

УДК 551.243 (477.64 / .62)

Новикова М.С., Привалов В.А.

## **Пулл-апартовые бассейны. Механизм возникновения и распространение**

*Охарактеризованы механизмы и стадийность образования тектонических структур пулл-апарт. Рассмотрены примеры структур пулл-апарт Донецкого бассейна.*

Становление термина «пулл-апарт» имеет длительную историю. Близкие по своей природе тектонические образования, которые ранее именовались присдвиговыми впадинами, бассейнами, приуроченными к движениям вдоль сдвигов, сдвиговыми грабенами, ромбическими грабенами, ограниченными сдвигами и сбросами, законченное название приобрели лишь с выходом работы Бурчфила и Стюарта о модели развития Долины Смерти в Калифорнии (1966), ставшей классическим тектонотипом структур пулл-апарт.

Поскольку большинство бассейнов пулл-апарт приурочено к трансформным разломам в переходных зонах, их кинематическая история прямо отражает изменения геометрии взаимодействующих плит, микроплит. Размер бассейнов (в отдельных случаях тектонических микрозон близкого кинематического генезиса) изменяется от первых метров до сотен километров (например, бассейн Изуми в юго-западной части Японии имеет протяженность около 500 км).

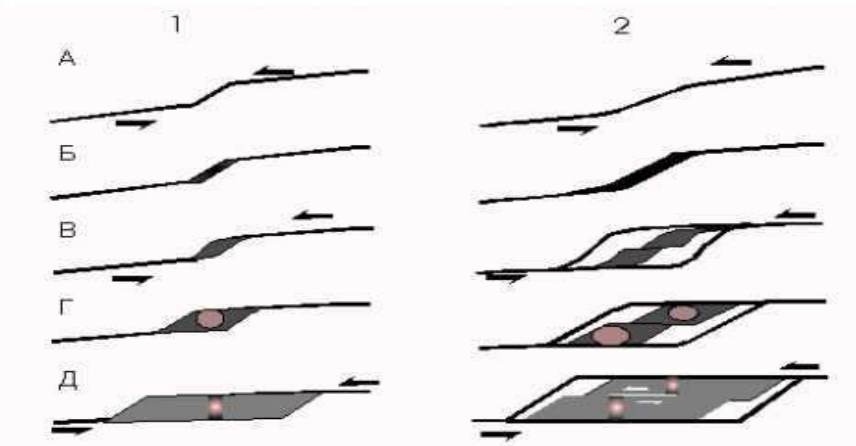
Фундаментальной особенностью впадин присдвигового растяжения является их морфологическое и структурное подобие – свойство, которое мы называем структурным изоморфизмом. Независимо от масштаба пулл-апартов, они представляют собой ромбические или веретенообразные впадины, ограниченные парами разрывных или пластических сдвигов и сбросов. Между изогнутыми или перекрывающимися разломными сегментами развиваются, благодаря локальному коровому растяжению, депрессии в виде узких ромбовидных или слабо раскрытых S- и Z-образных бассейнов. По размеру они изменяются от малых ложбин проседания вдоль сдвигов до ромбических бассейнов длиной до 500 км и шириной до 100 км.

Типичные пулл-апартовые бассейны имеют видимое соотношение сторон 3:1, хотя это соотношение может меняться в широких пределах, в зависимости от того, проводится ли определение их структурных, морфологических параметров или измерение размеров только активной впадины.

Сейсмические данные высокого разрешения, выполненные для залива Эйлат (северная оконечность Красного моря), иллюстрируют некоторые основные структурные особенности пулл-апартов. Там главные рифтовые разломы, имеющие левосдвиговую компоненту, расположены эшелонированно. Между ними расположены три узких меридиональных пулл-апартовых бассейна, разделенные топографически низкими перегородками, в которых, однако, структурный рельеф может превышать 5 км. Осадочное заполнение, состоящее из турбидитов и пелагических осадков, в границах самой глубокой из впадин имеет мощность более 7 км. Основание бассейна наклонено в восточном направлении, образуя полуграбен, вследствие этого мощность слоев асимметрична, увеличивается к восточному борту бассейна. Местами впадины отчетливо пережаты в широтном направлении, поскольку слои в их пределах полого смяты в серию крупных антиклиналей. Правда, сейсмические линии были расположены так, что невозможно проследить, продолжают ли складки от одного профиля к другому. Бен Аврахам и его коллеги пришли к выводу, что

складки простираются меридионально, параллельно к главным граничным разломам. Возможно, однако, что они составляют эшелон, связанный с теми же сдвиговыми движениями, которые привели к раскрытию бассейна.

Структурная геометрия осадочного чехла в зоне перекрытия сдвигов зависит от длины перекрытия, от расстояния между сдвигами и глубины заложения главного разлома в фундаменте и в меньшей степени от того, является ли амплитуда смещений вдоль прерывистых эшелонированных сдвигов постоянной (модель транскуррентных сдвигов) или максимальна в середине и минимальна (до нуля) на концах, как в модели андерсоновского сдвига.



**Рис. 1.** Принципиальная схема развития пулл-апартовых бассейнов при малом (1) и большом (2) шаге ветвей сдвига [6].

Из двух главных структурных обстановок инициации пулл-апартов (плановый изгиб поверхности сдвига и кулисное перекрытие сдвигов в единой сдвиговой зоне), наиболее детально изучена первая [6]. На рисунке слева показана качественная эволюционная модель развития пулл-апартов, обобщающая данные картирования многих сдвиговых зон. Предполагается следующая последовательность их развития:

- (А) в жестких внутриконтинентальных сдвиговых зонах пулл-апараты закладываются на свободных изгибах разлома;
- (Б) начальное раскрытие поперек свободных изгибов приводит к образованию веретенообразных впадин, ограниченных и часто пересеченных косыми разрывами, которые соединяют концы сдвигов;
- (В) возрастающее сдвиговое смещение придает впадинам S-образный (в случае левосторонних сдвигов) или Z-образный (для правых сдвигов) облик;
- (Г) ромбоидальные пулл-апараты или ромбические грабены образуются при увеличении сдвиговых смещений из удлинения S- и Z-образных впадин; как правило, в их основании развиваются две или более близкокруговые депрессии;
- (Д) если сдвиговые движения продолжают более нескольких десятков млн. лет, крупные пулл-апараты на границах литосферных плит или микроплит могут вырождаться в узкие длинные трог, подстилаемые океанской корой, первоначально формируемой в коротких ортогональных спрединговых

хребтах; ширина пулл-апартового бассейна по мере развития структуры существенно не возрастает – это фиксированная ширина сдвигового изгиба.

Упомянутое выше низкое значение отношения длины к ширине пулл-апартов (около 1:3) говорит об их короткой жизни в быстро меняющихся сдвиговых зонах. Однако реальные механизмы, прерывающие развитие пулл-апартов именно при таком соотношении их сторон, до настоящего времени не изучены.

Несомненно, впадины присдвигового растяжения, образованные на изгибах сдвигов и в зонах их кулисного перекрытия, связаны непрерывными переходами. При величине перекрытия, соизмеримой с шагом кулисных сдвигов, вначале образуется ромбическая впадина, которая может быть структурно оформлена как грабен в случае дивергентных сдвигов или как рампы в случае конвергентных сдвигов. Ее дальнейшая эволюция, видимо, не отличается от развития пулл-апартов, развивающихся на изгибах сдвигов.

Домены растяжения внутри свободных изгибов крупных рассеянных сдвиговых зон были описаны как сетевидный набор разрывов растяжения и сдвигов между сегментами граничных разломов сдвиговой кинематики. Взаимодействие внутрибассейновых разломов формирует домены поднятия и прогибания внутри бассейна. Вторичные пулл-апараты в области растяжения формируются как несвязанные домены локального прогибания, которые, взятые в комбинации, определяют интенсивное полномасштабное погружение всего бассейна.

Из сравнения модели с геологическими данными можно заключить, что впадины типа пулл-апарат являются специфическим видом осадочных бассейнов, формирующихся в определенных геодинамических обстановках. Они развиваются в сдвиговых зонах, представляющих трансформные границы двух плит (например, Сибирской-Монгольской, Африканской-Аравийской, Тихоокеанской-Северноамериканской). Структура бассейнов определяется геометрией разломов, величиной сдвиговых и сжимающих скоростей и реологией литосферы [3].

Примером бассейнов этого типа является Принципиальная дислокационная зона Донбасса (ПДЗ). В местах эшелонированного примыкания фрагментов глубинных сдвигов в пределах ПДЗ возникают пулл-апараты, функционирующие как присдвиговые бассейны растяжения или сжатия и контролируемые, соответственно, темпы формирования бассейна или же последующие инверсионные процессы.

По интерпретации некоторых авторов [4, 5], Донбасс представляет собой деформированный, приближающийся к параллелограмму в горизонтальном сечении мегаблок, возникший на пересечении позднепротерозойского складчатого пояса ССЗ-ЮЮВ простирающегося в пределах Сарматского щита и девонского Припятско-Днепровско-Донецкого-Карпинского палеорифта. Способность Донецкого мегаблока к челночным знакопеременным вращениям во многом определила его контрастную на фоне соседних по палеорифту структур мобильность. В работе одного из авторов настоящей статьи [4] впервые в пределах Донбасса был выделен Центральный комплекс глубинных разломов с присдвиговыми бассейнами (пулл-апартами) на стыках отдельных фрагментов разрывов, имеющий все признаки ПДЗ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Белоконь В.Г.** Глубинное строение Донбасса // Геологический журнал.– 1975.– №5.– С. 11-25.
2. **Панов Б.С.** Глубинные разломы и минералогия линеамента Карпинского с позиций синергетического анализа // Киев: Препринт ИГМР НАН Украины, 1994.– 74 с.
3. **Полянский О.П.** Модель развития осадочного бассейна типа пулл-апарат // Доклады РАН.– 2001.– Т. 380, № 3.– С. 368-373.

4. **Привалов В.А.** Вращение блоков и сценарий тектонической эволюции Донецкого бассейна // Геология і геохімія горючих копалин.– 1998.– № 4.– С. 142-158.

5. **Привалов В.А., Панова Е.А., Азаров Н.Я.** Тектонические фазы в Донецком бассейне: пространственно-временная локализация и характер проявления // Геология і геохімія горючих копалин.– 1998.– № 4.– С. 11-18.

6. **Mann, P., Hempton, M.R., Bradley, D.C., Burke, K.** Development of pull-apart basins // Journal of Geology.– 1982.– Vol. 91.– P. 529-554.

**НОВИКОВА М.С., ПРИВАЛОВ В.А. Пул-апартові басейни. Механізм виникнення і поширення.**

*РЕЗЮМЕ.* Басейни пул-апарт приурочені до трансформних розломів. Розміри їх змінюються від перших метрів до сотень кілометрів. Незалежно від масштабу, вони представляють собою ромбовидні або веретеноподібні западини, обмежені парами розривних або пластичних зсувів і скидів. Утворюються в зсувних зонах, які являють собою трансформні межі двох плит. Форма і структура басейнів визначається геометрією розломів, величиною зсувових і стискуючих швидкостей, реологією літосфери. Такі утворення виділені в межах Принципової дислокаційної зони Донецького басейну.

**НОВИКОВА М.С., ПРИВАЛОВ В.А. Пулл-апартовые бассейны. Механизм возникновения и распространение.**

*РЕЗЮМЕ.* Бассейны пулл-апарт приурочены к трансформным разломам. Размеры их изменяются от первых метров до сотен километров. Независимо от масштаба, они представляют собой ромбовидные или веретенообразные впадины, ограниченные парами разрывных или пластических сдвигов и сбросов. Образуются в сдвиговых зонах, представляющих собой трансформные границы двух плит. Форма и структура бассейнов определяется геометрией разломов, величиной сдвиговых и сжимающих скоростей, реологией литосферы. Такие образования выделены в пределах Принципиальной дислокационной зоны Донецкого бассейна.

**NOVIKOVA M.S., PRIVALOV V.A. Pull-apart basins. Origin mechanism and distribution.**

*SUMMARY.* Pull-apart basins refer to transform faults. Their dimensions change from first meters to hundreds of kilometers. Irrespective of scale they have rhomb shape or furiform throughs restricted by couples of discontinued or tabular displacements and faults. They are formed in displacement zones representing transform borders of two plates. Shape and structure of basins are determined by geometry of faults, dimension of displacement and compression velocities, lithosphere rheology. Such formations have been found within the limits of the Principle Dislocation zone of the Donetsk basin.

*Надійшла до редакції 23 січня 2008 р.  
Представив до публікації професор О.В.Плотников.*