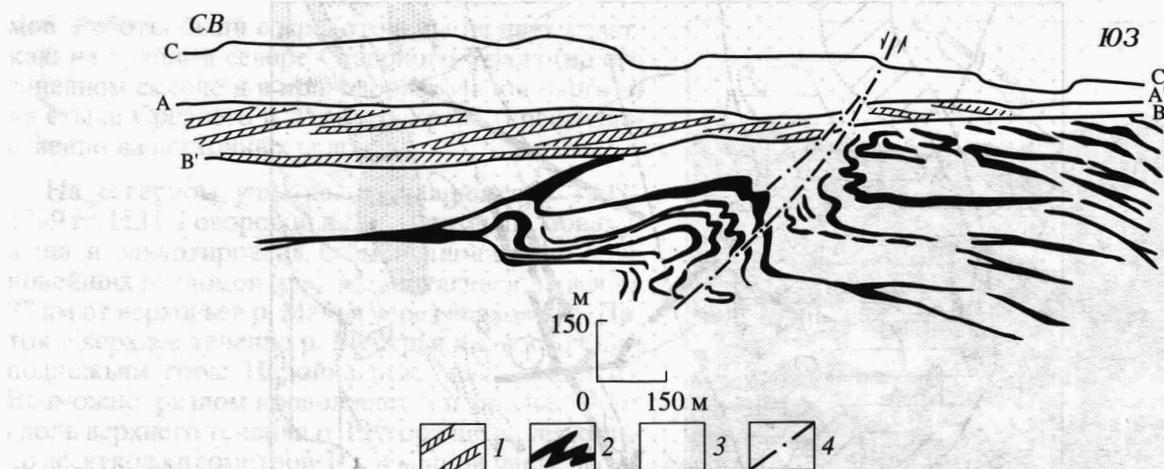


Рис. 3. Детали разреза Коркинского карьера.

Видна деформация слоя эоценовых опок над ядром антиклинали, сложенной угленосной толщей (полевые зарисовки С.Ф.Скобелева).

1 – горизонт опок (эоцен?); 2 – пласты углей; 3 – “пустая” порода отвала и безугольные пласты; 4 – положение сместителей Западного разлома и направление смещения; А-А’ – уровень поверхности (кровля опок); В-В’ – подошва опок; С-С’ – поверхность отвала пустой породы горной выработки.

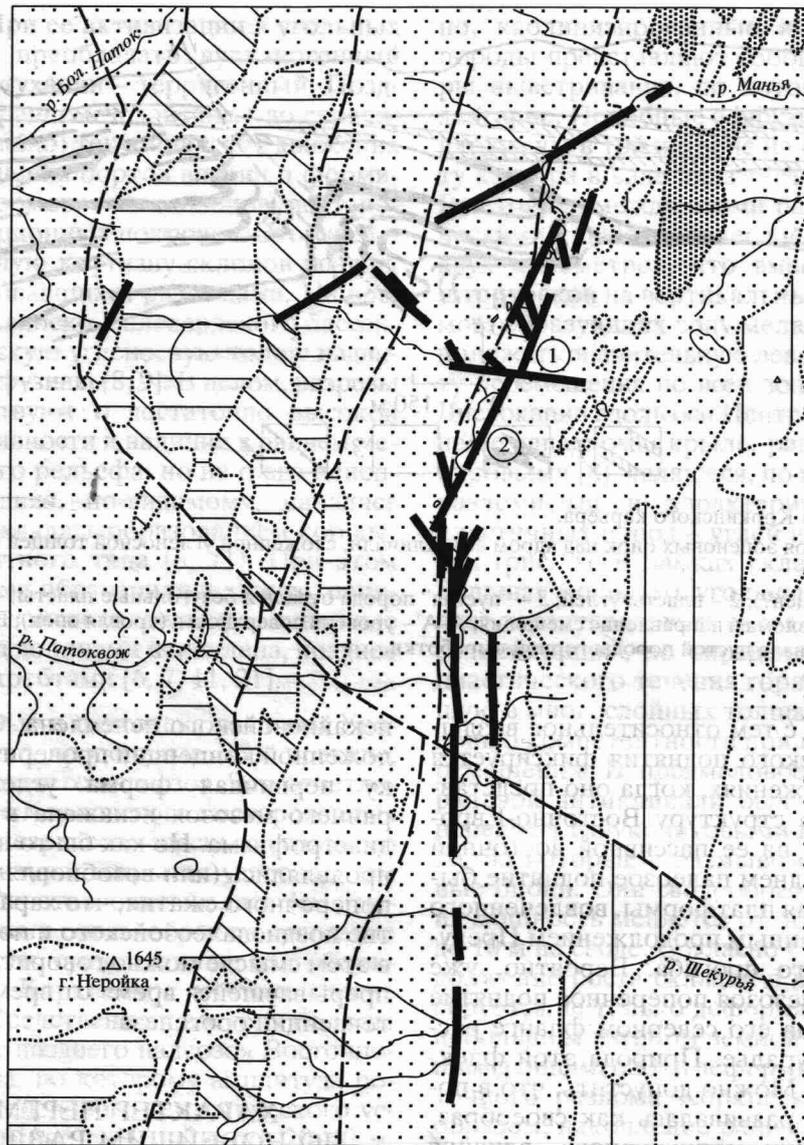
несомненны. Вместе с тем относительное воздымание Волго-Уральского поднятия фиксируется в палеозойских отложениях, когда оно представляло собой краевую структуру Восточно-Европейской платформы на ее пассивной восточной окраине. Лишь в позднем палеозое поднятие было обособлено от края платформы, вовлеченного в ороген, редуцированным продолжением Предуральского передового прогиба. Вероятно, уже тогда или в начале мезозоя поперечное поднятие и флексурная зона на его северном фланге распространились в Зауралье. Природа этой флексурной зоны неясна. Можно допустить, что в позднем кайнозое она развивалась как своеобразная граница области структурного влияния Альпийско-Гималайского коллизионного пояса.

Такие структурные элементы новейшего орогена как взбросы и складки основания, указывают на их формирование в условиях поперечного сжатия. То же характерно и для структур позднепалеозойского орогена Урала. Однако динамическая обстановка раннего мезозоя не столь однозначна. По мнению Е.Е. Милановского [17], на этом этапе чередовались эпохи растяжения и рифтогенеза с фазами поперечного сжатия. Первая из таких эпох началась в конце палеозоя – начале мезозоя и проявилась ранне-среднетриасовой вспышкой вулканизма [9–11, 17, 18], сменившейся в позднем триасе развитием угленосных грабенообразных прогибов. Фаза сжатия на рубеже триаса и юры превратила эти прогибы в рампы. В юрское время вновь имели место растяжение и прогибание. Они сменились фазой сжатия конца юры, предшествовавшей ослаблению движений и формированию позднемезозойско-ран-

некайнозойского пенеплена. Справедливость изложенной концепции проверить трудно, поскольку первичная форма угленосных бассейнов раннего мезозоя искажена в упомянутые фазы диастрофизма. Но как бы то ни было, в эти фазы проявлялись (или возобновлялись) те же условия поперечного сжатия, что характеризовали развитие позднепалеозойского и новейшего орогена, и в этом смысле можно говорить о сквозной, хотя и прерывавшейся время от времени, динамической тенденции орогенеза.

ХАРАКТЕР ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПО НОВЕЙШИМ РАЗЛОМАМ УРАЛА

Выше были приведены убедительные свидетельства новейших (олигоцен-четвертичных и даже позднечетвертичных) вертикальных смещений по продольным разломам Урала. Гораздо меньше данных о наклоне новейших разломов, т.е. сбросовой или взбросо-надвиговой природе этих смещений. В тех случаях, когда такие данные удалось получить, как в Коркинском разрезе, они скорее указывают на взброс, чем сброс, т.е. на развитие новейших разломов в условиях поперечного сжатия. Однако высказывались соображения и о формировании новейшей и в целом мезо-кайнозойской (с раннего триаса) структуры Урала в условиях растяжения [12]. Вместе с тем, характер зеркал скольжения в зоне Западного разлома Коркинского карьера свидетельствует о преобладании сдвиговой компоненты движений, которая предположительно превосходит вертикальную в 4–5 раз. И.С. Степанов [24] обосновывал существенно сдвиговые перемещения, левые,



0 1 2 км

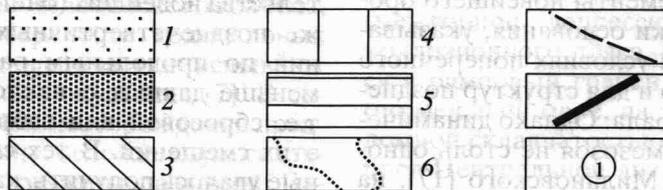


Рис. 4. Карта зоны новейших разломов верхьев рек Паток и Шукерья, Северный Урал (составили Н.Н. Говорова и Д.Г. Загубный).

1 – рифейские хлоритовые и слюдяные сланцы, кварциты; 2 – ордовикские конгломераты, песчаники, филлиты; 3 – вендско-кембрийские диориты; 4 – позднепротерозойские и 5 – раннепалеозойские гранитоиды; 6 – геологические границы; 7 – древние и 8 – новейшие и современные разломы; 9 – местоположение рис. 5 и 6 (цифры в кружках 2 и 1 соответственно).

реже правые, по новейшим продольным разломам западного склона стыка Среднего и Северного Урала (бассейны рек Косьва, Усьва и Вильва) резкими изгибами пересекаемых разломами речных долин.

Разнообразие и, главное, явная недостаточность имевшихся данных побудила нас выполнить в 1997–1999 гг. специальное полевое изучение морфологии и кинематики новейших разло-

мов. Работы были сосредоточены на двух участках: на крайнем севере Северного Урала (на его западном склоне и в приводораздельной части) и на стыке Среднего и Южного Урала (преимущественно на восточных склонах).

На северном участке, изучавшемся в 1998–1999 гг. Н.Н. Говоровой и Д.Г. Загубным, обнаружена и закартирована субмеридиональная зона новейших разломов (рис. 4), протягивающаяся на 27 км от верховьев р. Манья через верховья р. Паток в верхнее течение р. Щекурья и к восточным подножьям горы Неройка (абс. выс. 1645.3 м). Возможно, разлом продолжается и дальше на юг вдоль верхнего течения р. Шугор еще на несколько десятков километров. В изученной части вдоль разлома расположена цепочка озер, а южнее долина р. Щекурья. Нередко берега озер имеют прямолинейные очертания, будучи ограничены уступами основных или оперяющих разломов. Восточнее оз. Порга-Тур одно из основных нарушений образует ступень в поверхности позднечетвертичной морены; на 2–2.5 м поднято восточное крыло (рис. 5). Восточнее оз. Паток наблюдается несколько уступов. Один из них образует восточный край озера, а два других нарушают поверхность позднеледниковых флювиогляциальных отложений. Восточные крылья подняты примерно на 2 м на каждом уступе. При этом поверхность отложений приобрела наклон от озера на восток (к хребту Саленер), из-за чего западные крылья разломов оказались заболоченными (рис. 6). Такой наклон приразломной поверхности характерен для взбросов. Показательно, что тот же структурный мотив повторяется в рельефе хребта Саленер: наибольшие высоты (до 1200 м) примыкают к его западному краю, а восточный склон представляет собой наклоненную под углами до 7–10° поверхность выравнивания, выработанную на разнообразных по составу и по-разному деформированных коренных породах.

Вместе с тем, в долине р. Паток позднеплейстоценовая морена смещена по разлому влево на 15 м. Подобные левые смещения мелких водотоков обнаружены южнее Малого Патокского озера и в верховьях р. Щекурья; характерные амплитуды сдвиговых смещений – 21–23 м. Очевидно, что амплитуда сдвига превосходит одновозрастную ей амплитуду вертикальных (взбросовых?) смещений в несколько раз.

Западнее основной зоны разломов выявлено молодое нарушение северо-восточного простирания, протягивающееся вдоль ручья Весенний (правый приток Патока) и, вероятно, продолжающееся вдоль р. Озерная на расстояние не менее 13 км. Разлом смещает влево на 18–20 м долину р. Паток. На ее левом берегу на поверхности позднеплейстоценовой морены он выражен уступом высотой 1–1.5 м с поднятым северо-запад-

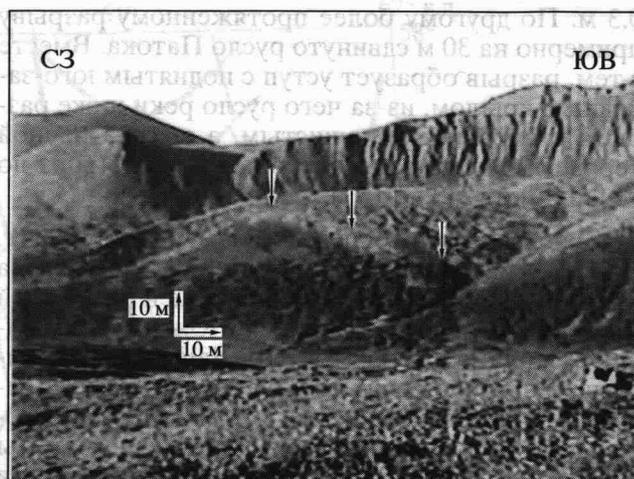


Рис. 5. Тектонический уступ поверхности позднечетвертичной морены восточнее оз. Порга-Тур, Северный Урал. На 2–2.5 м поднято восточное крыло (фото Н.Н. Говоровой).

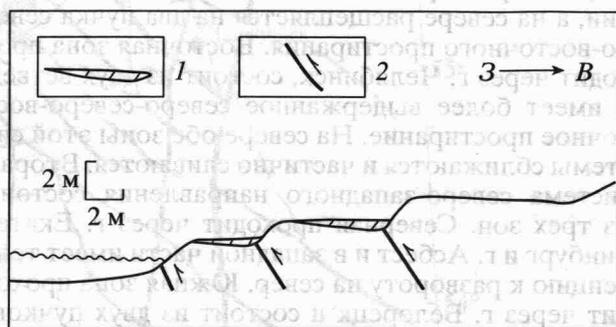


Рис. 6. Тектонические уступы и наклон поверхности позднечетвертичных флювиогляциальных отложений восточнее оз. Паток, Северный Урал (составила Н.Н. Говорова).

1 – позднечетвертичные флювиогляциальные отложения; 2 – новейшие разломы.

ным крылом. Направлению вертикальной составляющей смещений соответствует изменение русла Патока: выше разлома это относительно широкая (10–12 м) и мелководная (0.3–0.7 м) река, а ниже она сменяется узким (3–4 м) и глубоким (1–2 м) каньоном. Показательно, что и по этому разлому сдвиговая компонента смещений многократно превосходит вертикальную.

Между описанным нарушением и основной зоной разломов вдоль долины Патока протягивается несколько сопряженных нарушений северо-западного простирания. По ним выявлены праводвиговые смещения русел при подчиненной вертикальной компоненте. Так, 2-километровый разрыв на правом (северном) склоне долины Патока смещает на 4.5–5 м русло небольшого ручья, образуя вместе с тем встречный уступ склона на

0.3 м. По другому более протяженному разрыву примерно на 30 м сдвинуто русло Патока. Вместе с тем, разрыв образует уступ с поднятым юго-западным крылом, из-за чего русло реки ниже разрыва становится порожистым, а высота речной террасы изменяется с востока на запад (вниз по течению) от 2–3 до 15 м.

Южный участок был исследован в 1997–1998 гг. Д.М. Бачмановым при участии А.А. Рассказова [3, 4]. Ими проведен анализ новейшей разломной тектоники области сочленения Южного и Среднего Урала к юго-востоку от Башкирского выступа Восточно-Европейской платформы. В результате дешифрирования топокарт и космоснимков выделены две главные системы нарушений с признаками новейшей активности (рис. 7). Первая имеет северо-северо-восточное (“южноуральское”) простирание и локализована в двух зонах. Западная зона служит границей горной области и наиболее выражена между г. Миасс и г. Вишневогорск. На юге она испытывает вращение с разворотом в юго-западном направлении, а на севере расщепляется на два пучка северо-восточного простирания. Восточная зона проходит через г. Челябинск, состоит из двух ветвей и имеет более выдержанное северо-северо-восточное простирание. На севере обе зоны этой системы сближаются и частично сливаются. Вторая система северо-западного направления состоит из трех зон. Северная проходит через г. Екатеринбург и г. Асбест и в западной части имеет тенденцию к развороту на север. Южная зона проходит через г. Белорецк и состоит из двух пучков. Средняя зона пересекает западную ветвь “южноуральской” системы севернее г. Миасс и восточнее распадается на серию субпараллельных нарушений. Две выделенные системы как бы очерчивают Башкирский выступ, простираясь параллельно его ограничениям. Вместе с тем, они частично пересекаются и продолжают, постепенно затухая, в мезозойско-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты, находя слабое геоморфологическое выражение на его поверхности.

В процессе полевых работ и последующей обработки результатов наблюдений был использован комплекс методов установления кинематических параметров активизированных разломов: прямые геолого-геоморфологические наблюдения, структурная характеристика поверхностей разломов (их морфология, борозды на зеркалах скольжения, приразломные нарушения), статистический анализ приразломной трещиноватости, анализ структурного рисунка оперяющих нарушений, изучение морфологии и структурного положения приразломных озерных котловин.

Прямые геолого-геоморфологические наблюдения дали ограниченные результаты из-за слабой расчлененности рельефа и плохой обнажен-

ности. В районе г. Асбест (см. участок *a* на рис. 7) разрывные нарушения северо-северо-восточного простирания проявлены в спрямленных элементах гидросети (р. Пышма) и береговой линии (Рефтинское и Белоярское водохранилища). Во всех случаях подняты восточные крылья разломных уступов. В зоне пересечения западной ветви “южноуральской” системы и средней ветви системы северо-западного простирания (между пос. Карабаш и пос. Кыштым) выявлены характерные уступы склонов antecedentных долин, спрямленные элементы гидросети, а также линейные аномалии растительности на предгорной равнине, связанные со спецификой водонасыщенности и гидрогеохимии активных разрывных зон. Северо-восточнее пос. Карабаш и северо-западнее пос. Кыштым горизонтальные искривления до 30 м поперечных грядовых форм рельефа на противоположных бортах antecedentных долин позволяют предполагать левосдвиговые перемещения по разрывам северо-западной ориентировки.

Выявленные в зонах некоторых разломов зеркала скольжения, оперяющие трещины разного типа и редкие приразломные изгибы слоев показали существенную роль сдвиговых перемещений. Так, на северном борту Белорецкого известнякового карьера отпрепарирован активизированный субвертикальный (падение ЮЗ 85°) разлом, входящий в южную ветвь системы северо-западного простирания (см. на рис. 7). В зоне разлома представлены два типа крупных субпараллельных зеркал скольжения, соответствующие двум этапам деформации. Первый тип – это ожелезненные неровные поверхности с сочетанием признаков левосдвигового скольжения и отрыва, говорящего о растягивающей составляющей перемещения. Второй тип зеркал представляют свежие притертые поверхности с классическими признаками левого сдвига при небольшой взбросовой составляющей. Таким образом, в обоих случаях разлом был левым сдвигом, но в раннюю фазу активизации сдвиг сопровождался поперечным растяжением, а в позднюю фазу – поперечным сжатием. Это свидетельствует о некоторой перестройке поля неотектонических напряжений (разворот оси максимального сжатия против часовой стрелки с запад-северо-западного направления на запад-юго-западное) на фоне общего субширотного сжатия.

На нескольких выбранных участках производились массовые замеры наиболее свежей приразломной трещиноватости. Их статистическая обработка выявила на стереограммах плотности полюсов трещин так называемые “пояса трещиноватости”, связанные с последними перемещениями. Их интерпретация по методу В.Н. Даниловича [14] показала значительную сдвиговую составляющую перемещений по разломам при

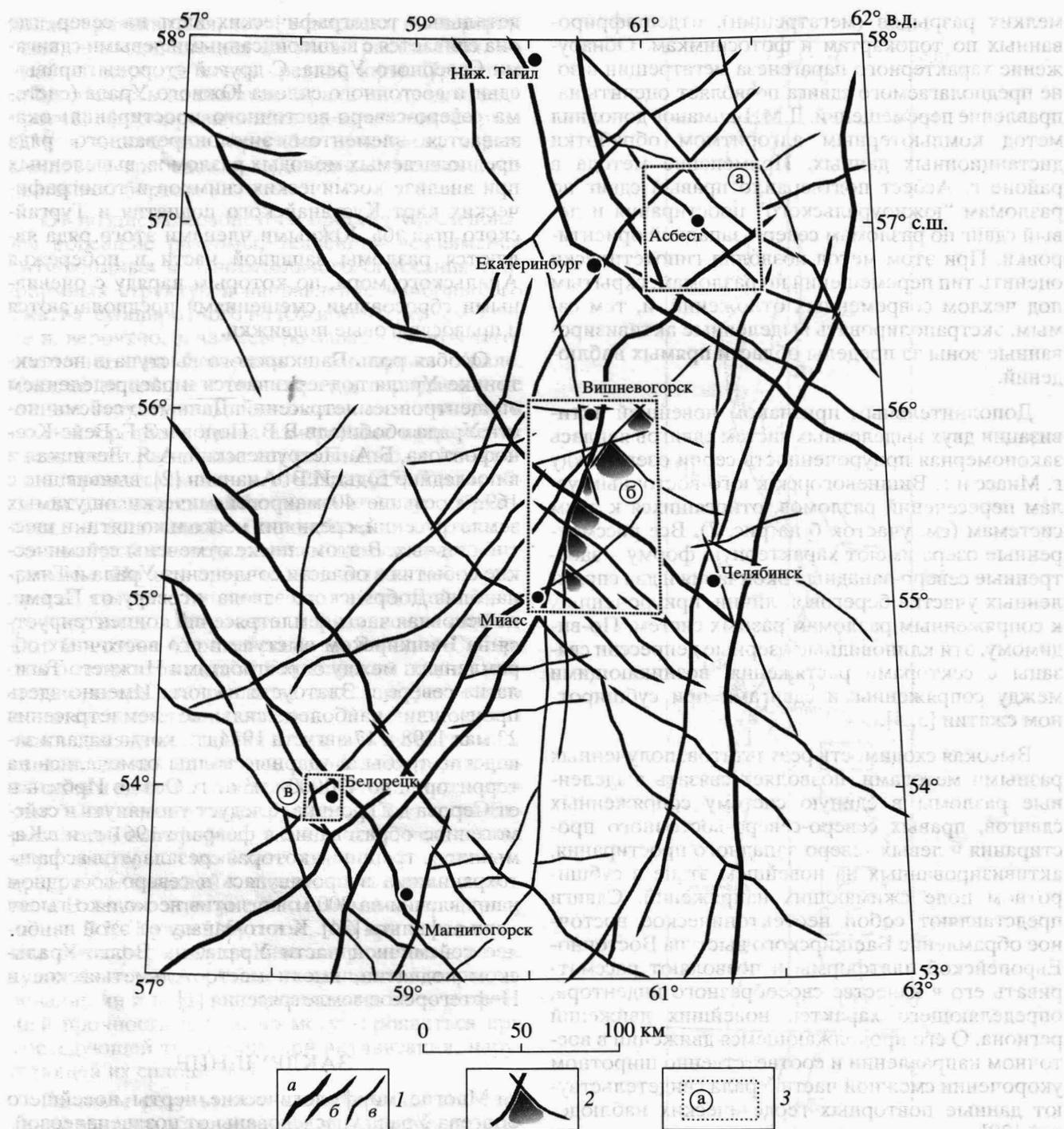


Рис. 7. Активизированные разломы восточного склона области сочленения Южного и Среднего Урала (составил Д.М. Бачманов).

1 – линейменты с признаками неотектонической активности, интерпретируемые как активные разломы, проявленные: а – отчетливо, б – средне, в – слабо; 2 – клиновидные приразломные депрессии, заполненные озерами; 3 – участки детальных работ.

общем субширотном укорочении. Показательно, что выполненный по такой методике анализ трещиноватости подтвердил две вышеупомянутые фазы перемещений по разлому Белорецкого карьера.

Для уточнения кинематического типа выделенных систем новейших разломов использовался структурно-геоморфологический метод Л.А. Сим [22], заключающийся в анализе распределения

мелких разрывов (мегатрещин), отдешифрированных по топокартам и фотоснимкам. Обнаружение характерного парагенеза мегатрещин в зоне предполагаемого сдвига позволяет оценить направление перемещений. Д.М. Бачманов дополнил метод компьютерным алгоритмом обработки дистанционных данных. Применение метода в районе г. Асбест подтвердило правый сдвиг по разломам "южноуральского" простирания и левый сдвиг по разломам северо-западной ориентировки. При этом метод позволил гипотетически оценить тип перемещений по разломам, скрытым под чехлом современных отложений, и, тем самым, экстраполировать выделенные активизированные зоны за пределы области прямых наблюдений.

Дополнительным признаком новейшей активизации двух выделенных систем сдвигов явилась закономерная приуроченность серии озер между г. Миасс и г. Вишневогорск к юго-восточным углам пересечений разломов, относящихся к этим системам (см. участок б на рис. 7). Все рассмотренные озера имеют характерную форму – заостренные северо-западные окончания и два спрямленных участка береговой линии, приуроченных к сопряженным разломам разных систем. По-видимому, эти клиновидные озерные депрессии связаны с секторами растяжения, возникающими между сопряженными сдвигами при субширотном сжатии [3, 4].

Высокая сходимость результатов, полученных разными методами, позволяет связать выделенные разломы в единую систему сопряженных сдвигов, правых северо-северо-восточного простирания и левых северо-западного простирания, активизированных на новейшем этапе в субширотном поле сжимающих напряжений. Сдвиги представляют собой неотектоническое восточное обрамление Башкирского выступа Восточно-Европейской платформы и позволяют рассматривать его в качестве своеобразного индентора, определяющего характер новейших движений региона. О его продолжающемся движении в восточном направлении и соответственно широтном укорочении смежной части Урала свидетельствуют данные повторных геодезических наблюдений [29].

Изученные активизированные разломы северо-восточного обрамления выступа (система северо-западного простирания) обнаруживают в северо-западной части тенденцию к повороту на север. Там они практически сливаются с субмеридиональными активизированными нарушениями стыка Среднего и Северного Урала, где вдоль некоторых разломов также обнаружены признаки молодых левосдвиговых смещений [24]. Эта субмеридиональная система новейших разломов прослежена с помощью космических снимков и

детальных топографических карт на север, где она сливается с вышеописанными левыми сдвигами Северного Урала. С другой стороны, правые сдвиги восточного склона Южного Урала (система северо-северо-восточного простирания) оказывается элементом эшелонированного ряда предполагаемых молодых разломов, выделенных при анализе космических снимков и топографических карт Кустанайского поднятия и Тургайского прогиба. Южными членами этого ряда являются разломы западной части и побережья Аральского моря, по которым наряду с очевидными сбросовыми смещениями предполагаются и правосдвиговые подвижки.

Особая роль Башкирского выступа в неотектонике Урала подчеркивается и распределением эпицентров землетрясений. Данные о сейсмичности Урала обобщали В.В. Попов и З.Г. Вейс-Ксенофонтова, Б.А. Петрушевский, А.Я. Левицкая и в последние годы И.В. Ананьин [2], выявившие с 1693 г. свыше 40 макросейсмически ощутимых землетрясений, среди них несколько пяти- и шестибалльных. В этом списке отмечены сейсмические события в области сочленения Урала и Тимана, близ Добрянского завода к северу от Перми, но основная часть землетрясений концентрируется на Башкирском выступе и его восточных обрамлениях: между окрестностями Нижнего Тагила на севере и Златоуста на юге. Именно здесь произошли наиболее сильные землетрясения 23 мая 1798 и 17 августа 1914 гг., когда падали заводские трубы, а ударные волны отмечались на территории до 400000 км² от г. Оса до Ирбита и от Серова до Троицка. Следует упомянуть и сейсмогенное образование в феврале 1961 г. в г. Камышловке трещины, которая срезала угол асфальтохранилища и протянулась в северо-восточном направлении на 300 м, поглотив несколько тысяч тонн асфальта [24]. К юго-западу от этой наиболее сейсмичной части Урала, на Волго-Уральском поднятии, имели место Альметьевское и Нефтегорское землетрясения [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многие морфологические черты новейшего орогена Урала унаследованы от позднепалеозойского коллизионного орогена, возникшего, когда на Урале и его восточном продолжении становление континентальной коры в основном завершилось. Орогенез коллизионного этапа начался не позднее раннего карбона, когда формировалась ранняя угленосная моласса зарождавшихся предгорного и межгорных прогибов, и достиг наиболее полного выражения в артинский век. В орогенез оказались вовлечены не только палеозойды, но и край Восточно-Европейской платформы, на который происходило надвигание палеозойд. Постепенно деградируя, коллизионный ороген про-

должал развиваться, хотя, возможно, и с перерывами, приходившимися на эпохи растяжения, по крайней мере, до конца средней юры. При этом продолжалось надвигание Урала на предгорный прогиб, сформировавшийся на краю платформы [23], а межгорные прогибы приобрели черты рамповых грабен с выявленными местами надвиганием бортов.

От позднепалеозойского орогена унаследованы новейшие разломы, тенденции воздымания антиформных и относительного опускания синформных структур и направление наибольшего сжатия, субширотного на Южном и Среднем Урале и, вероятно, запад-северо-запад – восток-юго-восточного на Северном и Полярном Урале. Сжатие новейшего орогена подтверждается не только структурными данными, но и тем, что в шахтах Среднего Урала измеренные напряжения превышают расчетные: вертикальные – в 1.5–4 раза, а горизонтальные – в 10–20 раз [25]. Таким образом, динамическая обстановка структурообразования на коллизионном и новейшем этапах оказалась сходной и определялась общим субширотным сжатием. Но его природа изменилась: новейший ороген связан с динамическим взаимодействием разнородных по строению и физическим свойствам Восточно-Европейского и Западно-Сибирского сегментов единой Евразийской плиты, возможно, несколько различающихся направлением и интенсивностью движений. В общих чертах унаследована и западная граница новейшего орогена, тогда как на востоке он оказался редуцированным и охватил лишь ту часть герцинид, которые были надвинуты на фундамент Восточно-Европейской платформы, т.е. где континентальная кора оказалась наиболее скученной и потому предрасположенной к изостатическому воздыманию. В связи с этим уместно вспомнить предположение В.К. Кучая [16] о том, что при консолидации литосферы внутренние напряжения в ранее существовавшем орогене сохраняются не реализованными и не релаксированными из-за возросшей прочности пород, но могут проявиться при последующей тектонической активизации, нарушающей их сплошность.

Важным результатом выполненных исследований явилось обоснование преобладания сдвиговых перемещений вдоль ряда продольных активизированных разломов Урала. На Южном Урале сдвиги правые, а на Среднем и Северном Урале левые. Преобладание сдвиговых перемещений может объяснить сравнительно небольшую гипсометрическую высоту новейшего орогена, в частности на Среднем Урале, где сдвиги представлены особенно широко. Здесь, на стыке Среднего и Южного Урала, правые и левые сдвиги обрамляют с востока Башкирский выступ, характеризуя его как индентор. Однако севернее выступа левые сдвиги отгибаются к северу и при-

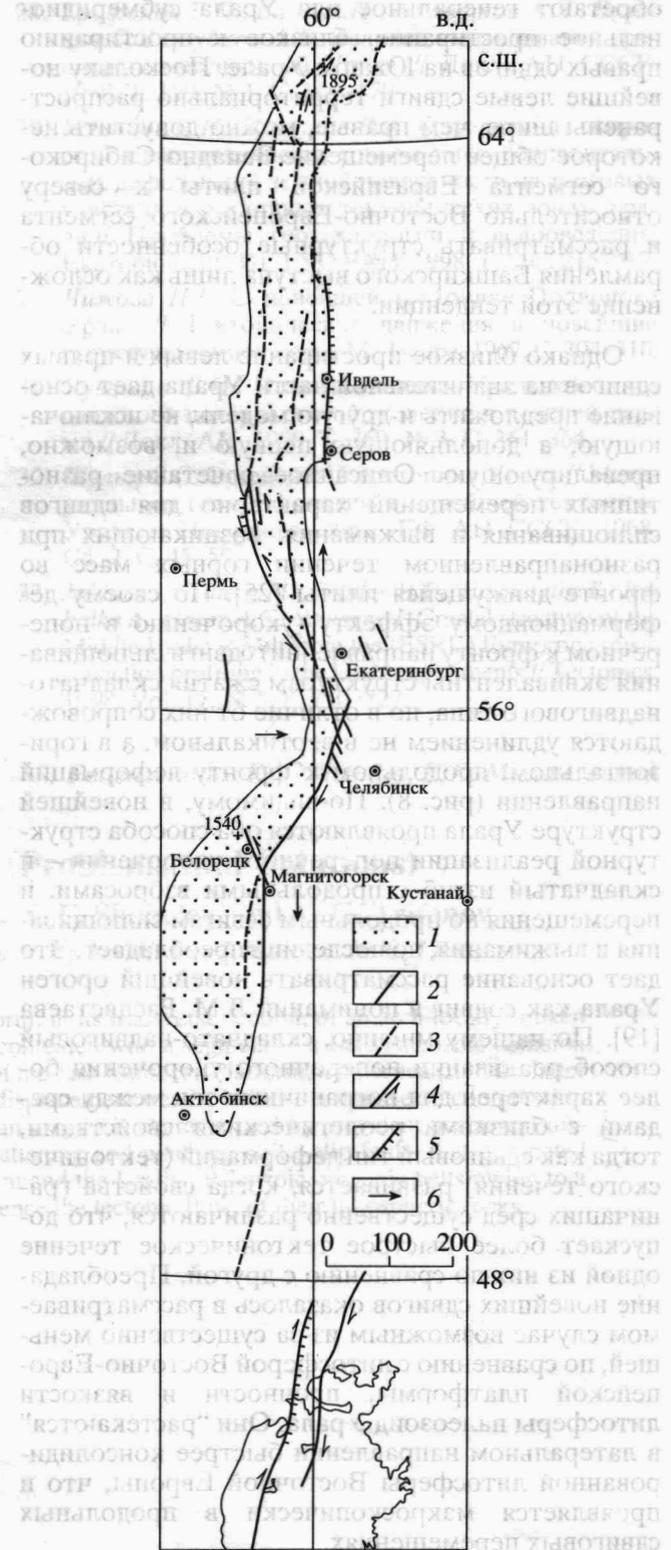


Рис. 8. Принципиальная схема новейшей структуры Урала (составил В.Г. Трифонов).

1 – новейший ороген; 2–5 – крупные новейшие разломы: 2 – достоверные, 3 – предполагаемые, 4 – сдвиги, 5 – взбросы, реже сбросы (штрихи направлены в сторону относительно опущенного крыла); 6 – направление неотектонического течения горных масс.

обретают генеральное для Урала субмеридиональное простирание, близкое к простиранию правых сдвигов на Южном Урале. Поскольку новейшие левые сдвиги территориально распространены шире, чем правые, можно допустить некоторое общее перемещение Западно-Сибирского сегмента Евразийской плиты к северу относительно Восточно-Европейского сегмента и рассматривать структурные особенности образования Башкирского выступа лишь как осложнение этой тенденции.

Однако близкое простирание левых и правых сдвигов на значительной части Урала дает основание предложить и другую модель, не исключаящую, а дополняющую первую и, возможно, превалирующую. Описанное сочетание разнотипных перемещений характерно для сдвигов сплющивания и выжимания, возникающих при разнонаправленном течении горных масс во фронте движущейся плиты [25]. По своему деформационному эффекту (укорочению в поперечном к фронту направлении) сдвиги сплющивания эквивалентны структурам сжатия складчатонадвигового типа, но в отличие от них сопровождаются удлинением не в вертикальном, а в горизонтальном, продольном к фронту деформаций направлении (рис. 8). По-видимому, в новейшей структуре Урала проявляются оба способа структурной реализации поперечного укорочения – и складчатый изгиб с продольными взбросами, и перемещения по продольным сдвигам сплющивания и выжимания, но последний преобладает. Это дает основание рассматривать новейший ороген Урала как сдвиг в понимании Л.М. Расцветаева [19]. По нашему мнению, складчато-надвиговый способ реализации поперечного укорочения более характерен для пограничных зон между средами с близкими реологическими свойствами, тогда как сдвиговый тип деформаций (тектонического течения) развивается, когда свойства граничащих сред существенно различаются, что допускает более быстрое тектоническое течение одной из них по сравнению с другой. Преобладание новейших сдвигов оказалось в рассматриваемом случае возможным из-за существенно меньшей, по сравнению с литосферой Восточно-Европейской платформы, прочности и вязкости литосферы палеозойского Урала. Они “растекаются” в латеральном направлении быстрее консолидированной литосферы Восточной Европы, что и проявляется макроскопически в продольных сдвиговых перемещениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананьин И.В.* Альметьевское и Нефтегорское землетрясения // *Землетрясения в СССР в 1986 году.* М.: Наука, 1989. С. 180-183.
2. *Ананьин И.В.* Сейсмоактивные зоны Восточно-Европейской платформы и Урала // *Комплексная оценка сейсмической опасности. Вопросы инженерной сейсмологии.* Вып. 32. М.: Наука, 1991. С. 106-121.
3. *Бачманов Д.М., Рассказов А.А.* Новейшие разломы и геодинамика Южного и Среднего Урала // *Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты.* Т. 1. М.: ГЕОС, 1998. С. 46-48.
4. *Бачманов Д.М., Рассказов А.А.* Активность разрывных нарушений и некоторые черты геодинамики области сочленения Южного и Среднего Урала // *Геотектоника.* 2000. № 4. С. 25-31.
5. *Борисевич Д.В.* Неотектоника Урала // *Тектонические движения земной коры.* М.: Недра, 1967. С. 300-304.
6. *Борисевич Д.В.* Неотектоника Урала // *Геотектоника.* 1992. № 1. С. 57-67.
7. *Вербицкая Н.П.* Региональные особенности неотектоники Южного Урала // *Материалы по геологии Урала.* Тр. ЛГУ. Нов. сер. 1964. Т. 119. С. 133-161.
8. *Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР.* Т. 4. М.: Недра, 1967. 476 с.
9. *Геология СССР.* Т. 2. Ч. 1. М.: Недра, 1963. 1079 с.
10. *Геология СССР.* Т. 12. Ч. 1. М.: Недра, 1969. 721 с.
11. *Геология СССР.* Т. 12. Ч. 2. М.: Недра, 1969. 302 с.
12. *Глазырина Н.С., Топорков В.Я.* О четвертичной тектонике восточных районов Северного и Среднего Урала // *Структурно-геоморфологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке.* М.: Наука, 1975. С. 68-72.
13. *Гозель Ж.* Основы тектоники. М.: Мир, 1969. 432 с.
14. *Данилович В.Н.* Метод поясов при исследовании трещиноватости, связанной с разрывными нарушениями. Иркутск: ИПИ, 1961. 47 с.
15. *Иванов К.С.* Современная структура Урала – результат послепалеозойского растяжения земной коры // *Геология и геофизика.* 1998. Т. 39. № 2. С. 204-210.
16. *Кучай В.К.* Современная динамика и орогенез Памиро-Тянь-Шаня. М.: Наука, 1983. 208 с.
17. *Милановский Е.Е.* Рифтогенез в истории Земли. Рифтогенез в подвижных поясах. М.: Недра, 1987. 297 с.
18. *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.
19. *Расцветаев Л.М., Федоров Т.О.* Тектоническая структура осевого пояса Урала: сдвиговая модель // *Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты.* Т. 2. М.: ГЕОС, 1998. С. 106-108.
20. *Ренгартен В.П.* О молодых тектонических движениях на восточном склоне Урала // *Материалы по геоморфологии Урала.* Вып. 1. М.: Госгеолиздат, 1948. С. 25-32.
21. *Сваричевская З.А.* О некоторых вопросах геоморфологии Среднего и Южного Урала // *Материалы по*

- геоморфологии и новейшей тектонике Урала и Поволжья. Уфа: БФ АН СССР, 1968. Сб. 2. С. 69–74.
22. Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Изв. ВУЗов. Сер. Геология и разведка. 1991. № 10. С. 3–22.
 23. Соборнов К.О., Савич А.И., Кнапп Д.Х. Строение пояса надвигов Среднего Урала и прилегающих районов Предуралья по данным сейсморазведки // Докл. АН СССР. 1997. Т. 356. № 1. С. 86–90.
 24. Степанов И.С. К вопросу о характере новейших тектонических движений на западном склоне Среднего Урала // Докл. АН СССР. 1963. Т. 152. № 5. С. 1218–1226.
 25. Трифонов В.Г. Общие черты и особенности современной геодинамики континентов // Геодинамика и эволюция тектоносферы. М.: Наука, 1991. С. 144–160.
 26. Трифонов В.П. Геолого-геоморфологические признаки современных тектонических движений на Урале и Зауралье // Современные движения земной коры. 1963. № 1. С. 304–308.
 27. Трифонов В.П. Тектоника голоцена и современные тектонические движения на Урале // Материалы по геоморфологии и новейшей тектонике Урала и Поволжья. Уфа: БФ АН СССР, 1968. Сб. 2. С. 104–110.
 28. Трифонов В.П., Влох Н.П., Алейников А.Л., Белавин О.В., Зубков А.В. Явление выдавливания гранитных массивов на Урале // Докл. АН СССР. 1968. Т. 179. № 1. С. 169–170.
 29. Устинов С.Н., Костров В.А. Определение скоростей и направленности современных горизонтальных деформаций земной поверхности на тестовых участках в различных тектонических зонах Урала // Проблемы геотехнологии и недроведения. Екатеринбург: ИГД УО РАН, 1998. Т. 1. С. 215–217.
 30. Чижова Н.Г. О новейшей тектонике Полярного Урала // Тектонические движения и новейшие структуры земной коры. М.: Недра, 1967. С. 304–310.
 31. Чувашов Б.И. Палеотектоника Уральского подвижного пояса и его обрамления в поздней перми // Докл. АН. 1999. Т. 369. № 3. С. 361–364.
 32. Шульц С.С. О новейшей тектонике Урала // Материалы по геоморфологии и новейшей тектонике Урала и Поволжья. Уфа: БФ АН СССР, 1968. Сб. 2. С. 45–59.
 33. Juhlin C., Friberg M., Echtler H.P., Hismatulin T., Rybalka A., Green A.G., Ansgore J. Crustal structure of the Middle Urals: Result from the (ESRU) Evroprobe seismic reflection profiling in the Urals experiments // Tectonics. 1998. Vol. 17. № 5. P. 710–727.

Рецензенты: Ю.Г. Леонов, Е.Е. Милановский

Neotectonics of the Urals (Problems and Solutions)

D. M. Bachmanov, N. N. Govorova, S. F. Skobelev, and V. G. Trifonov

Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Pyzhevskii per. 7, Moscow, 109017 Russia

Abstract—The recent linear Uralian orogen has the form, in its transverse section, of an arch locally broken by faults and complicated by basement folds. Having coincided with a segment of a Late Paleozoic collision orogenic belt which had been thrust over the basement of the East European Platform, it inherited from the latter not only the positions of activated faults and vertical displacement trends, but also a transverse compression regime responsible for its formation. The recent Uralian orogen is characterized by prevalent horizontal displacements along longitudinal faults. The latter are flattening and pinching strike-slip faults that originated along the boundary between the East European Platform and the Uralian Paleozoic orogenic belts owing to a great difference between the physical properties, and hence the tectonic flow, of their lithospheric rocks.