

УДК 551.24

ПРОЯВЛЕНИЕ ЭРУПТИВНОГО МАГМАТИЗМА НА УФИМСКОМ ПЛАТО

© 2002 г. А. Ю. Кисин, академик В. А. Коротеев, В. Н. Сазонов

Поступило 09.01.2002 г.

Около 100 лет назад А.П. Карпинский обратил внимание на нарушение линейности Урала напротив Уфимского плато и объяснил это наличием жесткой глыбы. В настоящее время считается установленным фактом, что этот изгиб обусловлен конфигурацией жесткого края Восточно-Европейской платформы [1]. Признается также связь геологического развития окраины плиты с коллизивно-складчатými процессами в Уральском регионе в палеозойско-мезозойское время. Кроме того, в Предуральском краевом прогибе, на данном отрезке Урала, длительное время отрабатываются россыпи алмазов с неустановленными коренными источниками. Для проверки возможности связи между этими фактами мы попытались рассмотреть окраину платформы с позиций, изложенных в [2]. Применительно к решению поставленных задач они выглядят следующим образом.

Активным блоком выступает Уральская коллизивно-складчатая система, оказывающая направленное горизонтальное давление на окраину плиты. Исходя из представлений о реологической [3] и тектонической расслоенности земной коры, реакцией плиты на это давление будет волнообразное изгибание ее верхней, более жесткой части. Нижняя кора в силу ее повышенной пластичности деформируется преимущественно по механизму чистого сдвига. Для наших целей значение имеет только положительный изгиб, который и рассматривается ниже.

При положительном продольном изгибе в верхней части слоя возникают условия растяжения, а в нижней – сжатия, которые разделяются нейтральной поверхностью (рис. 1). Возникающие в слое напряжения прямо пропорциональны расстоянию до нейтральной поверхности. При прочих равных условиях сопротивление горных пород сжатию возрастает с ростом скорости деформации. Следовательно, понижение скорости деформации должно вести к подъему нейтральной

поверхности и увеличению мощности зоны сжатия, а также пропорциональному повышению напряжений. Механическая энергия сжатия трансформируется в тепловую, приводя к быстрому разогреву больших объемов горных пород. Повышенная мощность платформенной коры и низкая скорость развития изгиба затрудняют выжимание разогретых пород в зону растяжения, что ведет к росту всестороннего давления и упрочению пород в зоне сжатия. Возникают условия высокотемпературного метаморфизма, вероятно достигающего у подошвы изгибаемого слоя гранулитовой и эклогитовой фаций. При этом активно протекают реакции дегидратации, характеризующиеся отрицательным объемным эффектом и формированием более плотных метаморфических пород [4].

Закрытие пор в результате стресса и освобождение воды при реакциях дегидратации ведут к росту давления флюидной фазы. По некоторым оценкам [5], давление флюида не может превышать литостатическое давление на величину, большую предела прочности пород на растяжение, которое для большинства пород не превы-



Рис. 1. Схема развития положительного изгиба на коре повышенной мощности при пониженных скоростях деформации. а – начальная стадия; б – конечный результат. 1, 2 – верхняя кора (1 – осадочный чехол, 2 – кристаллический фундамент); 3 – нижняя кора; 4 – высокотемпературный метаморфизм и дегазация; 5 – гранито-гнейсы, гранулиты, эклогиты; 6 – диатремы и дайки эруптивных брекчий.

шает 50 бар. Учитывая большую мощность деформируемой толщи, эффект “запирания” на верхних горизонтах и незначительный объем флюидной фазы на нижних горизонтах коры, следует ожидать, что давление флюида значительно превысит порог в 50 бар, возможно на порядок или более. При достижении критических давлений флюидная фаза отжимается вверх, в направлении наименьших давлений. Движение флюида через среду, находящуюся под сильным стрессовым давлением, возможно лишь посредством гидроразрыва по ослабленным участкам (трещины в породе и минералах, границы зерен и т.п.). Протяженность возникающих трещин гидроразрыва при низком содержании флюида очень мала, поэтому происходит диспергирование породы с образованием флюидонасыщенной диспергированной массы, обладающей высокой пластичностью. Горячая флюидная фаза, находящаяся под высоким давлением, химически агрессивна. При движении флюида будут иметь место как растворение одних минералов, так и образование других. По мере продвижения кверху флюидонасыщенные диспергиты формируют колонны. Хорошая передача флюидами давления с подошвы колонны в ее головную часть обеспечивает их дальнейший, ускоренный подъем, а снижение стрессового давления по мере приближения к нейтральной поверхности способствует образованию более крупных и протяженных трещин. Вблизи нейтральной поверхности открываются более крупные трещины, что ведет к формированию даек, а на более высоких горизонтах – диатрем эруптивных брекчий.

Таким образом, горизонтальное продольное сжатие слоистой упругой среды обеспечивает передачу энергии на расстояние, а изгиб – структурный контроль, фокусировку и трансформацию механической энергии в тепловую. Мощность деформируемого слоя и скорость деформации определяют *PT*-условия метаморфизма, магматизма и рудообразования, а субстрат – конечный продукт. Возможно, что данный механизм приводит и к образованию или миграции углеводородов, а также появлению алмазов. Нижняя кора при положительном изгибе верхней коры также подвергается сжатию и утолщается преимущественно по механизму чистого сдвига. Вероятно, этот фактор сказывается и на составе образующихся эруптивных брекчий, рассмотренных выше, например появление в их составе ультраосновных пород.

В свете сказанного применительно к анализируемой окраине платформы наибольшее горизонтальное давление испытывает выступ, в нашем случае Уфимский, и здесь формируются наиболее контрастные структуры продольного изгиба. Первая структура будет положительная. На широте г. Екатеринбурга ей соответствует



Рис. 2. Радиально-лучистая структура, выявленная при дешифрировании аэрофотоснимков. Ширина участка 800 м (пояснения в тексте).

Кунгурский свод (Уфимское плато) с параметрами около 180×70 км. По данным геофизических исследований и глубокого бурения, кровля кристаллического фундамента находится на глубине 3.0–3.5 км. Осадочный чехол представлен терригенными отложениями верхнего венда и терригенно-карбонатным разрезом D_3 – P_1 . Данная структура лучше всего выражена по кровле артинского яруса, что может свидетельствовать о ее позднепалеозойском происхождении. По Свердловскому профилю ГСЗ [6] граница Конрада здесь приподнята и субконформна кровле кристаллического фундамента, а граница Мохо опущена до глубины 43–45 км. Западная граница структуры проводится по Чернушенской зоне разломов, а восточная – по Красноуфимскому глубинному разлому.

Структура хорошо проявлена и в современном рельефе. В ее апикальной части по современной гидросети выделяется множество кольцевых структур диаметром 2–6 км. Характер трещиноватости пород в карьере у п. Пудлинговский, расположенном в непосредственной близости от одной такой структуры, свидетельствует об их тектонической природе. Дешифрированием аэрофотоснимков по внешней стороне другой кольцевой структуры выявлено несколько кустов своеобразных радиально-лучистых образований (рис. 2). Для них характерно наличие центральной депрессии с расходящимися во все стороны лучами, часто расщепляющимися на концах. Рисунок обус-

ловлен сочетанием елового леса и осинника. Обследование одной такой радиально-лучистой структуры с магнитометром показало наличие в ее центральной части магнитной аномалии с весьма беспокойным полем, превышающим фон на 200–400 нТс. Шлиховое опробование до глубины 4.2 м выявило высокое содержание маггемита, ставролита, кианита и других минералов, среди которых следует отметить редкие неокатанные зерна пироксенов, амфиболов и муассонита, стекла и шлаковые частицы с включениями древесного угля. По совокупности признаков данные радиально-лучистые образования соответствуют выходам диатрем эруптивных брекчий на дневную поверхность. Центральная депрессия фиксирует устье диатремы, а лучи – трещиноватость в известняках с наложенными карстовыми явлениями. Наличие древесного угля в шлаковых частицах и стеклах свидетельствует о наземном характере эксплозий. Нахождение данных структур в водораздельной части плато обеспечило их хорошее препарирование.

Схожая минерализация была выявлена в глинистом цементе известняковых брекчий в 10 км севернее описанного участка. Здесь отмечены мелкие обломки серпентинита и гранита, пироксены, амфиболы, ставролит, кианит, гранат, рубин, муассонит, самородные металлы (железо и медь), силикаты никеля, стекла, шлаковые частицы и пр. На поверхности многих минералов отмечаются пленки битумов. Шлиховым опробованием рыхлых отложений на площади выявлено еще несколько участков с подобной минерализацией, в том числе и перекрытые ложковыми отложениями. Интересно, что большинство этих участков расположено на площадях распространения “дырчатых карбонатных брекчий” (термин В.Д. Наливкина), выделенных в лемазинскую свиту кунгурского яруса. Необычность этих брекчий заключается в том, что они нередко переполнены полостями, обычными для излившихся вулканических пород,

но имеют карбонатную матрицу. Многие из перечисленных минералов обнаружены в нерастворимых остатках этих брекчий. На Уфимском плато “дырчатые брекчий” распространены очень локально. Ввиду плохой обнаженности контакт с органогенными известняками наблюдался нами только в одном случае. Контакт тектонический, с зеркалами скольжения и тектоническими брекчиями, шириной около 5 м. Учитывая большую мощность карбонатного разреза осадочного чехла, есть серьезные основания отнесения данных “дырчатых брекчий” к эруптивным, возможно частью излившимся.

Таким образом, если реакцией платформы на давление со стороны Уральской коллизионно-складчатой системы было волнообразное изгибание земной коры, то в положительных структурах имел место высокобарический метаморфизм, следствием которого на поверхности являются эруптивные брекчий. С ними, возможно, связаны и коренные месторождения “уральских” алмазов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
2. Коротеев В.А., Кисин А.Ю., Сазонов В.Н. // ДАН. 1998. Т. 358. № 4. С. 508–510.
3. Иванов С.Н. О реологических моделях земной коры. Критическое рассмотрение. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 41 с.
4. Демина Л.И., Короновский Н.В. Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма. Материалы XXXII тектонического совещ. М.: ГЕОС, 1999. Т. 1. С. 235–238.
5. Структурная геология и тектоника плит. М.: Мир, 1991. 1041 с.
6. Дружинин В.С., Рыбалка В.М., Халевин Н.И. В сб.: Глубинное строение Урала. М.: Наука, 1968. С. 69–79.