

УФИМСКОЕ ПЛАТО: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКОЙ ГЕОДИНАМИКИ И МИНЕРАГЕНИИ

А.Ю. Кисин

По современным представлениям восточная граница Восточно-Европейской платформы проводится по зоне Главного Уральского разлома. На участке Среднего Урала платформа представлена Волго-Уральской антеклизой, крупной надпорядковой структурой, с длительной и сложной геологической историей. В рифейское время на архейско-протерозойский фундамент наложилась система авлакогенов. В восточной части антеклизы образовался Калтасинский авлакоген субмеридионального простирания, отделяющий Татарский свод (на западе) от Пермского и Кунгурского (Кунгурско-Красноуфимского), на востоке [Неганов и др., 2000]. К востоку от Кунгурского свода располагается узкий субмеридиональный грабен, именуемый Сосновским прогибом. Мощность рифейских отложений в Калтасинском авлакогене достигает 9 км. На выступах фундамента рифейские отложения развиты не повсеместно. Считается, что на Кунгурско-Красноуфимском своде они отсутствуют. Вендские отложения залегают плащеобразно на выровненной поверхности рифея и кристаллического фундамента. Мощность их возрастает с запада на восток от первых сотен метров до 2,6-2,7 км. Поверхность вендских отложений подверглась размыву. Палеозой начинается нижним девонем и представлен преимущественно карбонатным разрезом. Структурный план по кровле венда в основном сохраняется и в палеозойских отложениях, но характеризуется уменьшением амплитуд. В позднем девоне произошло заложение Камско-Кинельской системы прогибов, большей частью наложенных на Калтасинский авлакоген. Северная часть Красноуфимского выступа фундамента оказалась в пределах Кунгурско-Бымской впадины. По кровле артинского яруса нижней перми впадина выполаживается и приобретает юго-западный наклон поверхности, а к югу от нее появляется поднятие, известное как Уфимское плато или Кунгурско-Красноуфимский свод.

Как видно из этого краткого описания, понятие Кунгурско-Красноуфимский свод в равной степени распространяется как на выступ кристаллического фундамента, так и на структурные планы палеозоя. Но образование Крас-

ноуфимского выступа фундамента обусловлено заложением в нижнерифейское время Калтасинского авлакогена, формировавшегося в режиме растяжения. Основные структурные формы сохранялись до конца палеозоя, что объясняется наличием в кристаллическом фундаменте долгоживущих разломов. Частичная перестройка структурного плана произошла в реннепермское время. В этот период к востоку от Уфимского плато проходило активное формирование Предуральского прогиба, а к северозападу – Верхнекамской впадины. Синхронное развитие складчатости и системы шарьяжей на западном склоне Урала свидетельствует о су-

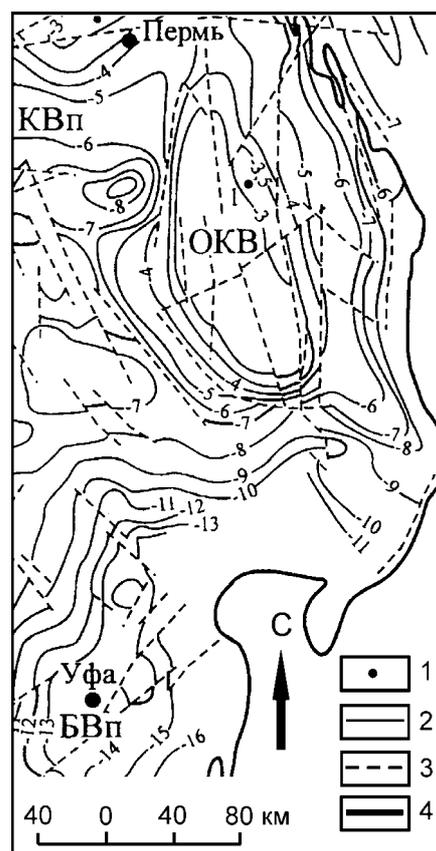


Рис. 1. Схема рельефа кристаллического фундамента восточного края ВЕП [по Белоконов и др., 2000]. 1 – скважина Осинцево-1; 2 – изогипсы поверхности кристаллического фундамента (в км); 3 – тектонические нарушения; 4 – граница Западноуральской зоны складчатости. КВп – Камская впадина; ОКВ – Осинцевско-Красноуфимский (Красноуфимский) выступ; БВп – Бельская впадина.

уществовании в этот период режима ориентированного сжатия (субширотного в современных координатах). Иначе говоря, **сводовое поднятие** (Уфимское плато) обусловлено режимом сжатия в раннепермское время. Общеуральская ориентировка структуры также свидетельствует о ее связи с Уральской коллизионно-складчатой системой. Таким образом, выступ фундамента и сводовое поднятие – структуры генетически разные. Размеры и геометрия этих структур резко отличные, как это отчетливо видно на рис. 12 в [Нечухин и др., 1986], где глыба древнего фундамента простирается до зоны ГУР. По нашим представлениям, **Кунгурско-Красноуфимский свод является позднепалеозойской структурой, наложенной на Красноуфимский выступ фундамента.** Свод, картируемый по фундаменту (рис. 1), вероятно, является результатом сочетания древнего рельефа фундамента и наложенного позднепалеозойского свода. В противном случае, он захватывает часть Предуральского прогиба. Наличие подъема поверхности кристаллического фундамента и уменьшение мощности рифейских отложений на широте г. Красноуфимска отчетливо видны на субмеридиональном сейсмическом профиле [Романов и др., 2003]. Своду отвечает прогиб поверхности Мохо, что позволяет трактовать его как **общекоровую**

структуру. Граница между платформой (кратоном) и Предуральским прогибом проводится по крутому (5-6°) погружению кровли артинских отложений [Неганов и др., 2000]. Многими исследователями предполагается здесь наличие глубинного Красноуфимского разлома [Дружинин и др., 1968; Халевин, 1975; Романов и др., 2003 и др.]. Как следует из рис. 2, разлом имеет **восточное падение** около 45° и носит характер малоамплитудного **надвига**. На дневной поверхности зона разлома совпадает с субмеридиональным отрезком долины р. Уфы, а севернее – рр. Иргины и Сылвы. Западная граница структуры, судя по результатам сейсмического зондирования, также проходит по зоне **надвига**, но уже **западного падения**. Выход его на дневную поверхность фиксируется долинами рр. Ирень и Тьюй. Северное замыкание структуры предполагается в районе г. Кунгура, а южное – на широтном отрезке р. Уфы. Но валообразное поднятие плато прослеживается и далее как к северу, так и к югу. Переклинальные замыкания структуры обусловлены поперечными седловидными прогибами. В этих границах размеры структуры составляют 200×70 км. По данным Новоселицкого и др. [1985], в апикальной части структуры кристаллический фундамент залегает выше изогипсы 3,0 км, а на крыльях – на глубинах около 4–6 км. Кристаллический фундамент вскрыт скважиной Осинцево-1 на глубине 3215 м, где он представлен «милонитовым гранитом» [Стратиграфия... 1971]. Данная скважина находится к северо-востоку от свода, в пределах Предуральского прогиба, и характеризует выступ фундамента; в пределах свода он может существенно отличаться.

Надвиг и продольный изгиб являются тектонопарой [Кисин, 2005]. По приведенному выше краткому описанию, **Кунгурско-Красноуфимский свод полностью отвечает общекоровой положительной складке продольного изгиба**, сформированной при низких скоростях деформации и заложенной на кратонизированной коре [Кисин и др., 2002б]. Следовательно, можно ожидать, что при формировании изгиба имели место и различные процессы, определяемые модельными построениями. К ним относятся: растяжение в верхних горизонтах и сжатие в нижних, высокобарический метаморфизм в ядре структуры, осушение глубоких горизонтов, образование даек и диатрем эруптивных брекчий. К сожалению, обо всех этих процессах можно судить лишь

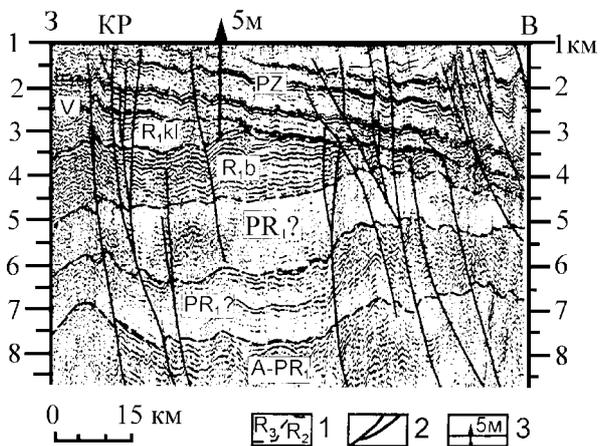


Рис. 2. Субширотный стратифицированный временной разрез через скважину Манчаж-5 по [Романов и др., 2003] с дополнениями. 1 – границы литолого-стратиграфических комплексов; A-PR₁ – архей-нижний протерозой; PR₁? – предположительно нижний протерозой; R₁b – базальный комплекс нижнего рифея; R₁kl – калтасинская свита нижнего рифея; V – венд; PZ палеозойские отложения; 2 – разрывные нарушения; 3 – скважина Манчаж-5; KP – зона тектонических нарушений, отождествляемая с Красноуфимским разломом.

по косвенным признакам, часть которых приводится ниже.

Косвенным признаком растяжения в верхних горизонтах структуры можно считать отсутствие в известняках стилолитовых швов, имеющих широкое распространение на смежной территории Предуральяского прогиба. Почти полное отсутствие мелкой складчатости в осадочных породах и сильно расчлененный рельеф, типа «столовых гор», апикальной части структуры, также можно трактовать в пользу режима растяжения. Возможно, что описанные на плато крутопадающие трещины шириной до 1 м, заполненные обломочным материалом и глиной [Дорофеев, 1950 (и ссылки на Фредерика)], являются трещинами растяжения.

Анализ современной гидросети показывает, что в апикальной части структуры широкое развитие имеют кольцевые и дугообразные разломы (рис. 3). Некоторые из ограниченных ими блоков имеют удивительно правильную овальную форму. Диаметр их достигает 6 км. На данные образования обратили внимание и предшественники [Наливкин, 1949; Дорофеев, 1950], которые называли их купольными структурами. Всего на площади плато В.Д. Наливкин выделяет 15 подобных структур, часть из которых попадает и на апикальную часть свода. Это Кунгакская, Сабардинская, Пудлинговская (северная и южная), Верхнешуртанская, Шуртанская, Дороховская, Алтыновская и Мошкинская (названия В.Д. Наливкина). На схеме, приведенной на рис. 3, только Сабардинская и обе Пудлинговские структуры совпали с выделяемыми нами блоками. Остальные находятся за пределами апикальной части свода и гидросетью прорисовываются не уверенно. Амплитуда купольных структур, по данным В.Д. Наливкина, составляет от 20 до 100 м. Углы наклона крыльев измеряются минутами и первыми градусами. Только Пудлинговские структуры выступают более контрастно. Северная вершина имеет следующие наклоны крыльев: восточного $1^{\circ}25'$, западного до 5° и северо-западного $1^{\circ}57'$. На южной вершине падение восточного крыла достигает $25-30^{\circ}$, западного – $1^{\circ}09'$ и южного – 3° . Сабардинская структура имеет амплитуду 25-30 м, наклон западного крыла $40-50'$, а восточного $25-30'$ (вычисленные). Происхождение этих дислокаций связывается «с местными проявлениями тектонических движений» [Наливкин, 1949, с. 172]. В то же время В.Д. Наливкин

выделяет данную площадь и как участок развития саргинских рифов. Следовательно, здесь могут быть купольные структуры как тектонического, так и осадочного происхождения.

К сожалению, при картировании купольных структур не изучалось их взаимоотношение с окружением, т.е. наличие тектонических контактов, что объясняется плохой обнаженностью и отсутствием надежных маркирующих горизонтов. Тем не менее, наличие таких тектонических зон можно предполагать, исходя из наблюдений трещиноватости известняков в действующем Пудлинговском щебеночном карье-

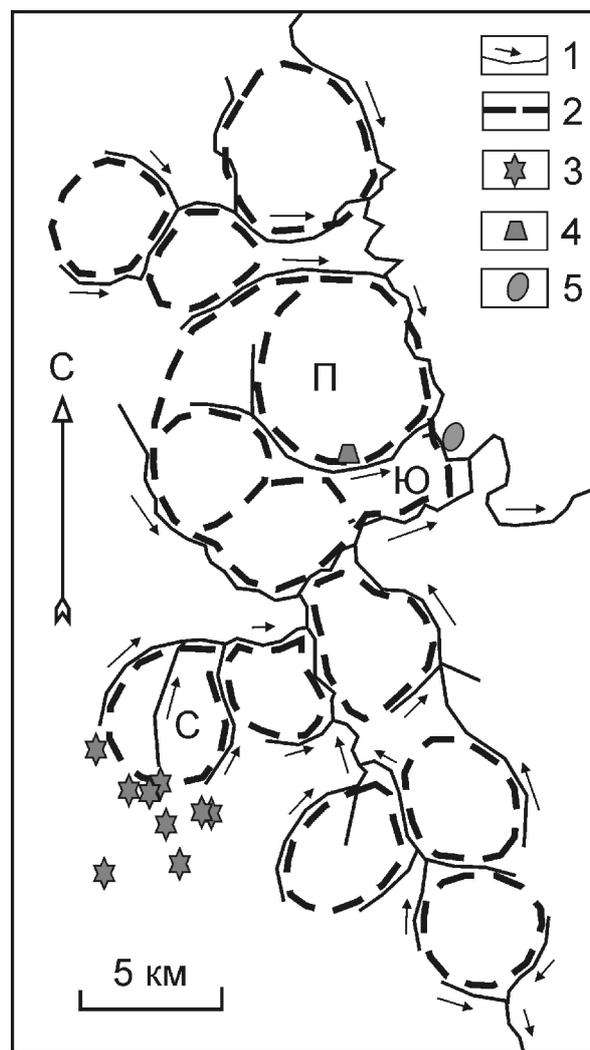


Рис. 3. Схема предполагаемых кольцевых разломов в апикальной части Кунгурско-Красноуфимского свода. 1 – современная гидросеть и направление стока; 2 – предполагаемые кольцевые разломы; 3 – радиально-лучистые структуры; 4 – брекчированные известняки с ксеногенными минералами; 5 – Пудлинговский карьер. Купольные структуры (по В.Д. Наливкину): П – Пудлинговский северный; Ю – Пудлинговский южный; С – Сабардинский.

ре, расположенном на левом борту долины р. Сараны, напротив южной вершины Пудлинговской купольной структуры (рис. 3). Природные трещины надежно устанавливаются по глинистому заполнению. Длина карьера около 1 км, а глубина не менее 100 м. Известняки в бортах карьера имеют преимущественно горизонтальное залегание. Широко распространены трещины с падением в сторону речки. По полотну карьера они образуют дуги, обращенные выпуклостью в сторону, противоположную долине. Морфологически эти трещины схожи с листрическими: по падению выполаживаются. На границах слоев они часто смещаются, в результате чего образуются ступеньки, обращенные к долине речки (рис. 4а). Очевидно, что наличие таких ступенек свидетельствует о взбросовом характере трещиноватости, хотя смещений по ним не отмечено. Последнее обстоятельство можно объяснить существованием в этот период условий общего растяжения (за счет про-

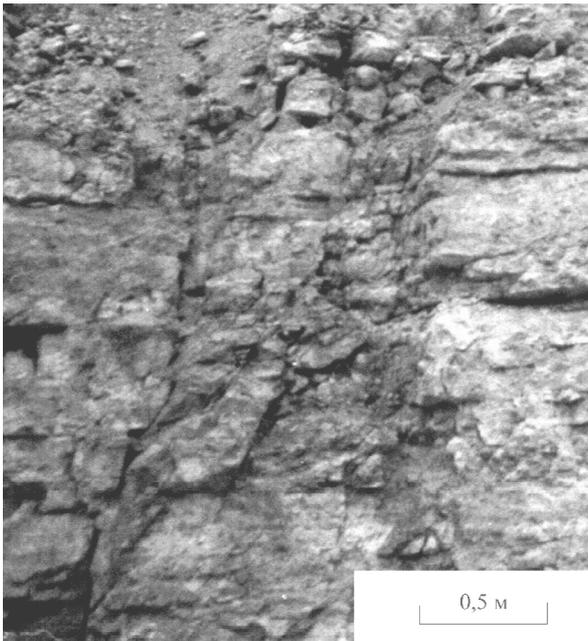


Рис. 4а. Фрагмент трещин листрического облика (пояснения в тексте).

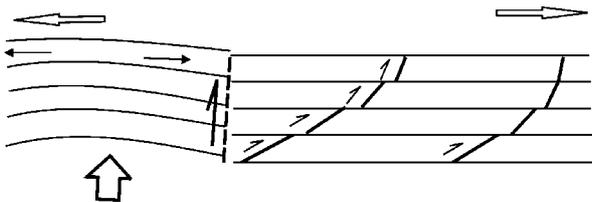


Рис. 4б. Принципиальная схема образования трещин при образовании горстовых структур, ограниченных кольцевыми разломами (пояснение в тексте).

дольного изгиба) и одновременного подъема купольной структуры, находящейся также в условиях растяжения, но уже частично за счет поперечного изгиба (рис. 4б). В юго-западной части карьера, непосредственно примыкающей к долине, наблюдаются участки крутого залегания пластов, до 25°, с падением на северо-запад (рис. 5а) и тектонических брекчий (рис. 5б) на перегибе. Здесь также отмечается интенсивное окремнение известняков, из-за чего данный участок был выведен из эксплуатации. Тектоническое

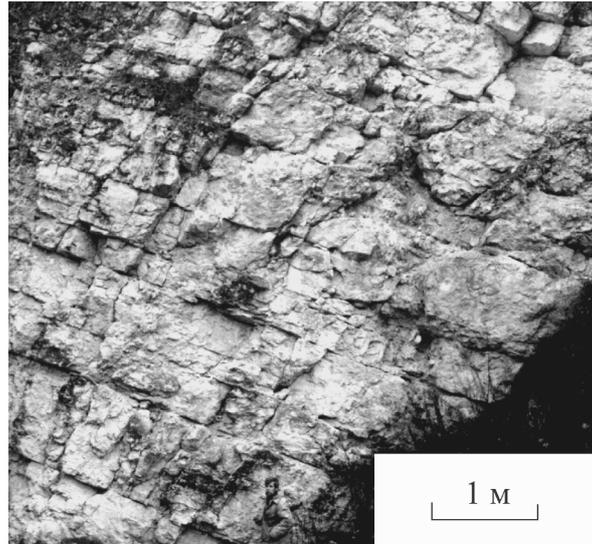


Рис. 5а. Крутое падение слоистости известняков и веерные дугообразные трещины в юго-западном борту карьера.



Рис. 5б. Тектоническая брекчия в 3-х м правее участка показанного на рис. 5а.

происхождение этих дислокаций сомнений не вызывает, как и связь их с долиной р. Сараны. С учетом того, что на противоположном борту долины слоистость падает на восток под углом 25-30°, сама долина имеет тектоническое происхождение.

Для Сабардинской структуры было выполнено дешифрирование аэрофотоснимков масштаба 1:40000. Здесь две небольших речки рисуют почти правильный овал размером 5×4 км (рис. 6), вытянутый в субмеридиональном направлении. Третий ручей пересекает овал по азимуту 11° на две почти равные части. От устья до центральной части структуры долина ручья прямолинейная, а выше – сегментирована на небольшие прямолинейные отрезки с азимутом простирания 335°, ограниченные системой прямолинейных логов с азимутом простирания 50°, впадающих в ручей с левого борта. На площади структуры, по результатам дешифрирования, наиболее широко распространены линеаменты с простиранием около 50°, несколько реже – с простиранием около 335° и редко – меридиональной или широтной ориентировки. Все это наводит на мысль о связи этих линеаментов с регматической сеткой планетарной трещиноватости [Вопросы..., 1976]. За пределами структуры линеаменты с такими простираниями наблюдаются значительно реже.

С позиций развиваемой автором модели общекоровой складчатости [Кисин и др., 2002а,б], возникновение кольцевых структур в апикальной части положительного изгиба коры объясняется выжиманием пластичного материала и крупных блоков горных пород вверх, из зоны горизонтальных стрессовых давлений в зону растяжения, с образованием структур поперечного изгиба. Как известно, при поперечном изгибе вся толща находится в условиях растяжения. Вышеописанная система логов в таком случае может рассматриваться как результат растяжения при поперечном изгибе, с максимальным использованием трещин регматической сети. Кольцевые разломы, ограничивающие структуру, в таком случае должны круто падать под нее и достигать стартовой поверхности индентора (необязательно поверхности фундамента).

Тектоническую природу Сабардинского купола, по нашим представлениям, подтверждают и наличие по его юго-западному периметру необычных радиально-лучистых структур (РЛС), выявленных при дешифрировании аэро-

фотоснимков [Кисин, 2001]. Еще несколько РЛС расположено несколько южнее и, возможно, контролируются Кунгакской купольной структурой. Краткое описание РЛС автором уже приводилось. Предполагается, что центральная депрессия, иногда сильно закарстованная, фиксирует выход диатремы на дневную поверхность, а расходящиеся во все стороны лучи – трещины в известняках, возникшие при взрывных процессах. В каждой РЛС лучи обычно сходятся к нескольким центрам, что объясняется многофазным характером заполнения диатремы. Шлиховое опробование до глубины 5 м показало, что центральные депрессии выполнены песчано-глинистыми отложениями с резко повышенным содержанием тяжелой фракции шлиха (до 10 кг/м³). Ставролит составляет 80-90% тяжелой фракции; дистен, турмалин, белые слюды, рутил, ильменит, циркон, хромшпинелиды представляют остальную часть. В некоторых пробах отмечается повышенное содержание маггемита. Иногда отмечаются остроугольные



Рис. 6. Фрагмент аэрофотоснимка западной половины Сабардинской структуры, совмещенный с результатами дешифрирования. В нижнем левом углу видны четыре РЛС (пояснения в тексте).

обломки черного амфибола в сростании с плагиоклазом, а также мелкие обломки породы свежего облика, состоящей из черного амфибола (преобладает), плагиоклаза, черной слюды и эпидота. Встречен также неокатанный обломок гранита, покрытый коркой маггемита. Зерна кварца песчаной размерности нередко содержат включения ставролита, турмалина, рутила, белой слюды и других минералов тяжелой фракции шлиха, что показывает их генетическую связь. Совместный перенос легких и тяжелых минералов одной ассоциации водным потоком на значительные расстояния кажется невероятным. В этом убеждают и чешуйки графита на поверхности некоторых зерен кварца. Все это свидетельствует о близости коренного источника, которым, вероятно, является ниже лежащий кристаллический фундамент.

В легкой фракции шлихов распространены мелкие обломки древесного угля, обычно минерализованного и частично покрытого корочкой лимонита. Иногда уголь покрыт черным пузыристым хрупким органическим веществом. Примечательно, что древесный уголь и аналогичное органическое вещество обнаружены и в нерастворимых остатках дырчатых брекчиевых известняков (ДБИ) кунгурского возраста вместе с другими вышеупомянутыми минералами. Содержание их в ДБИ несопоставимо низкое, в сравнении с рыхлыми отложениями центральных депрессий РЛС. ДБИ при разрушении не могли создать столь богатых россыпей метаморфических минералов. Древесный уголь и органическое вещество крайне неустойчивы к механическому воздействию и очень легкие. Привнос их на плато исключен, а совместное нахождение с тяжелыми минералами в рыхлых отложениях можно объяснить, вероятно, накоплениями в небольших замкнутых водоемах, например в кратерных озерах. Можно предположить, что рыхлые отложения центральных депрессий РЛС также имеют кунгурский возраст. По ряду признаков, образование ДБИ (на плато) связывается с сильной дегазацией глубоких горизонтов, и часть их отвечает понятию «ксенотуфобрекчии» [Кисин, 2004].

В южной части Пудлинговской структуры, в непосредственной близости от предполагаемого кольцевого разлома, при строительстве дороги пос. Пудлинговский – пос. Ненастье вскрыта зона брекчированных известняков шириной около 10 м. Цементом служат глины зе-

леновато-желтоватого, серого, темно-коричневого цвета, которые часто содержат обломки нацело аргиллизированных пород, первичный состав которых не определяется. Шлиховое опробование глинистой части данных брекчий показало присутствие в них мелких (до 2 мм) обломков гранитоидов, серпентинитов, роговой обманки, диопсида, плагиоклаза, гранатов, ставролита, кианита, силлиманита (кристаллы), муассанита, плавленого корунда, сульфидов, самородных металлов (в т. ч. золота), магнитных шариков, шлаковых частиц, стекол. Серпентинит обычно покрыт пленкой битумов. Характер распределения перечисленных выше минералов и горных пород в глинах крайне неравномерный, что может свидетельствовать об их ксеногенной природе и первичном залегании.

Приведенный выше фактический материал хорошо укладывается в модель общекоровой складчатости. Пик деформационных процессов на кратонизированном краю Восточно-Европейской платформы пришелся на кунгурское время, когда на Урале коллизийные процессы уже в основном завершились.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 04-05-96093).

Список литературы

Белоконь Т.В., Горбачев В.И., Балашова М.М. Строение и нефтегазоносность рифейско-вендских отложений востока Русской платформы. Пермь: ИПК «Звезда», 2001. 108 с.

Вопросы изучения планетарной трещиноватости // Сб. статей, Географическое общество СССР. Л., 1976. 103 с.

Дорофеев Н.В. Геологическое строение северной части Уфимского плато (район рр. Шуртана и Сараны) // ВНИГРИ Новая сер. Вып. 44. М.: Гостоптехиздат, 1950. С. 61-147.

Дружинин В.С., Рыбалка В.М., Халевин Н.И. Результаты глубинных сейсмических зондирований на свердловском пересечении и перспективы дальнейших исследований Урала // Глубинное строение Урала. М.: Наука, 1968. С. 69-79.

Кисин А.Ю. Необычные структуры на площади Уфимского плато // Ежегодник-2000. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. С. 32-33.

Кисин А.Ю. К вопросу о происхождении лемзинских дырчатых брекчиевых известняков на Уфимском Плато // Ежегодник-2003. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. С. 53-57.

Кисин А.Ю. К проблеме надвигов в земной коре // Тектоника земной коры и мантии. Тектоничес-

кие закономерности размещения полезных ископаемых. Мат-лы XXXVIII Тектонического совещ. Т. 1. М.: ГЕОС, 2005. С. 285-288.

Кисин А.Ю., Коротеев В.А., Сазонов В.Н. Проявление эруптивного магматизма на Уфимском плато // Докл. АН. 2002а. Т. 385. № 1. С. 80-82.

Кисин А.Ю., Коротеев В.А., Сазонов В.Н. Роль скорости деформации в модели одноосного горизонтального сжатия с изгибом блока верхней коры // Докл. АН. 2002б. Т. 385. № 2. С. 223-225.

Наливкин В.Д. Стратиграфия и тектоника Уфимского плато и Юрюзано-Сылвенской депрессии. Тр. ВНИГРИ. Вып. 46. М., 1949. 206 с.

Неганов В.М., Родионовский В.И., Зотеев М.С. Геологическое строение Пермского Прикамья по данным геолого-геофизических исследований // Геофизика. Спец. Выпуск. 2000. С. 11-22.

Нечеухин В.М., Берлянд Н.Г., Пучков В.Н., Соколов В.Б. Глубинное строение, тектоника, металлогения Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. 106 с.

Новоселицкий В.М., Проворов В.М., Шилова А.А. Физические свойства пород осадочного чехла севера Урало-Поволжья. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. 133 с.

Романов В.А., Ишерская М.В., Мустафин Ш.А. Особенности строения южной части Юрюзано-Сылвенского прогиба, по данным сейсморазведки МОГТ // Геологический сборник № 3. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2003. С. 19-24.

Стратиграфия допалеозойских и палеозойских отложений Пермского Прикамья. Пермь: ВНИГНИ, 1971. 421 с.

Халевин Н.И. Сейсмология взрывов на Урале. М.: Наука, 1975. 135 с.