

Континентальный рифтогенез на Азиатском континенте: трансформные разломы как фактор косо́го рифтинга на флангах рифтовых зон

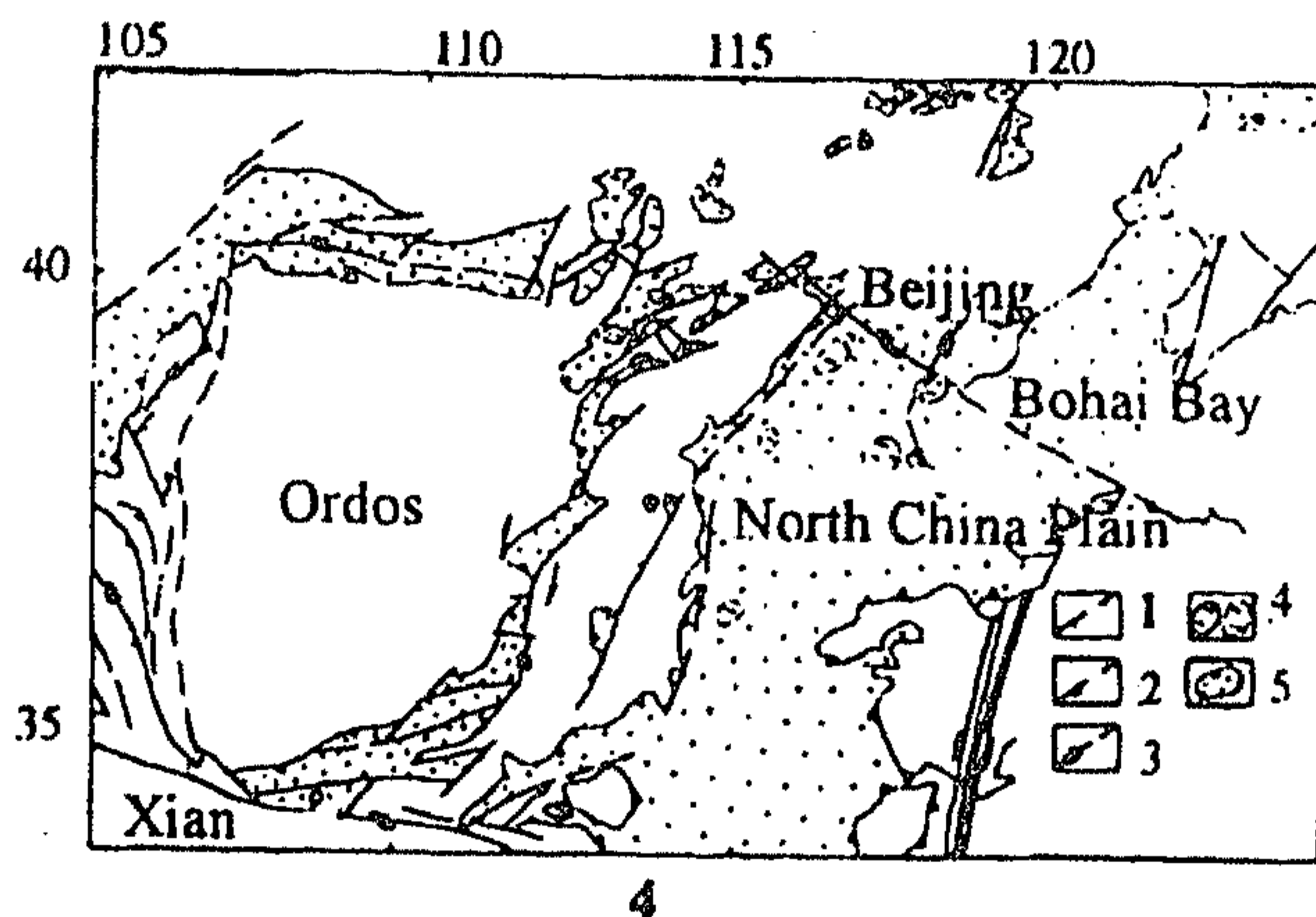
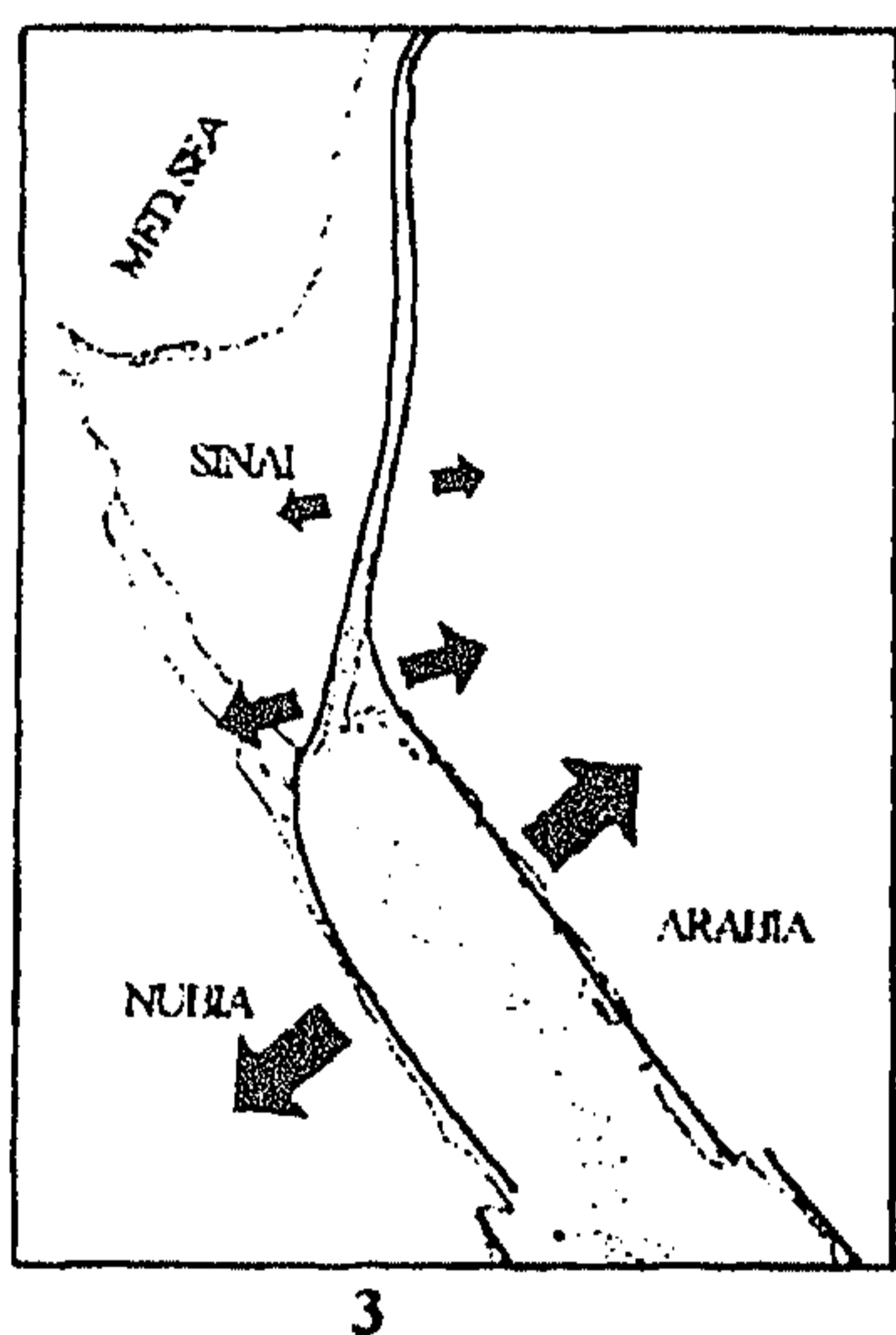
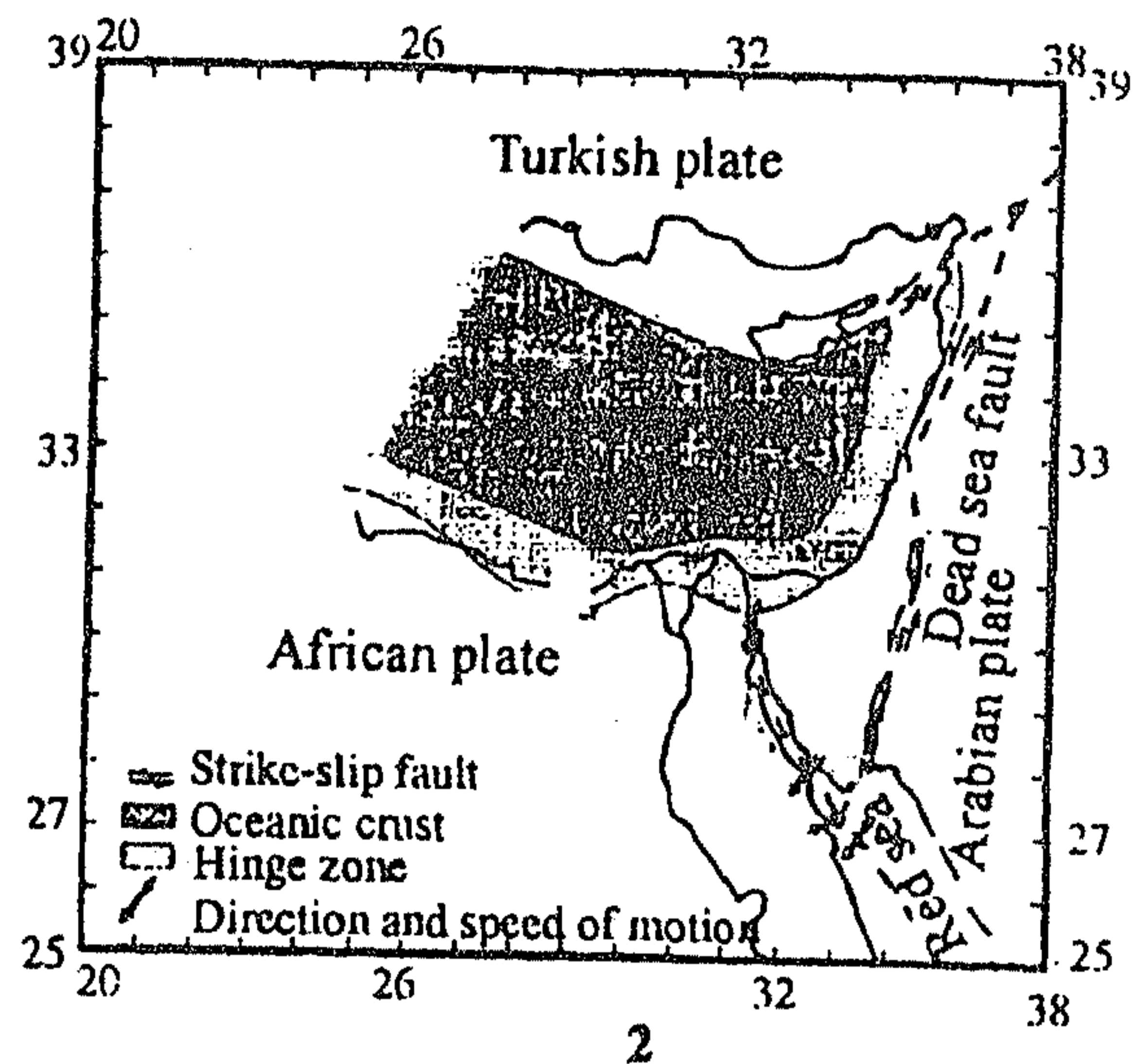
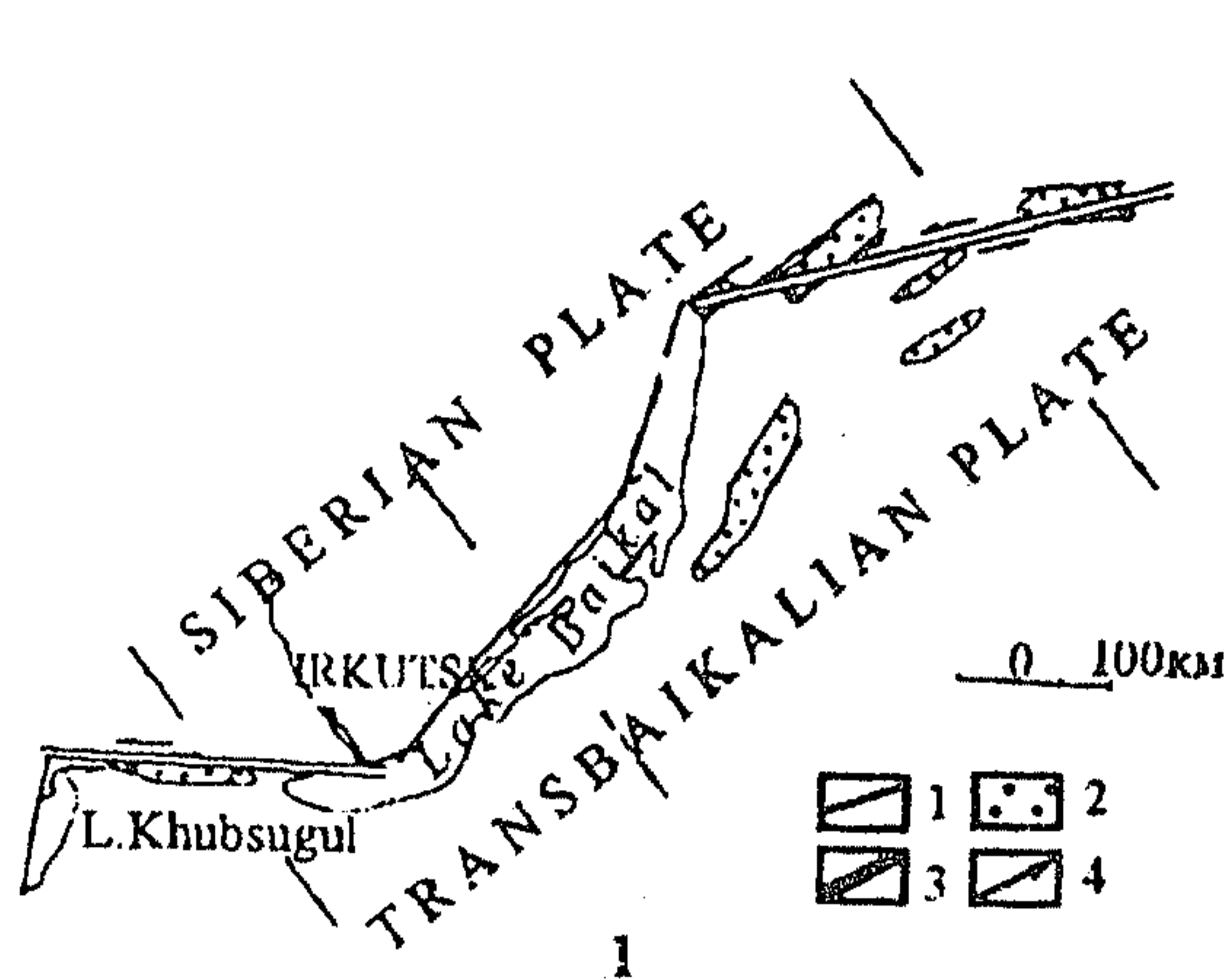
Рифтовые зоны (РЗ) являются одними из определяющих структур континентальной литосферы. Реликты древних и структуры современных РЗ свидетельствуют об идентичности их зарождения и развития [1, 2]. Ю.Г. Леонов [3] обобщил данные о сдвиговых деформациях в континентальных РЗ и показал, что практически все древние и современные рифты характеризуются наличием сдвиговых смещений, а в современных РЗ присутствует и сдвиговая составляющая современного поля напряжений. Детальные исследования кинематики разломов и полей напряжений в Байкальской РЗ [4, 5 и др.] не только доказывают обоснованность заключений Ю.Г. Леонова [3], но и расширяют наши представления о роли сдвиговой тектоники при формировании континентальных рифтов.

Анализ геолого-структурной обстановки активных современных РЗ Азии (Байкальской [4, 5 и др.], Левантской [6–8], Шаньси [9]) указывает на интенсивное развитие сдвиговой тектоники на фланговых окончаниях РЗ. Ее общим результатом является хорошо известная S-образная форма большинства континентальных РЗ Азиатского континента (рисунок).

Проявление сдвиговых деформаций на флангах континентальных РЗ носит сложный характер. В Байкальской РЗ они развиваются как трансформные разломы. Об этом свидетельствует существенный набор признаков [5]. Так, северо-восточный фланг Байкальской РЗ контролируется сложной серией субширотных разломов, образующих подвижный ослабленный пояс земной коры длиной более 500 км и шириной до первых десятков километров. По большинству разломов, особенно крупных, фиксируются левосторонние сдвиговые смещения. Вдоль оси подвижного пояса располагается серия рифтовых впадин и зафиксированы эпицентры наиболее сильных землетрясений региона.

Аналогичная ситуация отмечается и для юго-западного фланга Байкальской РЗ. Здесь Тункинский трансформный разлом формирует крупную структурную зону, предопределяющую современные геологические процессы и геоморфологические очертания местности. Зона подчеркивается повышенной плотностью региональных разломов и тектонической трещиноватости, приуроченностью к ее оси серии рифтовых впадин, эпицентров наиболее сильных землетрясений и локальных концентраций эпицентров слабых очагов. На западе фланга в широтном направлении описываемая зона прослеживается как единый крупный разлом с левосторонним сдвиговым смещением.

¹ Институт земной коры (ИЗК) СО РАН, Иркутск, Россия



Структурные схемы основных континентальных рифтовых зон Азии.

1. Байкальская рифтовая зона [4]: 1 – главные разломы; 2 – впадины, 3 – трансформные разломы, 4 – вектор главных растягивающих напряжений; 2. Красноморско-Левантская рифтовая зона в современной кинематической модели Африканской, Аравийской плит и Синайской субплиты [7]; 3. Формирование рифта Мертвого моря в связи с развитием Красноморского рифта [11]; 4. Рифтовая зона Шаньси [9]: 1 – сбросы, 2 – взбросы, 3 – сдвиги, 4 – вулканы, 5 – границы впадин

Анализ полей напряжений по геолого-структурным и сейсмологическим данным [4 и др.] показал, что ориентировка векторов растяжения на флангах Байкальской РЗ не является типично рифтовой: они субгоризонтальны и ориентированы в направлении СЗ-ЮВ, т.е. диагонально к простиранию основных морфоструктур и генеральных разломов. Подобное напряженное состояние обеспечивает развитие сдвигов на флангах Байкальской РЗ.

Аналогичная ситуация фиксируется по Левантскому разлому, который рассматривается как трансформный [6–8]. Его южный конец начинается в Эйлатском заливе Красного моря, северный затухает у Анатолийского разлома. Левантский разлом отделяет Синайскую субплиту от Аравийской плиты и контролирует рифт Мертвого моря, а также другие

меньшие по размерам рифтогенные бассейны. По этой причине совокупность разрывных и впадинных структур, контролируемых Левантской разломной зоной, часто называют Левантским рифтом [10, 11]. Прямая связь с рифтом Красного моря, великолепно выраженная структурная позиция как межплитной границы, сочетание большеамплитудных сдвиговых смещений с сейсмичностью дали полное основание ряду исследователей рассматривать Левантский разлом как трансформный [6–8] или как пул-аппарт структуру [12]. При таком подходе структурное сочетание Красноморский рифт – Левантский разлом, повернутое против часовой стрелки на 90° , становится полным структурным подобием сочленения оз. Байкал с Тункинским рифтом. Обсуждая вопрос о структурной позиции рифта Мертвого моря как депрессии, контролируемой трансформным разломом, или как центра косоугольного спрединга, Й. Март [10] уверенно склоняется ко второй модели. Это связано с тем, что вектор одного из главных напряжений образует с Левантским разломом угол, обеспечивающий сдвиговую и раздвиговую составляющие смещений. Трансформный разлом по своему генезису контролирует рифт Мертвого моря и другие более мелкие впадины.

Прекрасным примером трансформного ограничения континентальных РЗ может явиться РЗ Шаньси в Китае [9 и др.]. Ее структурная форма S-образна, фланги контролируются левосторонними сдвиговыми зонами, что особенно отчетливо прослеживается на юго-западном окончании рифта Шаньси.

Фланговые окончания других континентальных РЗ Азии подобны описанному: они образуют небольшой угол с основным простиранием РЗ, контролируются дорифтовой разломной зоной, активизированной во время рифтогенеза сдвиговыми и сбросо-сдвиговыми движениями, приведшими к формированию цепочечной серии впадин и разграничивающих их перемычек. Процесс сопровождается сейсмичностью и вулканизмом. Одно из принципиальных отличий континентального рифтогенеза от океанического заключается в структурной позиции и значимости трансформных разломов при рифтогенезе. В океанических РЗ они формируются синхронно рифтогенезу, способствуют сегментации РЗ, смещают сегментированные отрезки по законам среза с точки зрения механики. Первичные разрывы, впоследствии определяющие пространственное развитие океанического рифтогенеза, зарождаются и формируются в однородной среде и, как правило, перпендикулярны векторам растяжения. Континентальные РЗ зарождаются в первичногетерогенном субстрате, нарушенном разломами. Наиболее протяженные из разломов, направления которых легко реализуют растягивающие напряжения, определяют пространственное развитие континентальных РЗ и их форму. Поскольку в дорифтовой структуре фундамента РЗ уже существовала основная сетка разломов литосферы (диагональных и широтных направлений в случаях РЗ Байкальской и Шаньси, меридиональная и широтная – в Средиземноморье), постольку ограничено устойчивое простирание континентальных рифтов. Более того, дорифтовые разломы, определяющие простирание

флангов континентальных РЗ, в процессе рифтогенеза модифицируются в сдвиго-раздвиговые разновидности. Соотношение простирания регионального вектора растяжения и трансформных фланговых разломов предопределяет размеры, форму и ориентировку рифтовых впадин на флангах РЗ. При угле, близком к 45° , образуются косые рифты, при меньших углах – превалирует сдвиговое смещение. Современные косые рифты на флангах континентальных РЗ – контролируемые трансформными разломами окончания континентальных рифтов.

Исследования поддержаны РФФИ, проекты №№01-05-64485, 01-05-97226.

Литература

1. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах). М.: Недра, 1983. 280 с.
2. Хаин В.Е. Региональная тектоника. М.: Недра, 1979. 370 с.
3. Леонов Ю.Г. Континентальный рифтогенез: современные представления, проблемы и решения // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 155–173.
4. Sherman S.I. Faults and tectonic stresses of the Baikal rift zone // Tectonophysics, 1992. V. 208, №1/3. P. 297–307.
5. Шерман С.И., Леви К.Г. Трансформные разломы Байкальской рифтовой зоны и сейсмичность ее флангов // Тектоника и сейсмичность континентальных рифтовых зон. М.: Наука, 1978. С. 7-18.
6. Копп М.Л., Леонов Ю.Г., Аджамян Ж. Деформация запада Аравийской плиты как результат сдвиговых перемещений по Левантскому разлому // Геотектоника. 1994. № 3. С. 61–76.
7. Badawy A., Horvath F. The Sinai subplate and tectonic evolution of the northern Red Sea region // Geodinamics. 1999. V. 27. P. 433–450.
8. Garfunkel Z. Internal structure of Dead Sea Leaky transform (rift) in relation to plate kinematics. // Tectonophysics. 1981. V. 80. P. 81–108.
9. Xu Xiwei, Ma Xingyuan. Geodynamics of the Shanxi rift system, China // Tectonophysics. 1992. V.208, N 1/3. P. 325–340.
10. Mart Y. The Dead Sea rift, a leaky transform fault or an oblique spreading center: a short review // Africa Geosci. Rew. 1994. V. 1, N 4. P. 567–578.
11. Mart Y., Rabinowitz P.D. The northern Red Sea and the Dead Sea rift // Tectonophysics. 1986. V. 124. P. 85–113.
12. Freund R., Garfunkel Z., Zak I. et al, The shear along the Dead Sea Rift // Phil. Roy. Soc., London. 1970. V. 267. P. 107–130.

В.С. Шкодзинский¹

Стадии образования и эволюции континентальной литосферы (модель глобального магматического фракционирования)

Крупным достижением планетологии последних десятилетий является получение убедительных доказательств горячего образования планет земной группы и существования на них глобальных океанов магмы. Первые

¹ Институт геологии алмаза и благородных металлов (ИГА и БМ) СО РАН, Якутск, Россия