Р. М. ЛОБАЦКАЯ, С. И. ШЕРМАН

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ РАЗЛОМОВ

Разломы играют большую роль в структуре земной коры и являются достаточно хорошо изученными геологическими объектами. Известны за­кономерности их глобальной ориентировки, морфогенетическая класси­фикация, взаимоотношения некоторых параметров, роль в структурном контроле и локализации магматических, метасоматических рудных и нерудных тел и ряд других характеристик.

Неоспоримое прикладное зпачение имеют разломы в контролировании рудных полей, отдельных месторождений и тел.

Значительный вклад в исследование закономерностей формирования рудоконтролирующих разломов внесен советскими геологами (Г. Д. Ажгиреем, В. В. Белоусовым, В. С. Буртманом, Ф. И. Вольфсоном, М. В. Гзовским, В. К. Гавришом, В. И. Казанским, А. В. Королевым, И. П. Кушнаревым, А. Е. Михайловым, В. А. Невским, Е. И. Паталахой, А. В. Пейве, А. И. Суворовым, Е. И. Смеховым, И. Н. Томсоном, В. Е. Хаиным, И. И. Чебаненко и др.). Известен ряд работ, посвященных эксперимен­тальным и теоретическим исследованиям образования разрывных нарушений. В последние годы все шире используются количественные методы изучения разрывных и складчатых структур (работы А. В. Вихерта, М. В. Гзовского и его коллег, М. В. Раца, С. И. Шермана). Это в значи­тельной степени связано с необходимостью совершенствования методов детального количественного прогнозирования для оценки перспектив руд­ных полой и месторождений и направления поисковых работ, особенно в случае скрытого оруденения. При изучении структур рудных полей и месторождений большое внимание уделяется систематике разломов но масштабам, истории развития, строению (исследования В. Ф. Чернышева, В. А. Невского, В. И. Казанского и др.).

Установлено, что контроль разломами эндогенных рудных месторож­дений, развитых в верхних и нижних структурных этажах земной ко­ры, осуществляется неодинаково. Так, например, месторождения верхних структурных этажей приурочены к сравнительно мелким разломам опере­ния крупных разрывных структур и редко встречаются непосредственно в последних. Месторождения нижних структурных этажей, развитые в по­родах кристаллического фундамента, где формирование крупных разло­мов подчинено принципиально иным закономерностям, чаще всего приуро­чены непосредственно к крупным разломам [Вольфсон Ф. И. и др., 1969; Структурные условия..,, 1973; Геологические структуры..., 1978]. Это в некоторой степени касается и месторождений различной специализации. А. А. Малахов (1970), рассматривая вопрос о глубинах формирования эн­догенных месторождений Тянь-Шаня, отмечает, что семейства карбонатно-кварц-серебро-свинцовых, кварц-золото-серебряных, серицит-кварц-золото-медных и других формаций размещаются чаще всего в трещинах оперения крупных разломов и зонах дробления. В то же время семейства кварц-барит-флюорит-свинцовых жил колчеданно-полиметаллических фор­маций приурочены непосредственно к зонам крупных разломов. В первом случае глубина формирования месторождений в среднем 300—600 м, во втором — 1000—1400 м. Детальные исследования по определению специ­ализации и концентрации оруденения, проведенные в последние годы, по­казали, что если в первом случае роль разломов ничтожна, то во втором она занимает ведущее место. Одним из основных структурно-геологиче­ских факторов образования крупных и уникальных месторождений явля­ется наличие мест пересечения определенных систем линейных глобаль­ных дислокаций с рудными поясами [Фаворская М. А. и др., 1974; Том- сон И. Н., Полякова О. П., 1979]. В пределах Южной и Северной Аме­рики они имеют преимущественно широтную ориентировку, в значитель­ной части Евразии и в Африке — меридиональную. В то же время кон­троль небольших месторождений соответствующего состава подчиняется принципиально иным закономерностям. Однако и здесь места пересече­ния разрывов различного типа не остаются индифферентными к локали­зации рудного вещества. Значительная часть структур эндогенных месторождений определяется сочетанием крутопадающих секущих трещин с зо­вами полого залегающих разрывных нарушений [Королев А. В., Шехтман П. А., 1954, 1965; Структурные условия..., 1973].

В советской и зарубежной литературе существуют исследования ре­гионального плана, где достаточно подробно обсуждается рудоконтролирующая роль разломов, однако эта проблема остается далеко не исчерпан­ной. Так, трудов, посвященных конкретным закономерностям размеще­ния оруденения в зонах разломов, пока еще мало. В ряде работ упоми­нается о важной роли структурной зональности (среди типов которой вы­деляются продольная, поперечная и вертикальная) в размещении оруденения как одного из вeдyщиx факторов зонального размещения оруденения и сопутствующей ему минерализации [Лукин Л. И. и др., 1978]. Однако характерные черты этой зональности в пределах месторождений различ­ного типа практически но обсуждаются, поскольку и сами зоны разломов, и особенности присущей им геолого-структурной зональности мало иссле­дованы. Приразломные крылья нужно рассматривать как своеобразные структуры, отличающиеся друг от друга. Некоторая необычность явления заключается в том, что крыло — неотъемлемая структурная часть (деталь) разлома: без крыльев нет разломов.

Никогда раньше мы не пытались рассмотреть крылья разломов в срав­нении, однако детальные исследования показали важность такой задачи. В настоящее время существуют лишь ориентировочные классификации крыльев разломов (поднятое — опущенное, активное — пассивное, пра­вое — левое и т. д.) без анализа процессов в крыльях и формирующихся сопутствующих структурах как дизъюнктивных, так и пликативных, в то время как полевые наблюдения н экспериментальные данные показыва­ют, что приразломные зоны представляют собой блоки со сложным стро­ением, оформленные разнопорядковыми и разноориентированными раз­рывами оперения, а часто и специфическими приразломными пликативными структурами. Характер оперения неодинаков не только у разломов различных кинематических типов (сброс, взброс, надвиг, сдвиг), но даже в пределах одного и того же разлома как вдоль, так и вкрест его прости­рания, что в значительной степени сказывается на закономерностях раз­мещения магматических и рудных тел в зоне разлома.

Под поперечной структурной зональностью разломов принято понимать закономерное размещение в пространстве различно деформированних гор­ных пород относительно главного шва разрыва; под продольной — зако­номерное усложнение внутреннего строения от флангов к центру; под вер­тикальной — изменение с глубиной внутреннего строения разломов, осо­бенностей трещиноватости и морфологии рудных тел [Лукин Л. И. и др., 1978]. Таким образом, одним из аспектов проблемы размещения и зональ­ности рудных объектов различного типа является решение вопросов струк­турной зональности рудоподводящих, рудораспределяющих и рудовмещающих разрывов в пределах рудных полей и месторождений различных геотектонических областей, отличающихся как типом рудной специали­зации, так и характером тектонического режима.

Исследование структурной зональности разломов сводится к реше­нию ряда проблем. Первая из них требует определения характера раз­дробленности земной коры по обе стороны от осевой (шовной) зоны разло­ма. Формирование любой региональной разрывной структуры сопровож­дается, как известно, возникновением в зоне ее влияния значительного числа сопутствующих (оперяющих) разрывов, а часто и различного рода приразломных пликативных структур. Общие схемы размещения оперя­ющих структур для разломов различных кинематических типов частично рассматривались ранее [Структуры..., 1960; Стоянов С. С., 1977; и др.].

Однако за пределами внимания остались такие важные вопроси в изучении структурной зональности разломов, как соотношение плотностей оперяющих разрывов в поднятом и опущенном (или активном и пассивном) блоках; характер изменения плотностей оперяющих разрывов в крыльях разломов на равном удалении от осевой плоскости; преобладающие ори­ентировки оперяющих разрывов в разных крыльях; изменение их кине­матических характеристик и влияние амплитуд смещений (вертикальных, горизонтальных) на ширину зоны сопутствующей трещиноватости; форма, размеры, ориентировка пликативных дислокаций в крыльях, ширина зоны сопутствующей приразломной складчатости в зависимости от кине­матического типа того или иного разлома.

Большое прикладное значение имеет ширина зон динамического влияния разломов, пропорциональная в первую очередь длине разлома [Шерман С. И., 1977], во вторую — амплитуде смещения [Otsuki К., 1978]. Сейчас есть серьезные основания полагать, что зона динамического вли­яния разломов при равных названных выше условиях зависит еще от глу­бины проникновения разломов, их кинематического типа и способа образо­вания, а также мощности «разрушающейся» коры. С увеличением мощности коры увеличивается зона динамического влияния разломов. Различную зону динамического влияния имеют надвиги и сбросы, круто-и пологопадающие разломы, В последем случае зона динамического влияния будет различной в висячем и лежачем крыльях, в крыльях, расположенных над плоскостью сместителя и под ней.

При решении перечисленных вопросов необходимо учитывать, веро­ятно, ранг исследуемого разлома (его структурно-системную характерис­тику), характер тектонического режима области (платформенный, орогенный) и ряд других процессов. Нельзя ограничиваться лишь традицион­ным качественным описанием структур. Как отмечает Б. И. Смирнов (1978), недостаточно описать, пусть детально и тщательно, разные стороны и свойства сложного геологического объекта, необходимо, кроме того, вскрыть их взаимосвязи и между собой, и со средой, Одна из возможнос­тей установления взаимосвязей между свойствами разломов — определе­ние их количественных параметров. Под количественными параметрами разрывных нарушений принято понимать численное выражение их длины, глубины проникновения, ширины зоны влияния, амплитуды и знака сме­щения, густоту отдельных систем трещин, процент относительного разви­тия и некоторые другие величины [Шерман С. И,, 1977].

К настоящему времени проведен достаточно широкий круг исследо­ваний по определению количественных параметров разломов, в результате детального изучения которых в пределах различных регионов получены эмпирические уравнения взаимосвязи между отдельными из них: длиной и глубиной проникновения в земную кору (Шерман С. И., Лобацкая Р. М., 1972, 1973], между длиной и амплитудой смещений [Рац М. В,, 1965; Ружич В. В., 1972; Лобацкая Р. М., 1979; Herve J. С., Cailleux А., 1962], длиной и шириной зоны влияния [Шерман С. И., 1977], между частотой встречаемости оперяющих разрывов и шириной нарушенной ими полосы [Стоянов С. Е., 1977] и ряд других соотношений [Шерман С. И., 1977; Лобацкая Р. М., 1979; Рац М. В., 1962; Лобацкая Р. М., Намолова М. М., 1979, Otsuki К,. 1978, Beach А., Jaggues А., 1975].

Перечисленные эмпирические зависимости достаточно хорошо отража­ют закономерности разрушения земной коры различных регионов, но при этом не дают исчерпывающего ответа на многие вопросы, возникающие в процессе изучения разрушения земной коры непосредственно в зонах разломов. В то же время именно количественные параметры разрывов, отражающие закономерности их внутренней структуры, могут открыть пути локальному количественному прогнозированию рудных объектов, связанных с разломами. Это в равной степени касается как анализа раз­мещения эндогенных место рождений, так и анализа пострудной тектоники на месторождениях любого типа. Попыткой определения количественных параметров оперяющих разрывов являются исследования автора, прове­денные в зонах крупных разломов северо-восточного фланга Байкаль­ской рифтовой зоны [Лобацкая Р. М., Намолова М. М., 1979]. Здесь было установлено закономерное изменение длины оперяющих локальных раз­рывов, параллельных региональному (генеральному) разлому, по мере их удаления от осевой плоскости последнего. Статистические исследова­ния показали, что длины параллельных разрывов оперения растут с уве­личением расстояния до осевой плоскости основного разлома. Этот вывод, несомненно, требует подтверждения в других регионах, однако если он окажется справедлив для зон рудоносных разломов, то, вероятно, позволит бо­лее точно прогнозировать местоположение рудных объектов, связанных с разломами оперения определенного порядка.

Следующая задача в изучении локальных закономерностей развития разрывных нарушений сводится к определению кинематических характе­ристик того или иного разлома; специфики оперяющих структур и движе­ний, которые, в свою очередь, теснейшим образом связаны с напряженным состоянием земной коры. Реакция земной коры на распределение напряже­ний сказывается как на формировании в целом сети крупных разломов земного шара, так и внутренней структуры отдельных разломных зон. Анализ сети разломов различных регионов показывает, что, несмотря на резкие отличия геологического строения, в каждом из них проявляется одинаковое число зон разноориентированных разломов. Как отмечает В. С. Буртман (1978), это обстоятельство обусловлено тем, что земная кора обладает свойством дискретности по отношению к сколовой деформации, в связи с чем максимальное число систем разломов ограничивается четырьмя или шестью направлениями в зависимости от способа приложе­ния сил.

Не менее значительную роль играет распределение напряжений при формировании каждого из разломов различных кинематических типов. Исследования доказывают неравномерное распределение напряжений в разных крыльях разломов [Гзовский М. В., 1975, Стоянов С. С., 1977; Поля напряжений..., 1979; и др.], что, естественно, определяет специфику сопутствующей трещиноватости. Моделирование процессов в зонах над разломами фундамента позволило выявить некоторые характерные черты их разрушения, являющиеся следствием напряженного состояния в этих зонах. Так, А. С. Григорьевым и его коллегами (1979) установлено, что в подразломной зоне следует ожидать наибольшего возмущения началь­ного поля напряжений, вследствие чего непосредственно над разломом фундамента возникает участок, сильно расчлененный трещинами скола и отрыва. В то же время экспериментальные данные указывают на различ­ный характер развития трещиноватости в активном (опускающемся) и пассивном блоках. В первом случае трещиноватость развивается снизу вверх и, объединяясь, образует один, иногда два разрыва. В пассивном же блоке, напротив, формируются главным образом трещины отрыва, раз­вивающиеся сверху вниз и с глубиной постепенно затухающие. Естест­венно, что в природных геологических условиях такая ситуация способ­ствует развитию в активных и пассивных крыльях разломов оперяющих структур с различными кинематическими и количественными характери­стиками. Так, если следовать известным соотношениям о длине и глубине разрывных нарушений [Шерман С. И., Лобацкая Р. М., 1973], можно пред­положить, что в активном крыле будут развиваться более протяженные (и более глубоко залегающие согласно данным экспериментальных тео­ретических исследований) разрывы, в пассивном — более короткие раз­рывы, преимущественно сбросового типа, распространяющиеся на значительно меньшую глубину. Это предположение, имеющее чрезвычайно большое практическое значение, требует подтверждения конкретными фактами.

О неоднородности распределения напряжений, в частности, в зонах скалывания, свидетельствуют исследования С. С. Стоянова (1977). Изу­чение им лобовых участков зон сколов дало возможность выявить в рас­пределении напряжений закономерно расположенные секторы сжатия и растяжения, влияющие на формирование структур второго порядка. На­личие этих секторов и их местоположение подтверждаются но только экс­перимента данными, но и полевыми наблюдениями. Данные, приведенные в упомянутой работе, кроме того, наглядно показывают, что разрывы оперения в крыльях, даже в зонах скалывания (сдвиги), где оба крыла, на первый взгляд, претерпевают однородные деформации, чаще всего не яв­ляются зеркальным отражением — для каждого из них характерен свой рисунок разрывов второго порядка. Более сложно должны быть устрое­ны при прочих равных условиях зоны сбросов, взбросов и надвигов, од­нако детали структурообразования разрывов второго порядка для разломов этих кинематических типов пока еще остаются неизученными.

Следующая из задач в изучении структурной зональности рудоносных разломов связана с выяснением соотношений между структурными эле­ментами зоны разлома и размещения магматических тел и рудных объек­тов. т. е.. в конечном итоге, с определением характерных закономерностей собственно структурной зональностью того или иного месторождения (рудного поля) по отношению к рудоконтролирующему разлому или их группе. Так, В. В. Богацким с соавторами (1976) показано, что прояв­ления золота, ртути и некоторых других рудных концентраций Кузнец­кого Алатау и Восточного Саяна связано с некоторыми оптимальными уровнями плотности разрывов. Достаточно подробно рассмотрена приуро­ченность рудных тел к трещинам различного масштаба, морфологии и гене­тической природы В. А, Невским. Им выделено 16 типов рудных тел эндо­генных месторождений, из которых 11 связано с крупными трещинами и 5 с зонами мелкой трещиноватости. При этом особо подчеркивается, что многие генетические типы трещин оказывают существенное, а часто и ре­шающее влияние на морфологию, условия залегания рудных тел и закономерности размещения в них оруденения. Так, с местами пересечения и сопряжения крупных тектонических трещин связаны столбо-и гнездо- образные тела многих ртутных и сурьмяных месторождений, в то время как редкометальные линейные макроштокверки чаще всего приурочены к зонам сгущения крупных трещин между сближенными параллельными разломами, а простые и сложные жилы и жилообразные тела золоторуд­ных месторождений с зонами скалывания [Невский В. А., 1979].

Совершенно очевидно, что при определении структурных критериев размещения рудных концентраций в зонах разломов вряд ли можно огра­ничиться качественными описаниями. Соотношения между структурными и рудными параметрами должны быть выражены эмпирическими уравнениями взаимосвязи, которые, выявляя общие закономерности, позволят делать более строгий локальный прогноз. Следовательно, еще одна зада­ча. связанная с поставленной проблемой — совершенствование методов количественного анализа как самих разрывных структур, так и их взаимо­связей с размещением рудных концентраций. Вопросы методического пла­на, как и перечисленные выше, разработаны весьма фрагментарно и тре­буют доработки, особенно это касается методики количественного подхо­да к изучению разрывов. Наряду с полевыми геолого-структурными ме­тодами и дешифрирования аэрофотоснимков, значительное место могут занять пространственно-статистический анализ с использованием разно­масштабных геологических и топографических карт, схем дешифрирова­ния космоснимков, успешно разрабатываемый в последние годы В. В. Ботацким и его коллегами (1976), тектонофизические методы исследования [Гзовский М. В., 1975; Гущенко О. И., 1973; Николаев П. Н., 1977; Поля напряжений..., 1979; и др.], методы математической статистики в изуче­нии параметров разрывов [Шерман С. И., Лобацкая Р. М., 1980].

Подводя итог краткому обзору вопросов изучения структурной зональности разломов, необходимо еще раз ограничить круг основных за­дач, направленных на их решение: 1) изучение характера раздробленности земной коры но обе стороны от осевой линии разлома; 2) изучение после­довательного формирования полей напряжений в крыльях разломов раз­личных кинематических типов; 3) установление закономерностей разме­щения магматических тел (жил, даек и др.) и рудных концентраций в крыль­ях рудоконтролирующих разломов; 4) экспериментальные исследования специфики зон дробления в крыльях разломов различных кинематических типов, связи зон дробления с параметрами основного шва с толщиной (мощностью) разрушаемой модели. Последовательное решение этих воп­росов имеет важное теоретическое и практическое значение. В первом слу­чае оно внесет вклад в наши представления о механизме разрушения зем­ной коры, во втором - пополнит данные о закономерностях рудоотложе- ния в зонах разломов.

ЛИТЕРАТУРА

Богацкий П. В., Коллеганов Ю. М., Суганов Б. И. Пространственно-статистический анализ геологического строения и размещения полезных ископаемых. М., Недра, 1976. 106 с.

Буртман В. С. Стационарная сеть разломов континента и мобилизм,—Геотек- тоника. 1978, № 3. с. 21—29.

Вольфсон Ф. И., Лукин Л. М., Чернышев В. Ф, и др. Структурные условия ло­кализации гидротермального оруденения в различных структурных этажах. — В кн.: Проблемы геологии минеральных месторождений петрологии и минералогии М., Наука, 1969, с. 107—120.

Геологические структуры эндогенных рудных месторождении. М., Наука,

1978. 240 с.

Гзовский М. В. Основы тектонофизики. М., Наука, 1975, 536 с,

Григорьев А. С., Михайлова А. С., Шахмурадова 3. Е. О кинематических харак- теристиках движения дневной поверхности и напряженном состоянии осадочного чех­ла в зонах над разломами фундамента.- Физика Земли, 1979, № 1, с. 3—20.

Гущенко О. М. Анализ ориентировок сколовых тектонических смещений и их тектонофизических интерпретаций при реконструкции палеонапряжений.— Докл. АН СССР, 1973. т. 210. № 2, с. 1140-1144.

Королев А. В., Шехтман П. А. Послемагматические рудные тела и методы их геологического анализа. М., Госгеолтехиздат, 1954. 114 с.

Королев А. В., Шехтман П. А. Структурные условия размещения послемагмати- ческих руд. М., Недра, 19G5. 508 с.

Крейтер В. М. Некоторые основные вопросы изучения структур рудных полей и месторождений. М., Металлуриздат, 1947, с. 49-63,

Лобацкая Р. М. Разрывные нарушения верхней части земной коры Байкальской рифтовой зоны, Автореф, канд. дис. М., 1979. 24 с.

Лобацкая Р. М., Намолова М. М. Закономерности развития впадин северо-вос­точного фланга Байкальской рпфтовой зоны,- Геол. и геофиз., 1979, № 11.

Лукин Л. И., Вольфсон Ф. И., Королев В. А., Невский В. А. Структурные усло­вия локализации рудообразования — состояние проблемы и пути дальнейших исследований.—В кн.; Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. М., Наука, 1978, с. 380—420.

Малахов А. А. О глубинах формирования эндогенных месторождений Тянь-Ша­ня.-В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 9, М., Наука, 1970, с. 81—100.

Намолов Е. А. Тектонические условия формирования и закономерности морфо­логии рудовмещающих разрывов ирокиндинского рудного поля (Западное Забай­калье).— В кн.: Тектоника и металлогения Забайкалья. Улан-Удэ, 1979,

Невский В. А, О внутреннем строении разломов.— Геотектоника, 1967, № 1.

Невский В. А. Трещинная геотектоника рудных полей и месторождений. М., Недра, 1979. 224 с.

Непупов А. В., Кучма В. Т. О тектонической раздроблености земной коры,— Докл, АН СССР. 1977, т. 322, № 6.

Николаев П. Н. Методика статистического анализа трещины и реконструкция полей тектонических напряжений.— Изв. вузов. Геол. и разведка, 1977, № 12, с. 103-115.

Поля напряжений и деформаций в литосфере. М., Наука, 1979, 225 с.

Рац М. В. К вопросу о зависимости густоты трещин от мощности слоя.— Докл. АН СССР, 1992, т. 144, № 3, с. 622-625.

Рац М. В. К проблеме роста разрывов и их связи с землетрясениями.— Бюлл. МОИП. отд. геол., 1965, № 6, с. 136—137.

Ружич В. В. Разломы юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны и не­которые вопросы их формирования. Автореф. канд. дис, Иркутск, 1972, с. 24.

Смирнов Б. П. Системно-структурные исследования в геологии,—Геология и геохимия горючих ископаемых, 1978, № 51, с. 81—87.

Стоянов С. С. Механизмы формирования разрывных зон. М., Наука, 1977. 144 с.

Структурные условия формирования эндогенных рудных месторождений. М., Наука 1973. 164 с.

Структуры рудных полей и месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1960. 560 с,

Томсон И. Н., Полякова О,.П. О критериях оценки масштабности рудных место- рождений.- Изд. АН. СССР, Сер. геол., 1979, № 6, с. 93-106.

Фаворская М. А., Томсон И. Н., Баскина В. А., Волчанская Н. К.. По­лякова О. П. Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений. М., Недра, 1974. 193 с.

Шерман С. И. Физические закономерности развития разломов земной коры, Но- восибирск. Наука, 1977, 102 с.

Шерман С. И., Лобацкая Р. М. О корреляционной зависимости между глубиной залегания гипоцентров и длиной разрывов в Байкальской рифтовой зоне.— Докл. АН СССР, 1972, т. 205, 3, с. 4.55-460.

Шерман С. И., Лобацкая Р. М. О нижней границе активного проникновения раз- ломов в земную кору.— В кн.: Проблемы тектоники земной коры. Иркутск, 1973, с. 40-48.

Шерман С. И., Лобацкая Р. М. Методика использования количественных пара- метров разломов в структурно-геологических исследованиях. Иркутск, 1980, 53 с.

Beach А. The geomelrv of echelon vein arrays.-Tectonophysics, 1974, v. 28, p. 245—263.

Herve J. C., Cailleux A. Etude quantitative des failles de Pechelhorn (Bas. Rhin) — Cahiers Geologiques, Paris. 1962, p. 68-69.

Otsnki K. On the relationship befween the width of shear zone and the displacement along fault.- The Journ. of the Geolog. Society of Japan, 1978, v. 84, N 11, p. 661—669.

Jaggues A. Sur Panalise des deplacements dus au jen d'une population de failles. Exemples еn Crete (Crece), C. R. Acad. Sc. Paris, t. 280 (Mavril, 1975).