НЕОТЕКТОНИКА И СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА СЕВЕРО-ВОСТОКА ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ

В.М. Макеев[1], И.В. Бондарь[2], Д.Е. Трапезников[3], Т.В. Суханова[4], И.В. Коробова[1]

[1]Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва
[2]Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва
[3]Геологический институт УрО РАН, г. Пермь
[4]МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Пермское Приуралье, от широты г. Перми до Тиманского кряжа, находится в области сочленения разнотипных по морфологии и происхождению неотектонических (новейших) структур: Верхнекамского свода, Камского прогиба и Березниковско-Чердынского поднятия. Эти структуры является частью обширного Вятско-Камского поднятия Восточно-Европейской платформы (ВЕП), сопряженного на востоке со Средне- и Северо-Уральским горно-складчатым сооружением. Платформенные и орогенные структуры несогласно сочленяются по активному в новейшее время Западно-Уральскому разлому. Неотектонические структуры изучаемой территории исследуются с разных позиций, но в основном с т. зр. блоковой и разломной тектоники [Введенская, 1973; Копылов, 2019; Кудряшов, 2013; Сунцев и др., 2000; Трифонов, 1969]. Площадным изгибным структурам, сопряжено развивающимся с разрывными зонами, уделяется мало внимания, что приводит к существенной недооценки безопасности территорий особо сложных и опасных объектов. В этой связи актуальным является оценка геодинамической и геоэкологической безопасности территории Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС), расположенного в границах Пермского Прикамья, в связи с горно-геологическими и природно-техногенными проблемами [Барях, Санфиров, 2012; Бондарь и др., 2017; Макеев и др. 2017; Трапезников, Чайковский, 2016; Осипов и др., 2014].

Неотектонические структуры развиваются на древнем основании (субстрате), который сформировался в герцинскую тектоно-магматическую эпоху. В это время образовались Предуральский краевой прогиб, звеном которого является Соликамская впадина (ВЛ). К западу от нее находится Камский (Коми-Пермяцкий) свод, к востоку – поднятие Уральского горно-складчатого сооружения (В.М.Проворов, 2003). На юге Соликамская впадина ограничена Косьвинско-Чусовской широтной седловиной, на простирании которой находится Пермская вершина. Эти две структуры являются элементом строения обширного Пермско-Башкирского свода. На севере Соликамская впадина ограничена Ксенофонтово-Колвинской седловиной, переходящей Тиманский кряж. Между Камским и Пермско-Башкирским сводами находится Чермозская седловина. К западу от сводов распространена обширная Верхнекамская впадина. От погребенной вершины Камского свода в восточном направлении поверхность кристаллического фундамента ВЕП полого снижается на расстоянии 175 км от -1.6 км (район рек Ужва и Лолог) до -4.0 км (район г. Березники). Уклон, отвечающий Прикамской (Кудымкарской) моноклинали, составляет здесь ~10 м/км, что является типичным для платформенных структур. На поверхности фундамента залегают терригенно-карбонатные среднедевонские отложения, относящиеся к нефтематеринским. С конца перми и поныне рассматриваемая территория находится в континентальных условиях развития с образованием конэрозионных тектонических поднятий и прогибов.

В СВ части Пермского Прикамья в Березниковско-Соликамском районе были проведены детальные структурно-геоморфологические (неотектонические) и геодинамические исследования.

Структурно-геодинамическая позиция Березниковско-Соликамского района в структурах Пермского Прикамья

Согласно структурно-геодинамическим исследованиям, Пермское Прикамье включает два неотектонических поднятия: 1) Верхнекамское и 2) Березниковско-Чердынское, разделенные Камским прогибом. На востоке находится Северо-Уральский средневысотный ороген с абс. отм. более 1000 м (рис. 1). Новейшие структуры пересекаются транзитными зонами с сейсмогенным характером развития на отдельных участках [Зубков, 2002].

1) Верхнекамское поднятие рассматривается как обширное изометричное, развивающееся на Камском погребенном своде, хорошо выраженном по кровле артинского яруса нижней перми. Его вершинная часть отвечает водоразделу в верховьях рек Камы и Белой (пос. Залазна, Омутнинск). Граница поднятия трассируется, наследующими ее участками рр. Кама, Вычегда, Сев. Кельтма, Обва и Лысьва. Обширное поднятие состоит из локальных поднятий: Кудымкарского (Кдк), Кажимского (Кжм) и Велвинского (Кжс), согласующихся с карельскими и докарельскими массивами

кристаллического фундамента ВЕП. Поднятия имеют свои вершины в виде овальных возвышенностей, склоны которых полого снижаются на восток в сторону рек Гординской Камы, Косы и Березниковской Камы, что указывает на западно-асимметричное их строение. Погребенная поверхность кристаллического фундамента – Кудымкарская моноклиналь – наклонена здесь на восток с –1600 м (Рудничный) до –5000 м (Березники) и более.

С Верхнекамским поднятием сопряжено развивается Камский (в районе гг. Березники, Соликамск и Чердынь) и др. прогибы (Клт, Обв), оконтуривающие поднятие. В свою очередь Камский прогиб сопряжен на западе с Велвинским (Кжс), на востоке – с Березниковско-Чердынским (Слк на рис. 1) поднятиями, которые, согласно П.А. Софроницкому и др. (1982), приурочены к Камскому докарельскому (беломорскому) массиву кристаллического фундамента, ограниченного со всех сторон разломами. В пределах этих поднятий поверхность фундамента погружается с -3000 м (Кудымкар) до -6000 м (Кизел). Над самой погруженной частью фундамента (-5000 м) находится Соликамская впадина в границе кунгурской галогенной формации, содержащая уникальное месторождение калийных солей (ВКМКС).

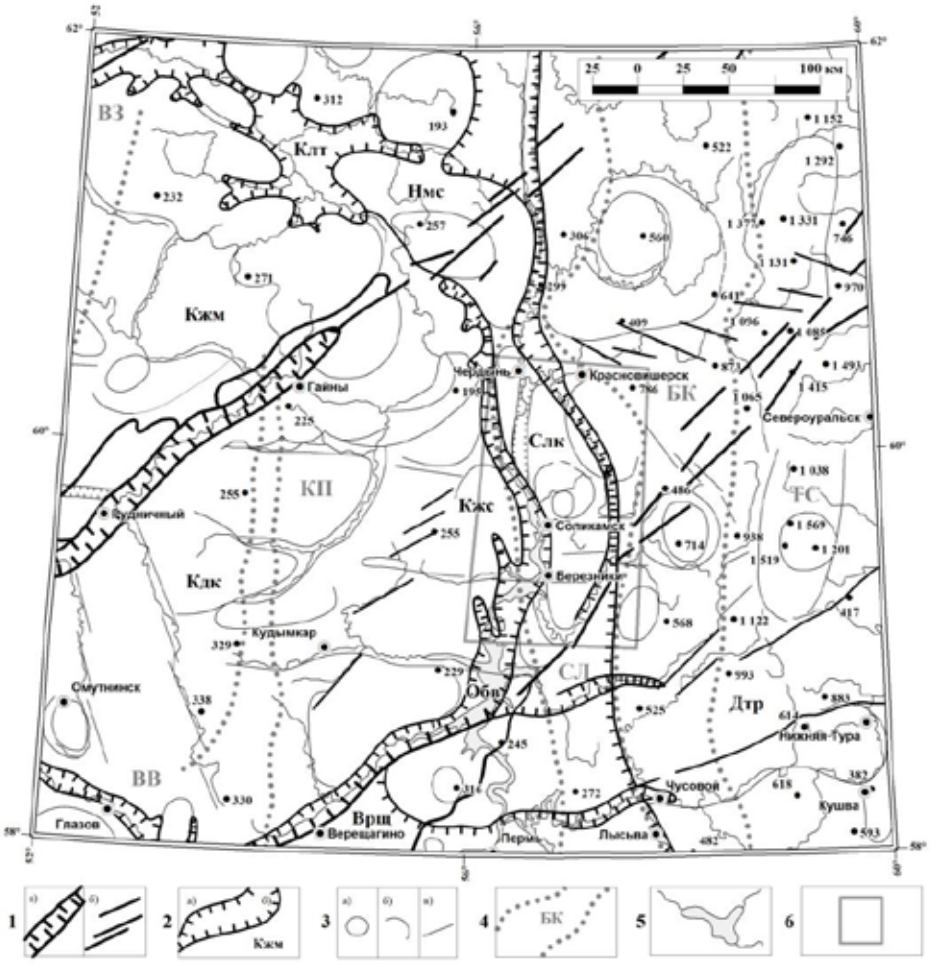

Рис. 1. Неотектонический план Пермского Прикамья (предварительный).
1 – трансрегиональные (секущие) тектонические нарушения: а) шовного депрессионного типа, б) трещиноватого и разрывного типа. 2 – *Новейшие структуры.* Верхнекамское изометричное поднятие, дифференцированное на локальные поднятия и прогибы. *Поднятия*: Кажимское (Кжм), Омутнинское (?), Залазненское (?), Кудымкарское (Кдк) и Велвинское (Кжс), Соликамское (Березниковско-Чердынское) поднятие (Слк); *прогибы*: Косанский (?), Георгиевской Камы (?), Песковско-Белый (?). В пределах древней Вычегодской впадины (Притиманского прогиба) выделены: Немское поднятие (Нмс) и – Кельтменский (Клт) прогиб. В пределах древнего (герцинского) поперечного Краснокамско-Полазненского вала и Пермской вершины выделен Обванский прогиб (Обв). В пределах древней Косьвенско-Чусовской седловины, отвечающей границе Соликамской и Сылвинской впадин, выделены поднятия: Верещагинское (Врщ), Добрянско-Верхнетуринское (Дтр). 3 – *Линеаменты*: кольцевые а), дугообразные б) и прямолинейные в). Они уточняют строение основных новейших структур, их простирание и тенденцию развития. 4 – *Границы герцинских и более древних докембрийских структур*: Коми-Пермяций свод (КП), Соликамская впадина (СЛ), переходящая в Юрюзанский прогиб; Верхнекамская впадина (ВВ), Вятская зона дислокаций (ВЗ), выраженная Вятским валом, в основании которого находится Казанско-Сергиевский рифейский прогиб; Северо- и Средне-Уральские складчато-разрывные структуры: Басегско–Каменногорский (Кваркушинский) антиклинорий (БК), Тагильский (Центрально-Уральский) синклинорий (ТС). Последний восточнее сопряжен с Восточно-Уральским антиклинорием, находящимся за пределами территории исследования. 5 – реки и озера. 6 – Березниковско-Соликамский район детальных исследований

С нашей точки зрения, Верхнекамское поднятие в районе Кудымкарской моноклинали формируется под влиянием тектоно-гравитационных деформаций. Автономный рост свода в условиях наклонной поверхности фундамента приводит к деформациям девонско-пермского осадочного чехла и формированию западно-асимметричных неотектонических поднятий (Кжс, Кдк, Залазненского) и прогибов (Георгиевской Камы, Косанского, Камского), выпуклых с запада на восток. Не исключено, что этим процессам подвергается Березниковско-Чердынское поднятие также выпуклое в сторону Урала. Новейшее (неоген-четвертичное) напряжение субширотного сжатия, связанное с поднятием Северо-Уральского орогена и его воздействием в западном направлении в сторону ВЕП ограничено зоной Красноуфимского разлома. В его пределах происходит сопряжение разнородных структур, что позволят отнести его к категории геодинамически активных зон.

2) Березниковско-Чердынское поднятие (Слк) в плане является выпуклым в сторону Урала. По простиранию в сторону Тиманского кряжа оно переходит в Немское и потом Жежимпармское поднятия, формирующиеся отчасти над Притиманским прогибом. На юге рассматриваемое поднятие ортогонально сочленяется с Добрянско-Верхнетуринским поперечным поднятием, наследующим древнюю Косьвинско-Чусовскую седловину и Пермскую вершину. Ортогональное сочленение структур является причиной для концентрации здесь сейсмогенных напряжений. К западу Березниковско-Чердынское поднятие согласуется с Камским прогибом (район Березники, Соликамска, Чердыни), к востоку – с Яйвенским и Язвенским и др. прогибами. Выпуклость прогибов и поднятий также проявлена в рельефе западного склона Северо-Уральского орогена до меридиана г. Кизел, и вершин Молчанский Камень (713 м) и Помяненный Камень (780 м). Изгибность, возможно, связана с поднятым южным крылом Соликамского прогиба.

Пермское Прикамье пересекается двумя трансрегиональными зонами нарушений СВ простирания, уходящими за пределы рассматриваемой территории. На двух участках от пос. Рудничный до Гайны и рр. Лысьва и Обва эти зоны имеют шовно-депрессионный тип строения. По простиранию в пределах Немского поднятия, Тиманского кряжа, и особенно Северо-Уральского поднятия зоны переходят в зону сгущения тектонических линеаментов, косо секущих новейшие и соответственно герцинские структуры. Характерным для этих зон является образование валов-поднятий и коротких линеаментов в виде кулис, указывающих на формирование их в условиях напряжений сжатия со сдвигом. К югу за пределами Добрянско-Верхнетуринского широтного поднятия развитие подобных транзитных зон не установлено. Это дает основание связать их образование со Дмитровско-Ветлужской буферной зоной ВЕП, пересекающей здесь Уральский ороген. Предполагается, что рассматриваемые зоны являются элементами ее строения. Буферная зона – это широтная граница сочленения северных (Фенноскандинавская) и южных (Альпийская) геодинамических систем [Макарова и др. 2017; Макеев и др., 2016]. Напряжения Фенноскандинавской системы ориентированы здесь в СЗ-ЮВ направлении. Их усилия распространяются с северо-запада со стороны Северных увалов в юго-восточном направлении до Добрянско-Верхнетуринского поперечного поднятия. Под их влиянием формируются рассматриваемые транзитные зоны СВ простирания, Западно-Уральская и Красноуфимская субмеридиональные зоны, а также Тимано-Кокчетавская и др. зоны СЗ простирания [Зубков, 2002].

Неотектоника Березниковско-Соликамского района детальных исследований

В рельефе самой древней поверхностью выравнивания является раннеплиоценовая. Ее образование предшествовало формированию Березниковско-Чердынского поднятия. Рост поднятия выразился во вложении в раннеплиоценувую поверхность позднеплиоценовой, затем эоплейстоценовой и ранненеоплейстоценовой поверхностей выравнивания. Дифференциация территории на локальные поднятия и понижения началась со времени образования трех надпойменных террас средненеоплейстоценового (одна) и позднеоплейстоценового (две) возраста. На поверхностях выравнивания сохранились флювиогляциальные зандровые отложения днепровской морены первой половины среднего неоплейстоцена, аккумулирующие в себе запасы пресных вод и, возможно, фильтрующихся по зонам трещиноватости.

Березниковско-Чердынское неотектоническое поднятие дифференцировано на три локальных поднятия: 1) Боровское, 2) Соликамско-Селянское, 3) Нижнезырянское (рис. 2). Последнее включает Балахонцевское поднятие [Бондарь и др. 2017; Макеев и др. 2016]. Локальные поднятия разделены субширотными зонами повышенной трещиноватости и разрывообразования: 1) Усолкинской, 2) Дуринской и 3) Боровской. Первая, наследуемая фрагментами рр. Усолка и Ирень, разделяет Боровское и Березниковско-Селянское поднятия, вторая – Соликамско-Селянское и Нижнезырянское поднятия. Третья зона расположена почти за пределами рассматриваемой территории.

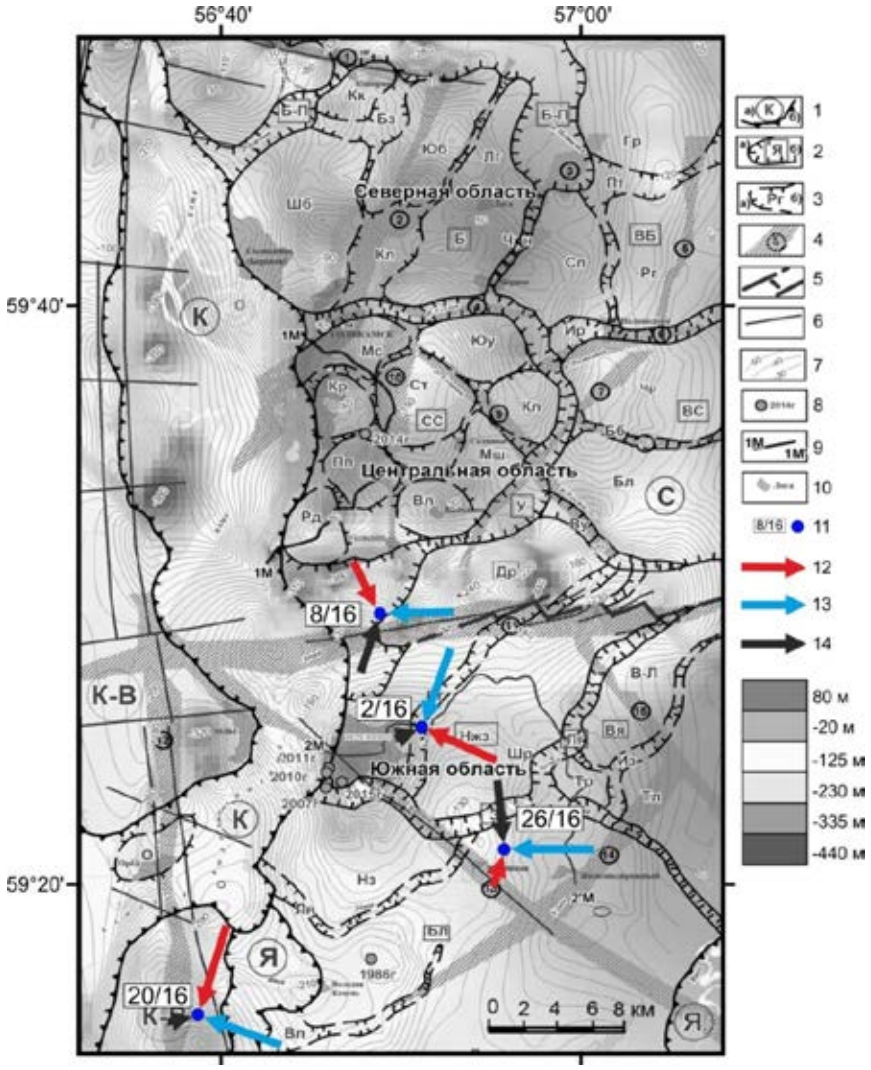

Рис. 2. Неотектонические структуры Березниковско-Соликамского района.
Новейшие структуры: 1 – региональные (буквы в кружках) а) поднятия: К-В – Камско-Вишерское, С – Соликамское; б) прогибы: К – Камский, Я – Яйвинский; 2 – *субрегиональные* (буквы в прямоугольниках) а) поднятия: Б – Боровское, СС – Соликамско-Селянское, ВБ – Восточно-Боровское, ВС – Восточно-Соликамское, Др – Дуринское, Нжз – Нижнезырянское, Вя – Верхнеяйвинское, Бл – Балахонцевское; б) прогибы: Б-П – Боровско-Потымкинский, У – Усолкинский, Ир – Иренский, Ву – Верхнеусолкинский, З – Зырянский, Лг – Легчимский; 3 – *локальные структуры*: а) поднятия: Кк – Кокоркинское, Шб – Шубинское, Юб – Южно-Боровское, Лг – Логское, Гр – Гребешковское, Сп – Северо-Половодовское, Мс – Малосоликамское, Кр – Коркинское, Пп – Поповское, Вл – Володинское, Рд – Родниковское, Ст – Студенское, Чр – Чуринское, Бл – Бельское, Кл – Каменнологское, Юу – Южно-Усолкинское, О – Орловское, Бр – Березниковское, Шр – Шараповское, В-Л – Восточно-Легчимское, Тр – Троицкое, Тл – Талицкое, Нз – Новозырянское; б) прогибы: Бз – Безымянный, Кл – Клестовский, Пт – Потымкинский, Бб – Бубровский, Ир – Иренский, Чрн – Чернореченский, Ву – Верхнеусолкинский, Бг – Быгельский, Вл – Волимский, Из – Изверский, Лн – Ленвинский; ступени: Мш – Мешалкинская, Рг – Рогалинская. 4 – *линеаментные зоны* (цифры в кругах): 1 – Боровская, 2 – Клестовская, 3 – Чернореченская, 4 – Усолковская, 5 – Верхнеростовицкая, 6 – Ростовицкая, 7 – Верхнеусолковская, 8 – Бубровская, 9 – Селянская, 10 – Батуевская, 11 – Дуринская, 12 – Красноуфимская, 13 – Камско-Зырянская, 14 – Волимско-Уньвинская, 15 – Изверско-Легчимская. 5 – *новейшие разрывы* южного крыла Дуринского поднятия. 6 – *древние (донеотектонические) разломные зоны*. 7 – изолинии подошвы покровной каменной соли (ПКС). 8 – природно-техногенные провалы и год их образования. 9 – линии разрезов. 10 – населенные пункты. 11- точки полевых наблюдений. *Главные оси напряжений*: 12 – сжатия, 13 – растяжения, 14 – промежуточная. Оттенки серого цвета – абс. отметки ПКС

1) Боровское поднятие (Б) дифференцировано на малые по размеру поднятия СВ простирания (Лг, Юб), сопряженные с узкими прогибами (Бз, Чр, Б-П и др.). Развитие линейных структур осложнено Каменнологской наложенной впадиной (Кл) и двумя куполами (Шб, Кк). Боровско-Потыминский прогиб (Б-П) окаймляет Боровское поднятие, подчеркивая тем самым его изометричное строение. Каменнологская впадина, немного смещенная к югу относительно центра рассматриваемого поднятия, является обращенной относительно приподнятой погребенной покровной каменной слои (ПКС) (абс. отм. +22-27 м). Согласно буровым данным, калийно-магниевая залежь здесь выщелочена, что позволяет считать впадину эрозионно-тектонической. Погребенное

поднятие сопряжено с поднятиями ПКС, выстраивающимися вокруг него в виде кольца. В этой связи Боровское поднятие рассматривается как концентрическое.

2) Соликамско-Селянское поднятие (СС) в целом имеет радиально-концентрическое строение, подчеркиваемое развитыми на его склонах разновозрастными поверхностями выравнивания и речными надпойменными террасами. В центральной части поднятия расположен Студенский купол (Ст), вокруг которого образовано кольцо из формирующихся куполов (Мс, Юу, Кл, Мш, Вл, Пп, Кр). Срединный купол формируется над относительно опущенной подошвой ПКС (-152 м), что является специфической особенностью неотектонических структур ВКМКС. Границей радиально-концентрического поднятия является опоясывающий его прогиб, унаследованный р. Усолка.

3) Нижнезырянское (Нжз) и Балохонцевское (Бл) поднятия дифференцированы на относительно небольшие по размеру поднятия и прогибы, которые в целом не выдержаны по простиранию. Прогибы (Вл, Лн, Лг и др.) являются изогнутыми к югу, подчеркивающими периклинальное замыкание Соликамско-Чердынской структуры. Поднятия (Нз, Шр, Вл и др.) имеют западную асимметрию: у них снижение абс. высот происходит к югу в соответствии с наклоном кровли ПКС. Исключением является Березниковское (Бр) поднятие, частично наследующее соляной купол, выраженный по подошве ПКС. К узлу пересечения трех структур (К, З, БР) и линеаментной зоны приурочено несколько природно-техногенных провалов, произошедших в 2007, 2010 и 2011 гг.

Таким образом, Березниковско-Чердынское неотектоническое поднятие имеет обратное соотношение с Соликамской герцинской впадиной. С положительной формой поднятия согласуется кровля раннепермской соляной толщи, однако ее подошва, наоборот, является зеркальной и согласной с подошвой древней впадины. Локальные структуры развиваются преимущественно при участи процессов галокинеза. Рост соляных куполов и деформации земной поверхности могут привести к развитию трещин растяжения, что может сопровождаться интенсивной инфильтрацией поверхностных и грунтовых вод в надсоляную и, возможно, в соляную толщу. На это указывают наличие в районе так называемых «слепых» русел и ложбин. Процесс водообмена поверхностных и подземных вод может привести к эрозии сводовой части соляных куполов и к развитию в них карстовых полостей, заполненных водой и глиной. Замкнутые на себя впадины, особенно хорошо выраженные в рельефе, являются вместилищем пресных грунтовых вод. Длительное их сохранение также приводит к инфильтрации воды в соляную толщу.

Результаты дешифрирования линеаментов

На основе дешифрирования космоснимков и цифровых моделей рельефа выделены три принципиальных линеаментных зоны 1) Дуринская (11), 2) Камско-Зырянская (13) и 3) Красноуфимская (12). Согласно полевым наблюдениям, они рассматриваются как современные (голоценовые) зоны повышенной трещиноватости и разрывообразования.

1) Дуринская линеаментная зона согласуется с одноименной раннепермской сбросовой зоной. На месте древней сбросовой зоны в рельефе выделяются линеаменты СВ простирания и вал, состоящий из ряда правокулисных локальных складок, коротких сбросовых разрывов. Линеаментная зона протягивается с правобережья Камы на ее левый берег, и далее в восточном направлении в сторону Урала. Линеаменты в западной и центральной частях Дуринской зоны по простиранию надстраивают и как бы продолжают друг друга, а в восточной части они образуют эшелонированные ряды правых кулис.

2) Камско-Зырянская линеаментная зона СЗ простирания согласуется с древним Зырянским разломом, наличие которого поныне оспаривается. Она наследуется протяженным (более 5 км) участком р. Кама (от поселка Пыскор до Усолья) и фрагментом р. Зырянка коленообразного типа и эрозионными формами рельефа. Такие изгибы рек Камы и Зырянки рассматриваются как возможные признаки современных сдвиговых деформаций. Рассматриваемая зона может являться причиной образования природно-техногенных провалов на руднике БКПРУ-1.

3) Красноуфимская линеаментная зона согласуется с одноименной протерозойской сбросовой зоной субмеридионального простирания, которая была активизирована в раннесоликамское время с образованием множества сопутствующих трещин [Трапезников, Чайковский, 2016]. По разломной зоне проводится граница Коми-Пермяцкого свода и Соликамской впадины. Рассматриваемая зона ярко проявлена на право- и левобережье Камы в виде цепи валообразных возвышенностей, которые пересекаются разнотипными линеаментами. Одна часть из них является протяженной, согласной с разломом, другая часть представлена короткими секущими линеаментами, которые могут образовывать левокулисные ряды.

Результаты исследований современных полей напряжений

В линеаментных зонах и, главным образом, в карьерах, вскрывших коренные терригенно-карбонатные нижнепермские отложения, включая четвертичные, были проведены исследования дизъюнктивных нарушений с целью определения современного поля напряжений. Согласно методу катакластического анализа разрывных смещений [Ребецкий и др., 2017], пространственная ориентировка зеркал скольжения была измерена в четырех точках наблюдений: №2, 8, 20 и 26.

1) На северо-восточной окраине г. Березники (т.н. №2) ось главного сжатия имеет северо-западную ориентацию (СЗ) с падением под углом 18^0 относительно горизонта. Главная ось растяжения ориентирована в юг–юго-западном направлении (Ю-ЮЗ) под углом 15^0. Промежуточная ось является практически вертикальной. При наличии субширотных зон вещественно-структурных неоднородностей подобное расположение главных осей сжатия и растяжения, как правило, вызывает правосдвиговые деформации, что подтверждается наличием в Дуринской субширотной зоне правосторонних кулисных линеаментов.

2) У дер. Дурино (т.н. №8) ось сжатия является практически одинаковой по ориентации с осью сжатия т.н. №2, но она имеет более крутой угол падения 40^0. Ось растяжения субширотная, ее падение составляет 38^0 на запад. Промежуточная ось падает на СВ под углом 30^0. Крутое падение осей напряжений может указывать на необычную сдвиговую обстановку в субвертикальной плоскости по типу правостороннего «взреза». Учитывая, что т.н. №2 и №8 находятся в пределах Дуринской субширотной зоны можно утверждать, что главные напряжения сжатия являются причиной развития в ней валов и правосдвиговых смещений.

3) На правобережье устья р. Яйвы (т.н. №20) ось сжатия падает на Ю–ЮЗ под углом 10^0, главная ось растяжения – на СЗ и также под углом 10^0. Промежуточная ось является как обычно субвертикальной и составляет 85^0. Такое соотношение главных осей напряжений, может приводить к левосдвиговым деформациям относительно широко развитых здесь левокулисных валов, приуроченных к Красноуфимской разломной зоне. Для более реальной характеристики полей напряжений, действующих в Красноуфимской зоне, в ней необходимы дополнительные исследования дизъюнктивных нарушений.

4) В отличие от других точек наблюдения, у г. Железнодорожный (т.н. №26) ось сжатия является субвертикальной, а оси растяжения и промежуточная являются субгоризонтальными. В рассмотренных выше трех точках наблюдения субвертикальное положение обычно занимает промежуточная ось, что является обычным. В рассматриваемом районе погребенная подошва ПКС является опущенной и по условиям соотношения с рельефом может быть сопоставлена со Студенским поднятием. Обратное соотношение структурных форм является специфическим для тектонических структур и может рассматриваться как проявление галокинеза.

С нашей точки зрения, различие ориентаций главных осей напряжений связано с приуроченностью их к различным по происхождению структурам. В Дуринской и, возможно, Боровской субширотных зонах ныне происходят правосдвиговые смещения в условиях диагонального (косого) сжатия. При этом в Боровской зоне древние левосторонние кулисы испытывают ныне правосдвиговые смещения, что приводит к их раскрытию и развитию вдоль зоны эрозионных процессов, т.е. понижения. В Дуринской зоне, наоборот, древние правосторонние кулисы подвергаются ныне правосторонним смещениям, что приводит к образованию валов-поднятий.

Таким образом, изгибные и разрывные неотектонические структуры Пермского Прикамья, включая Березниковско-Соликамский район, характеризуются следующими геодинамическими условиями формирования. Над Соликамским герцинским прогибом в новейшее время формируется Березниковско-Чердынское относительно пологое поднятие (ампл. 250 м) позднеплиоценового возраста. Со среднечетвертичного времени поднятие испытывает дифференцированные движения, приводимые к формированию локальных поднятий и прогибов. Развитие разнопорядковых структур происходит под воздействием региональных и локальных полей напряжений. Региональные напряжения характеризуются СЗ-ЮВ сжатием, ориентированным диагонально относительно субмеридиональных древних вещественно-структурных неоднородностей (разломных зон и складок), что приводит к интенсивным левосдвиговым деформациям. Под влиянием этих напряжений активизируются внутриплатформенные глубинные источники напряжений, вызывающих рост Верхнекамского изометричного поднятия. Это приводит к развитию на его склонах тектоно-гравитационных деформаций. На ВКМКС локальные напряжения обусловлены процессами галокинеза, возможно, при участии уральского субширотного сжатия, устанавливаемого до границ Красноуфимской геодинамически активной зоны. В этой связи выделено несколько специфических поднятий и прогибов, отнесенных к категории обращенных, связанных с соляной тектоникой.

Исследования выполнены в рамках госзадания ИГЭ РАН №АААА-А19-119021190076-9.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Барях А.А., Санфиров И.А.* О природе провалов на земной поверхности после затопления первого Березниковского рудника. Сб. науч. тр. «Стратегия и процессы освоения георесурсов». Вып. 10. ГИ УрО РАН. Пермь. 2012. С. 65-68.
2. *Бондарь И.В., Макарова Н.В., Суханова Т.В., Макеев В.М., Коробова В.М.* Новейшие движения и геодинамика южной части Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (Пермский край) // Материалы пятой молодежной тектонофизической школы-семинара: Современная тектонофизика. Методы и результаты. М.: ИФЗ РАН. 2017. С. 190–198.
3. *Введенская Н.В., Болонкин П.Ф., Голубева П.П., Спирин Л.Н.* Древние долины и аллювиальные отложения в среднем течении Камы // Учен. зап-ки Перм. ун-та. 1967. № 170. С.104–130.
4. *Зубков А.В.* Напряженное состояние земной коры Урала // Литосфера. 2002. № 3. С. 3-18.
5. *Копылов И.С.* Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. http://www.psu.ru/files/docs/science/books/ mono/kopylov-morfoneotektonicheskaya-sistema-ocenkigeodinamicheskoj-aktivnosti.pdf.
6. *Введенская Н.В.* Планетарно-тектоническая трещиноватость, ее структурное, стратиграфическое и поисковое значение // Применение аэрогеологических и морфометрических методов для изучения неотектоники и глубинного строения Русской платформы. Воронеж: ВГУ. 1973. С. 88–91.
7. *Сунцев А.С., Леонова-Вендеровская З.А., Денисов М. И., Черткова И. И.* Структурная геология и геологическое картирование. Геологическое строение района г. Перми: Пермь: Перм. ун-т, 2000. С. 102.
8. *Кудряшов А.И.* Верхнекамское месторождение солей. 2-е изд. М.: Эпсилон Плюс. 2013.
9. *Макеев В.М., Дорожко А.Л., Мамаев Ю.А., Макарова Н.В., Суханова Т.В., Коробова И.В., Бондарь И.В.* Неотектоника южной части Верхнекамского месторождения калийных солей в связи с обеспечением геодинамической безопасности рудников // Сергеевские чтения. М.: РУДН. 2017. В. 19. С. 101–107.
10. *Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В., Бондарь И.В.* Неотектоника и современная геодинамика территории Верхнекамского месторождения калийных солей // Вестник Пермского университета. Серия «Геология». 2017. № 4.
11. *Макеев В.М.* Структурно-геодинамические условия устойчивости территорий особо опасных и технически сложных объектов на древних платформах / Автореф. доктора геол.-мин. наук. Москва. 2015. 50 с.
12. *Осипов В.И., Барях А.А., Санфиров И.А., Мамаев Ю.А., Ястребов А.А.* Карстовая опасность при затоплении калийного рудника в г. Березники Пермского края // Геоэкология. 2014. № 4. С. 356–361.
13. *Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В.* От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методы и алгоритмы. М.: ГЕОС. 2017. 225 с.
14. *Трапезников Д.Е., Чайковский И.И.* О строении и природе Дуринского прогиба на Верхнекамском месторождении солей. // Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ. Материалы XLVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС. 2016. Т. 2. С. 271-275.
15. *Трифонов В.П.* Новейшая тектоника Урала. Геология СССР. Т. XII, ч. 1, кн. 2. М.: Недра. 1969. С. 205–240.
16. *Чайковский И.И.* Типизация основных механизмов соляной тектоники мира: Верхнекамское месторождение как эталон многоэтапного гравитационного скольжения // Вестник Пермского университета. 2013. № 1. С. 18–37.