

УДК 551.243.6(519)

## ГЕОДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ МЕЛОВОГО ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА КОНДЖУ (ЮЖНАЯ КОРЕЯ)

© 2007 г. В. П. Уткин, академик А. И. Ханчук, С. А. Касаткин, Донг-У Ли

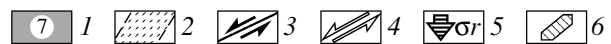
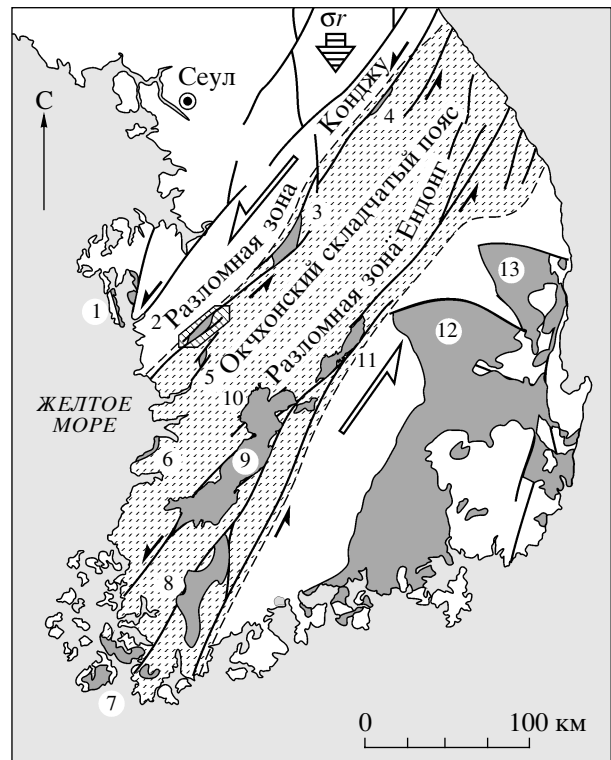
Поступило 28.02.2007 г.

К настоящему времени установлено, что в условиях регионального латерального сжатия восточной окраины Азии синхронно со сдвигами формировались их структурные парагенезы – локальные структуры растяжения, в пределах которых по сбросам происходили депрессионные просадки с образованием осадочных бассейнов. Представления, согласно которым эпиконтинентальные бассейны окраины Азии формировались не в результате прогибов коры, а являются следствием ее деструкции, позволили объяснить периодические проявления вулканизма и поступления глубинных минерализованных растворов в процессе седиментогенеза [1]. Однако инфраструктура большинства осадочных бассейнов характеризуется комплексом дислокаций (складчатых, разрывных), сформированных не в условиях растяжения, как следовало ожидать, а являются структурами постседиментационного сжатия, природа которого оставалась неясной. Бассейны ограничены разломами-сдвигами, которые изолируют их от внешнего воздействия материнского регионального сжатия. Следовательно, можно предположить, что в формировании инфраструктур бассейнов определяющую роль играло не региональное сжатие, а внутрибассейновые поля напряжений, генерированные динамикой развития разломов, ограничивающих бассейны.

Задача решалась на примере исследования геодинамики развития бассейна Конджу, который характеризуется двумя важными особенностями строения, благоприятными для решения поставленной проблемы. Во-первых, бассейн четко ограничен разломами-сдвигами, которые в других бассейнах чаще всего перекрыты осадками депрессий и не доступны для непосредственного изучения на поверхности. Во-вторых, ограничивающие бассейн разломы-сдвиги несоосны, разная ориентировка которых предполагает генерацию

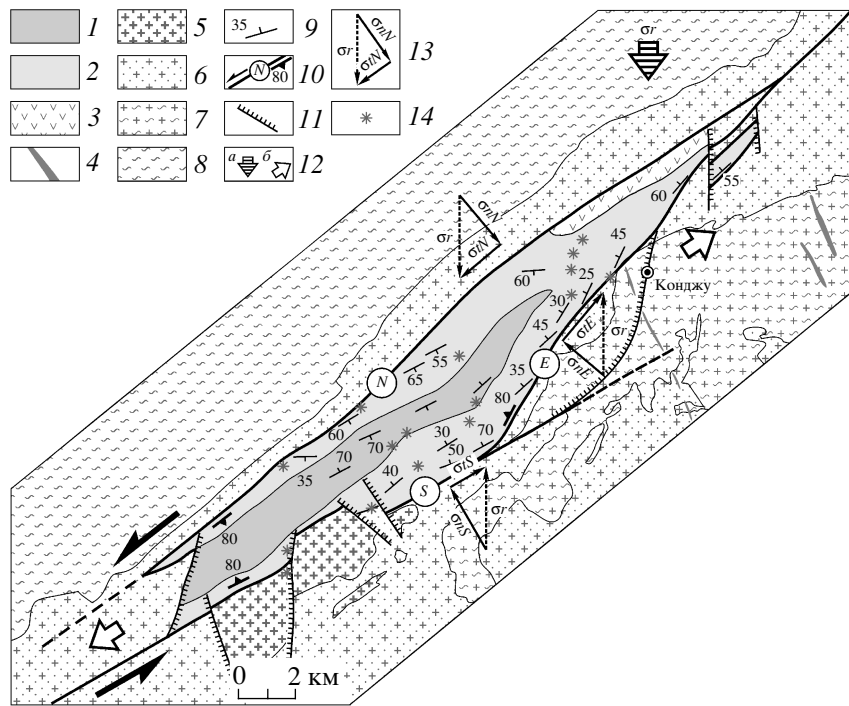
ими и разноориентированных внутрибассейновых полей напряжений, формировавших разноплановые и, возможно, асинхронные дислокации.

В меловом периоде активизации северо-восточных разломов Южной Кореи (рис. 1) произошли левосторонние смещения на несколько де-



**Рис. 1.** Карта основных разломов и меловых эпиконтинентальных осадочных бассейнов Корейского полуострова (по [2, 3] с дополнениями). 1 – осадочные бассейны: Чонсу (1), Конджу (2), Ымсонг (3), Пунгам (4), Пуё (5), Кекпо (6), Хэнам (7), Ненджу (8), Недженсан (9), Джинан (10), Ендонг (11), Кенсан (12), Енянг (13); 2 – Очхонский складчатый пояс (одноименная сдвиговая зона); 3 – основные разломы и направления смещений по ним; 4 – направление смещения блоков коры вдоль Очхонской сдвиговой зоны; 5 – ориентировка регионального сжатия; 6 – район работ.

Дальневосточный геологический институт  
Дальневосточного отделения  
Российской Академии наук, Владивосток  
Конджунский национальный университет,  
г. Конджу, Республика Корея



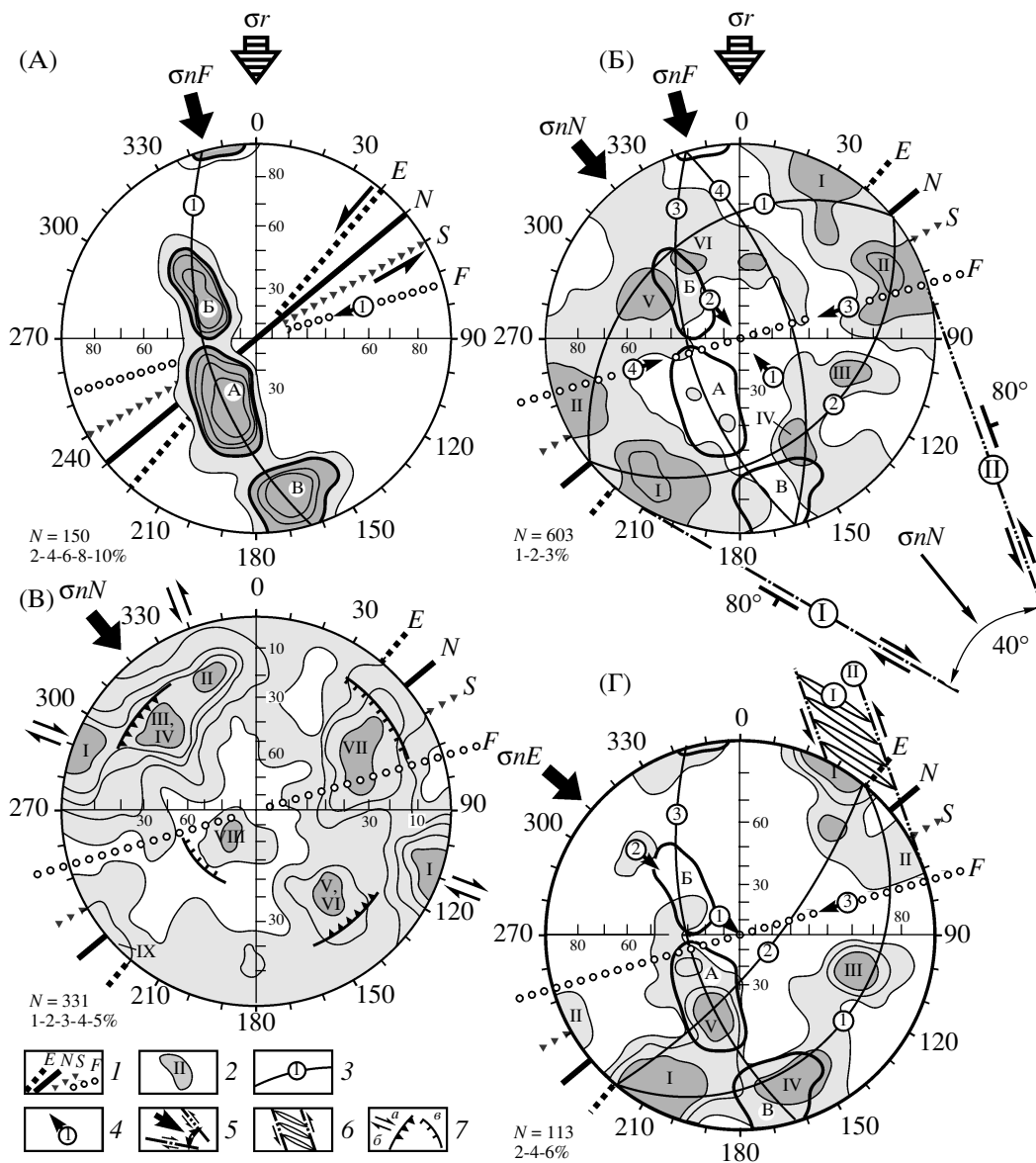
**Рис. 2.** Геолого-структурная карта бассейна Конджу (по [4] с дополнениями) и геодинамика формирования его инфраструктуры. 1–4 – меловые образования: алевролиты (1), песчаники и конгломераты (2), андезиты (3), дайки кварцевых порфиров (4); 5 – юрские граниты; 6–8 – докембрийские образования: порфиорокlastические гнейсовидные граниты (6), слюдяные сланцы (7), полосчатые гнейсы (8); 9 – элементы залегания слоистости; 10 – сдвиги, ограничивающие бассейн: Северный (N), Южный (S), Восточный (E) и направление их падения; 11 – сбросы, сформированные под действием тангенциальных напряжений ( $\sigma_{tN}$  и  $\sigma_{tS}$ ); 12 – генеральное сжатие (a) и соседнее растяжение (b); 13 – ориентировка генерального сжатия ( $\sigma_r$ ) и его производных (нормальных ( $\sigma_n$ ) и тангенциальных ( $\sigma_t$ )) по отношению к Северному (N), Южному (S) и Восточному (E) сдвигам; 14 – точки наблюдений авторов статьи.

сятков километров [7, 8]. Бассейн Конджу – структура соседвигового растяжения коры, сформированная на участке левоступенчатого эшелонирования северо-восточных левых сдвигов [6–8] (рис. 1, 2). Глубина бассейна до кристаллического фундамента по данным геофизики оценивается до 400–700 м [5]. Бассейн ограничивается сдвигами (рис. 2), которые при крутом ( $80^\circ$ ) встречном падении представляют мощные (450–520 м) разломные зоны, сместители которых зачастую сопровождаются милонитами и ультрамилонитами [6]. Слои осадков бассейна падают на северо-запад и юго-восток и образуют синклиналию складку. Северо-западное крыло синклинали круче ( $55^\circ$ – $65^\circ$ ) юго-восточного ( $30^\circ$ – $40^\circ$ ). По направлению к оси складки наблюдается смена фаций с уменьшением размеров обломков [2] (рис. 2).

Сдвиги, ограничивающие бассейн при общем северо-восточном простираии, не параллельны друг другу (рис. 2). Разная ориентировка сдвигов, по-видимому, обусловила и разновекторные производные генерального сжатия (нормального и тангенциального) (рис. 2), которые, возможно, и определяли внутрибассейновые поля напряжений, формировавшие инфраструктуру бассейна. Для решения этой проблемы в анализ вовлечены

проведенные совместно с корейскими специалистами массовые замеры ориентировок слоев, разрывов с признаками смещений, а также кварцевых жил, отражающих положение локальных структур растяжения. Кинематические характеристики сместителей определялись путем замеров штрихов и борозд скольжения, аккреционных и коренных ступеней, изучением структурных рисунков оперяющих трещин, подворотов слоев вдоль сместителей, а также типов разобщений сместителями (сдвиги, надвиги, взбросы, сбросы) маркирующих тел. Динамический анализ собранных полевых материалов показал следующие результаты.

Складчатость (F) ориентирована под острым углом к системе левых сдвигов (N, S, E), ограничивающих бассейн, что свидетельствует о ее соседвиговой природе в условиях внутрибассейнового напряжения  $\sigma_n F$ , ориентированного  $S3$ – $345^\circ$  (рис. 3А). Пояс разрывов 4, генетически связанный со складчатостью и сформированный при сжатии  $\sigma_n F$ , весьма невыразительный (рис. 3Б). Основная же масса разрывов, образующих пояса 1 и 2, сформирована при сжатии  $S3$ – $320^\circ$ , ориентированном нормально к Северному разлому ( $\sigma_n N$ ). В этих поясах особенно четко выделяются два мак-



**Рис. 3.** Диаграммы и динамический анализ массовых замеров слоистости (А), разрывов (Б), тектонической штриховки (В) и кварцевых жил (трещин растяжения) (Г); сетка Вульфа, верхняя полусфера. 1 – простирания сдвигов, ограничивающих бассейн: Северного (N), Южного (S), Восточного (E) и складчатости (F); 2 – максимумы замеров слоистости, разрывов, тектонической штриховки, кварцевых жил и их номера; 3 – экваторы поясов слоистости (А), разрывов (Б), кварцевых жил (Г) и их номера; 4 – оси поясов слоистости (А), разрывов (Б), кварцевых жил (Г), их номера и направления погружений (стрелка); 5 – соотношение внутрибассейновых сопряженных левых и правых сдвигов, изображенное в плане (диаграмма Б); 6 – динамика приоткрывания сместителей правых сдвигов (I) в результате активизации левых сдвигов (II) (диаграмма Г); 7 – направление основных систем внутрибассейновых сдвигов (a), главные секторы взбросовых и надвиговых смещений (b), секторы развития сбросов (v) по данным массовых замеров тектонической штриховки (диаграмма В);  $\sigma r$  – направление генерального сжатия;  $\sigma nF$ ,  $\sigma nN$ ,  $\sigma nE$  – направления внутрибассейнового сжатия, ориентированного нормально к складкам ( $nF$ ) и разрывам (сдвигам), ограничивающим бассейн ( $nN$ ,  $nE$ ).

сумма замеров (I, II), отражающих положение крутопадающих ( $80^\circ$ ) в противоположных направлениях сопряженных систем правых и левых сдвигов, соответственно  $S3-300^\circ$  и  $S3-340^\circ$ , образующих острый ( $40^\circ$ ) угол, с биссектрисой которого совпадает сжатие  $\sigma nN$ . Другие максимумы этих поясов (III–VI) указывают на положение бо-

лее пологих ( $55^\circ-70^\circ$ ) сместителей, характерных для взбросов, сформированных в этом же поле напряжений ( $\sigma nN$ ).

Массовые замеры тектонических штрихов и борозд скольжения (рис. 3В) характеризуют кинематику разноориентированных разрывных систем. Кроме сдвигов (макс. I, II) выделяются сек-

торы развития взбросов и надвигов (макс. III–IV и V–VI), а также секторы нисходящих (сбросовых) смещений по разрывам (макс. VII, VIII). Размещение максимумов тектонической штриховки в целом отвечает динамическому закону организации кинематики разноориентированных разрывных структур, сформированных при сжатии  $\sigma nN$ .

Разрывы растяжения (кварцевые жилы) образуют пояса 1 и 2, сформированные в условиях  $\sigma nE$  (рис. 3Г). Основные максимумы сосредоточены в поясе 1, ось которого ориентирована нормально плоскости Восточного сдвига (E) с погружением на ЮВ-130° под углом 15°. Главный максимум I входит в пояса 1 и 2 и отражает преимущественную локализацию жил в системе сместителей правых сдвигов с простиранием СЗ-300° (рис. 3Б, Г). Напротив, сместители левых сдвигов (макс. II) с простиранием СЗ-340° кварцевыми жилами использованы незначительно. По-видимому, на этапе кварцевой минерализации левые сдвиги (макс. II) продолжали функционировать и, как структуры сжатия, не были благоприятными для инъекции гидротерм, несущих эндогенную кварцевую минерализацию. Косо ориентированная к левым сдвигам система правых сдвигов (макс. I) трансформировалась в структуры растяжения (рис. 3Г), благоприятные для формирования кварцевых жил. Максимум III отражает положение трещин растяжения поперечных слоев пород, падающих на СЗ-310° под углом в среднем 30° (макс. Б). И, наконец, максимумы IV и V (рис. 3Г) совпадают с максимумами ориентировок слоистости А и В, что указывает на благоприятные для минерализации отслаивания этих систем слоев в условиях напряжения  $\sigma nE$ . Анализ размещения кварцевых жил отражает внутрибассейновую геодинамическую обстановку инъекции эндогенных минерализованных растворов, синхронную формированию инфраструктуры бассейна Конджу.

Системы левых и правых сдвигов образуют динамопару (рис. 4), формирование которой нельзя объяснить генеральным сжатием ( $\sigma r$ ) или  $\sigma nF$ , а является следствием сжатий, ориентированных нормально ограничивающим бассейн сдвигам и, прежде всего,  $\sigma nN$ , направление которого совпадает с биссектрисой угла между сопряженными системами правых и левых сдвигов (рис. 4).

Результаты динамического анализа позволяют наметить последовательные этапы развития инфраструктуры бассейна Конджу, обусловленные сменой локальных (внутрибассейновых) геодинамических обстановок.

Генеральным сжатием, ориентированным меридионально, была сформирована система северовосточных левых сдвигов Южной Кореи (рис. 1) с развитием сосдвиговых раздвигов коры, определивших сбросообразование и формирование эпиконтинентальных бассейнов осадконакопления.

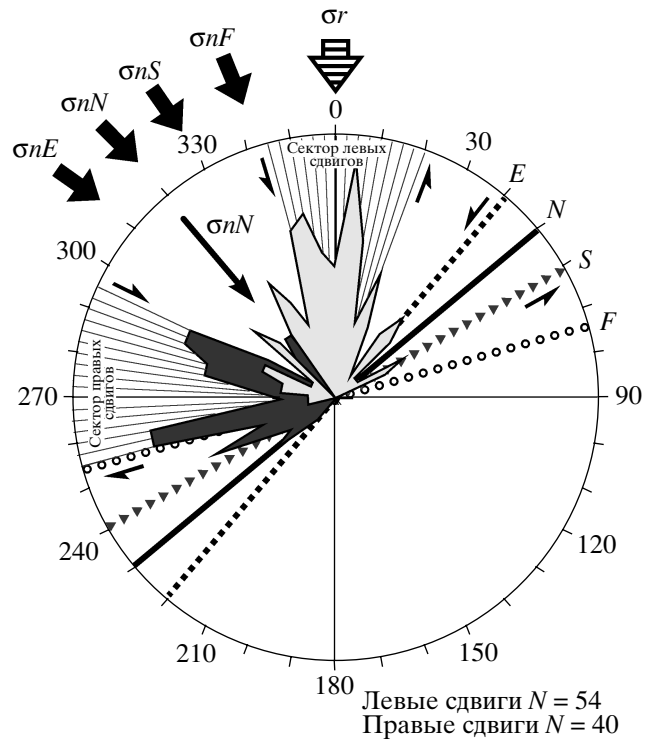


Рис. 4. Ориентировка внутрибассейновых систем правых и левых сдвигов относительно разломов, ограничивающих бассейн (N, S, E) и простирания складчатости (F).

Развитие бассейна Конджу также началось с сосдвигового растяжения коры, которое обусловило сбросообразование, а следовательно, и формирование депрессии с ее синхронной компенсацией грубообломочными осадками. С прекращением активного растяжения в депрессии формировались тонкообломочные фации, сосредоточенные главным образом в осевой зоне недокомпенсированного бассейна и в основном перекрывшие сбросы (рис. 2).

В дальнейшем происходило формирование инфраструктуры бассейна, в развитии которой выделяется три этапа, обусловленные сменой направлений внутрибассейновых напряжений. Первый этап характеризуется пластическими деформациями с образованием складчатой структуры в условиях сжатия  $\sigma nF$ , ориентированного СЗ-345° (рис. 3А). На втором этапе – этапе хрупких деформаций – сформированы закономерно организованные системы сдвигов, взбросов, взбросо-сдвигов, сбросов. Обращает на себя внимание, что эти системы разрывов пространственно не соответствуют положению известных в структурной геологии соскладчатых разрывных структур (диагональных и ортогональных), а отражают самостоятельный план деформаций, сформированных в условиях сжатия  $\sigma nN$ , ориентированного СЗ-320° (рис. 3Б). Отсюда вытекает вывод, что в

бассейне Конджу складчатые структуры и наложенные на них разрывные формировались последовательно в полях внутрибассейновых напряжений, ориентированных по-разному. Третий этап – этап кварцевой минерализации характеризуется трансформацией отдельных систем сколовых структур и определенной ориентировки контактов напластования в структуры растяжения, благоприятные для формирования кварцевых жил в условиях сжатия  $\sigma_{nE}$ , ориентированного СЗ-310° (рис. 3Г). В отличие от второго этапа, на котором синхронная активность сопряженных систем правых и левых сдвигов (рис. 3Б) указывает на деформации так называемого чистого сдвига, на третьем этапе была активна лишь система левых сдвигов СЗ-340°, что свидетельствует о смене деформаций чистого сдвига на простой.

Таким образом, инфраструктура бассейна Конджу формировалась в условиях смены ориентировок напряжений сжатия против часовой стрелки от генерального меридионального до СЗ-310°. Смена напряжений происходила скачкообразно, всякий раз ориентируясь нормально к ограничивающим бассейн несоосным сдвигам. Не явно выражено сжатие, нормальное Южному сдвигу ( $nS$ ). Это можно объяснить тем, что Южный разлом, расчлененный сбросами на отдельные отрезки (рис. 2), потерял сплошность, способную генерировать значительные внутрибассейновые напряжения. Наиболее значимое напряжение исходило со стороны северо-западного борта бассейна, представленного крутопадающим протяженным, не разрушенным сбросами разломом (рис. 2),  $\sigma_{nN}$  которого сформировало не только основные разрывные системы бассейна, но и, по-видимому, участвовало в развитии асимметрии складки. Действительно, более крутое крыло складки при-

мыкает к северо-западному борту бассейна, возможно, отражая наличие здесь наиболее сильного давления, направленного с северо-запада на юго-восток.

Установленные закономерности формирования инфраструктуры бассейна Конджу, как следствие последовательной переориентировки внутрибассейновых напряжений, производных генерального сжатия, решают проблему происхождения разноранговых геодинамических условий развития и других эпиконтинентальных синсдвиговых осадочных бассейнов восточной окраины Азии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уткин В.П., Седых А.К. // ДАН. 1984. Т. 278. № 5. С. 1199–1204.
2. Chang H.J. A Study on the Sedimentary Facies and Paleoenvironment of the Cretaceous Kongju Basin. Master Thesis, Korea Univ. Seoul: Korea Univ., 1982. 51 p.
3. Chun S.S., Chough S.K. In: The Sedimentary Basins in the Korean Peninsula and Adjacent Seas. Spec. Publ. Korean Sedim. Research Group (KSRG). Seoul: Harnlimwon Publ., 1992. P. 60–76.
4. Kim S.W., You H.S., Woo Y.K. Geological Map of the Gongju Sheet 1:50 000. Korea, Seoul: Inst. Energy and Resources, 1977.
5. Kwon B.D., Jung G.J., Baag C.E. // Korean J. Petrol. Geol. 1994. V. 2. P. 43–50.
6. Lee H.K. Structural Analysis of Gong-ju Pull-Apart Basin. Korea. Master Thesis. Seoul: Seoul. Nat. Univ., 1986. 80 p.
7. Lee D.W., Paik K.H. // J. Geol. Soc. Korea. 1990. V. 26. P. 257–276.
8. Lee J.Y. Structural Evolution of the Gongju Basin (in Korean). PhD Thesis. Seoul: Seoul Nat. Univ., 1990. 219 p.