

К. Ф. Тяпкин, М. М. Довбнич, О. К. Тяпкин

РОЛЬ РАЗЛОМОВ ТЕКТОНОСФЕРЫ В СТРУКТУРООБРАЗОВАНИИ И РАЗМЕЩЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

(Рекомендовано д-ром геол.-минерал. наук Л. С. Галецким)

Показано, что разломы земной коры берут участие в образовании поверхностных структур. На основе великих разломов возникают структуры типа геосинклиналей, а разломы больших высших порядков (планетарная трещиноватость) являются основой структурной основы складчатости (за М. П. Биллингсом). Подчеркнуто просторово-генетический зв'язок більшості родовищ корисних копалин з розломами земної кори, а також висвітлено роль розломів у формуванні екологічної обстановки регіонів.

It's shown, that the faults of Earth crust take part in formation of superficial structures. There are structures such as geosynclines on the basis of large faults. And the faults of higher orders (planetary fissures) are the structural basis of the folds (under M. P. Billings). The spatial-genetic connection of the majority of mineral deposits with the faults of Earth crust and also - the role of faults in formation of ecological conditions of regions is underlined.

Введение

Первоначально термином "разлом" исследователи пользовались как обобщенным понятием разрывного нарушения сплошности пород при недостаточности фактических данных для определения его кинематических характеристик [5]. В период господства концепции геосинклиналей и платформ в качестве разломов земной коры принимались разрывные нарушения, возникающие на заключительных этапах формирования геосинклинальных структур, не участвовавших в их образовании, а лишь нарушающих основные формы складчатости. Существенная перестройка в представлениях о разломах земной коры произошла после опубликования серии работ А. В. Пейве [8, 9 и др.], выделившего из всей совокупности разломов особый класс глубинных и наделившего их особыми свойствами — возможностью участия в образовании поверхностных структур. Современные представления о пространственном расположении разломов земной коры (тектоносферы) наглядно иллюстрирует рис. 1.

Кратко их можно охарактеризовать следующим образом [13].

1. Разломы земной коры располагаются не произвольно, а образуют определенные системы. Каждая система состоит из иерархически соподчиненных разломов двух взаимно ортогональных направлений. Пе-

ресечение этих разломов образует соответствующую систему блоков.

2. Схема иерархии разломов в вертикальной плоскости показана на рис. 1, а: часть наиболее крупных из них пересекает всю земную кору и уходит в мантию; некоторые разломы не достигают границы Мохоровичича. При этом, чем крупнее разлом, тем глубже он проникает в мантию. Обобщенная модель крупного разлома изображена на рис. 1, б. На нем видно, что такой разлом не соответствует традиционным представлениям о разрывных нарушениях. Он представляет собой объемную межблоковую структуру, характеризующуюся прямолинейным простиранием, определенной шириной и значительной протяженностью по латерали. Вещественный состав этих структур представлен преимущественно новообразованиями типа метаморфитов, метасоматитов и магматитов. В пределах разломов могут наблюдаться специфическая линейная складчатость и проявление вторичных процессов в виде зон дробления, катаклаза и милонитизации, а также разрывные нарушения.

3. Существенный вклад в изучение закономерностей пространственного распределения разломных структур и их особенностей внесли исследователи планетарной трещиноватости [16 и др.].

Оказалось, что породы, слагающие земную кору, повсеместно разбиты системой ортогональных трещин на блоки размера-

© К. Ф. Тяпкин, М. М. Довбнич, О. К. Тяпкин, 2010

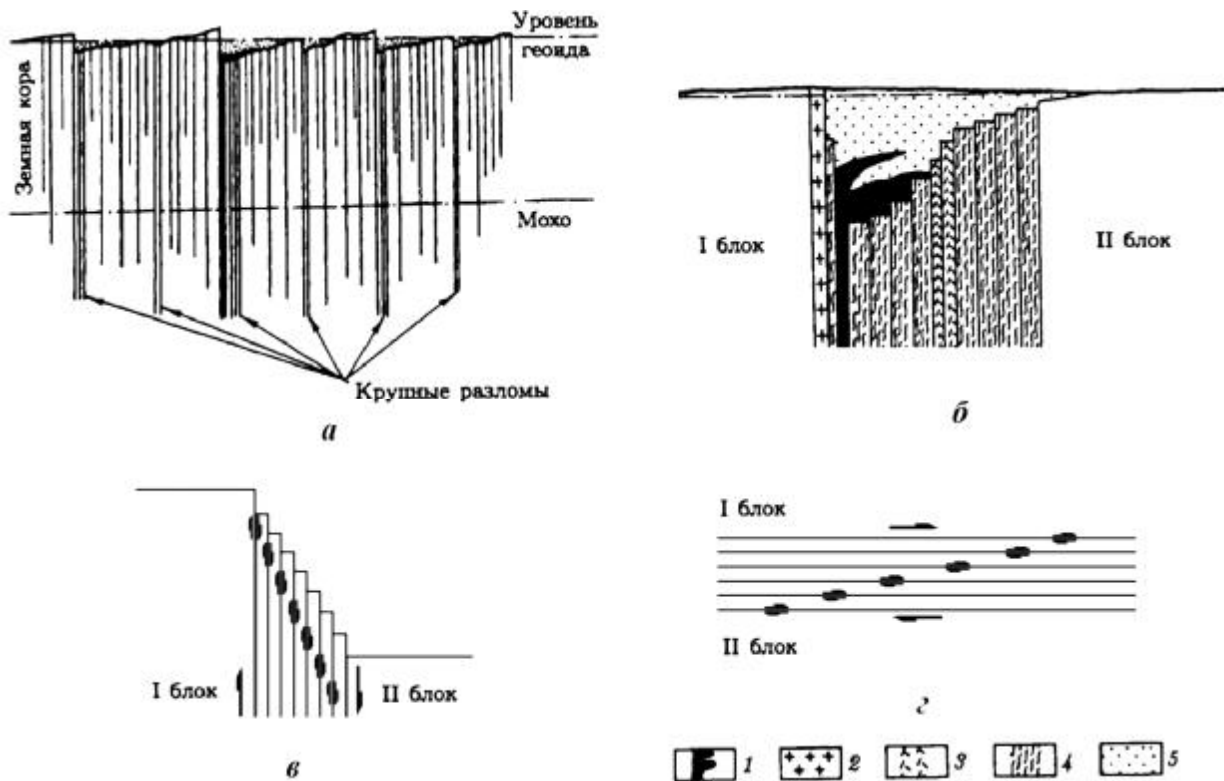


Рис. 1. Разломы земной коры (тектоносферы): а — схема пространственного расположения разломов в вертикальном сечении земной коры; б — обобщенная модель разлома; схемы перемещения блоков по разлому в вертикальном (в) и горизонтальном (г) направлениях

Магматиты: 1 — основного состава; 2 — кислого состава; 3 — зона дробления; 4 — изоклиальная разломная складчатость; 5 — осадочные образования

ми, начиная от сантиметров до десятков, даже сотен километров, т. е. каждая система трещин представляет собой иерархию, которая начинается от микротрещин до глубоких разломов включительно [6, 16]. При этом, как подчеркивает И. П. Гамкрелидзе [1], плоскости планетарных трещин являются механически активными и движения по ним играют значительную роль в деформациях горных пород.

Роль разломов при формировании поверхностных структур. В соответствии с Новой ротационной гипотезой структурообразования, в тектоносфере Земли возникают и постепенно накапливаются ротационные напряжения. При достижении ими значений, равных пределу прочности пород тектоносферы ($n \cdot 10^7$ Па), происходит их разрядка, приводящая к тектоническим активизациям Земли [3, 11]. В результате каждой тектонической активизации образуется система разломов и соответствующая ей система блоков тектоносферы, свойственная только этой активизации. Таким обра-

зом, *разломы тектоносферы (земной коры) представляют собой родоначальные структуры, являющиеся основой формирования всех остальных структур в земной коре.*

Ниже рассмотрена роль разломов при формировании структур типа геосинклиналей (рис. 2).

В середине прошлого столетия J. Moody, M. Hill [18] была предложена новая модель формирования структур типа геосинклиналей на границе двух жестких блоков тектоносферы, разделенных разломом. Суть ее достаточно наглядно видна на рис. 2. При относительном перемещении блоков тектоносферы по разграничивающему их глубинному разлому возникают условия, необходимые для осуществления таких геологических явлений, как *денудация и седиментация*, а также *активизация магматической деятельности*. При положении блоков, изображенном на рис. 2, левый из них является источником денудации, а в пределах правого возникает бассейн для осадконакопления. Гранулометрический состав терригенных

осадков зависит от разности отметок блоков. При проникновении разлома в глубь тектоносферы, находящейся в режиме растяжения, происходит изменение агрегатного состояния вещества тектоносферы. Вещество на этих глубинах, находящееся при большом давлении и высокой температуре в квазитвердом состоянии, начинает плавиться. Это происходит вследствие того, что при проникновении разлома давление резко падает, а температура остается высокой, превышающей точку плавления при вновь установившемся давлении. Расплавленное вещество (магма), увеличенное в объеме на 7—8% по сравнению с исходным, использует глубинный разлом в качестве канала для выхода на поверхность. Так формируется осадочно-магматический комплекс пород при образовании поверхностных структур типа геосинклиналей.

Если говорить о роли разломов при формировании складчатости в разного рода поверхностных структур в земной коре, то следует сделать два существенных замечания.

1. *Источником сил, участвующих в образовании как разломных, так и складчатых деформаций в земной коре, является одно и то же поле планетарных напряжений [12]. Следовательно, закономерности их формирования должны быть подобными.*

2. Традиционные представления об образовании складчатости в пластах горных пород в результате продольного их сжатия или поперечного изгиба особых сомнений не вызывали, так как складчатость считалась преимущественно одноактным образованием. В настоящее время эмпирически установлено во многих районах мира *многоактность и многофазность формирования складчатых структур [2].* В связи с этим в качестве механизма образования складчатости целесообразно принять механизм складчатости скалывания, в свое время предложенный М. Р. Billings [17]. Модель механизма складчатости скалывания приведена на рис. 3, а.

На этом рисунке видно, как одинаковые элементы маркирующего горизонта смещаются вдоль скалывающих трещин, образуя каркас новой структуры. Естественно, это упрощенный вариант. Вариант, более адекватный реальному процессу, по-видимому,



Рис. 2. Простейшая модель формирования структур типа геосинклиналей на границе двух блоков [18]

в качестве скалывающих трещин использует описанную выше планетарную трещиноватость самых высоких порядков, интервалы между трещинами в которой и амплитуды перемещения по этим трещинам характеризуются значениями, позволяющими в конечном счете приводить к деформациям пластов пород в структуры пликативного типа; точнее, получаются структуры, состоящие из пликативных элементов, разделенных разломами разных порядков.

На рис. 3, б приведен один из вертикальных разрезов юрской толщи в Восточном Предкавказье, на котором можно показать необходимость использования механизма складчатости скалывания при формировании реальных структур в осадочной толще. Этот разрез характерен тем, что позволяет сделать определенные выводы не только о реальной нарушенности пластообразного залегания пород в изучаемом районе, но и о современных возможностях выявления этих нарушений. Так, в самом большом интервале между скважинами авторы работы [7] вынуждены были изобразить плавные формы складчатости, хотя имеющиеся несоответствия литологических колонок по крайним скважинам не позволили им обойтись без предполагаемого нарушения неопределенной природы в нижней части разреза. Казалось бы, что при уменьшении интервалов между скважинами такие несоответствия должны уменьшаться, разрез на близких расстояниях должен быть более выдержанным. На самом деле этого нет. На рис. 3, б видно, что как бы ни умень-

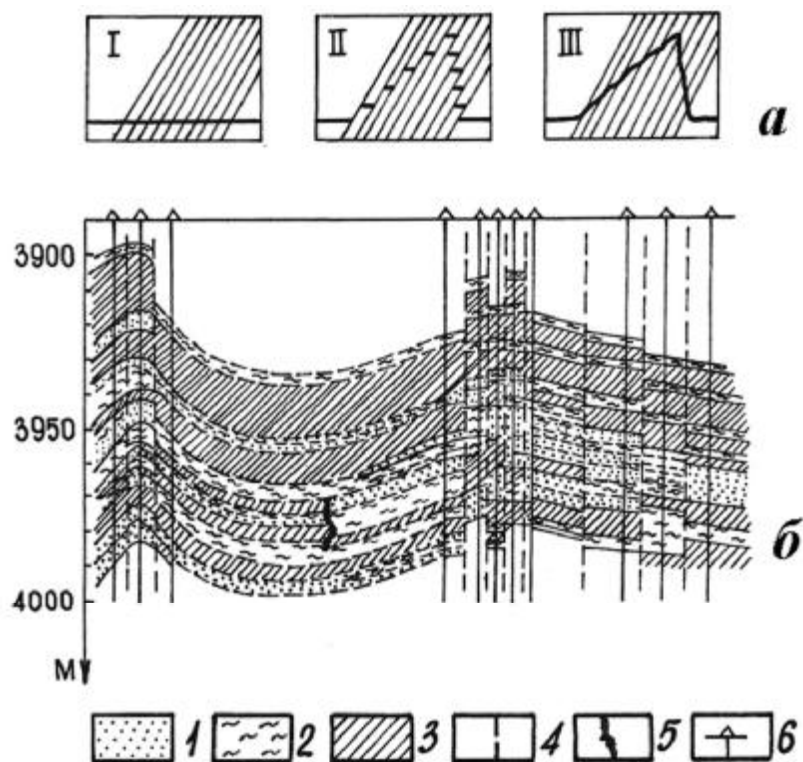


Рис. 3. Схема формирования складчатости скальвания по М. П. Биллингсу (а) и литологический разрез юрской толщи Солончаковского участка Восточного Предкавказья по Ю. А. Стерленко и др. (б)

1 — песчаники; 2 — плотные алевролиты; 3 — аргиллиты; 4 — разрывные нарушения; 5 — предполагаемое тектоническое нарушение неопределенной природы; 6 — скважины

шались расстояния между скважинами при построении разреза в интервалах между ними авторы не могли обойтись без разрывных нарушений. Все это свидетельствует о том, что при изучении деформации осадочной толщи с помощью скважин из-за дискретности данных о серии малоамплитудных разрывных нарушений они вполне могут приниматься за пликативные дислокации. Вместе с тем наличие миниатюрных складчатых форм ни у кого сомнений не вызывает. Следовательно, сближенность трещин скальвания и перемещения по ним могут достигать значений, обеспечивающих образование пликативных форм складчатости.

Разломы и месторождения полезных ископаемых. Ю. А. Косыгин [4], утверждает, что 84% всех известных постмагматических рудных месторождений мира выявлено вдоль разломов или на их пересечениях. А один из постулатов Новой ротационной гипотезы структурообразования гласит [13]: крупные разломы одного порядка в каждой

системе должны иметь определенную металлогеническую специализацию, которая может усложняться в процессе участия разломов или их отдельных фрагментов в последующих тектонических активизациях, а также в результате взаимного пересечения разломами других систем. В основе обеих закономерностей лежит описанное выше участие разломов в образовании магматических расплавов в тектоносфере и последующей транспортировки магм к поверхности земной коры, являющихся основным источником рудного материала. Они могут быть использованы для прогнозирования рудных месторождений.

Оказывается, не только рудные, но и нефтегазоносные месторождения тесно связаны с разломами земной коры, хотя генетическая природа этих связей разная. Рассмотрим ее подробнее. В нефтегазовой геологии месторождениями называют локальные структуры, преимущественно в осадочном теле, способные накапливать и

определенное время удерживать углеводороды. Наиболее распространенными такого рода структурами являются брахиантиклинали и близкие к ним структурные формы, солянокупольные структуры, а также пористые рифогенные массивы карбонатных пород. Все они оказались генетически связанными с активизацией разломов фундамента.

На рис. 4 изображена схема формирования локальных структур антиклинального и родственных им типов в осадочном чехле в процессе активизации крупных разломов фундамента. При этом за основу принят механизм складчатости скалывания. На рис. 4, а видно, что в процессе первого акта, соответствующего подъему правого блока фундамента по разлому, деформируется пласт-коллектор, принимая флексуобразную форму. В процессе второго акта (рис. 4, б), соответствующего смене тектонического

режима, приводящего к изменению направления перемещения блоков по разлому, пласт-коллектор вновь подвергается деформации противоположного характера, но в итоге не возвращается к первоначальной (горизонтальной) форме. Под влиянием остаточной деформации он приобретает форму пологой антиклинали, с амплитудой поднятия значительно меньшей, чем амплитуда первоначальной флексуры, но достаточной для образования резервуара, способного накапливать углеводороды.

В последнее время определенный интерес исследователей вызывают структурные ловушки углеводородов неантиклинального типа: выклинивание пластов-коллекторов или фациальные замещения в пластах-коллекторах, играющих роль экранов. Оба эти явления обусловлены условиями осадконакопления, определяемыми активизацией разломов фундамента (рис. 4, в).

Другой тип нефтегазоносных структур связан с соляными диапирами, которые, как правило, служат экранами для прорываемых ими пластов-коллекторов (рис. 5, а). Роль разломов земной коры при образовании соляных диапиров сводится к следующему. Разломы земной коры являются своеобразными тепловодами. По ним тепло глубинных недр подводится к соленосным горизонтам, нагревая их в местах соприкосновения. Нагретая соль становится более пластичной, способной перемещаться. Кроме того, активизированные разломы фундамента дезинтегрируют осадочную толщу над ними, формируя канал для перемещения соли. Этому процессу способствует статическое давление осадочной толщи, перекрывающей пласт соли.

И, наконец, известен еще один тип нефтяных месторождений, связанных с погретыми коралловыми рифами. Это пористые известняковые образования, в которых были обнаружены крупнейшие нефтяные месторождения. Оказывается, этот тип месторождений также тесно связан с разломами земной коры. Дело в том, что древние коралловые колонии, как и современные, могли образоваться на границе шельфовой и глубоководной частей морского бассейна, а этой границей мог служить только крупный разлом земной коры (рис. 5, б). В Украине все описанные выше типы нефтегазоносных

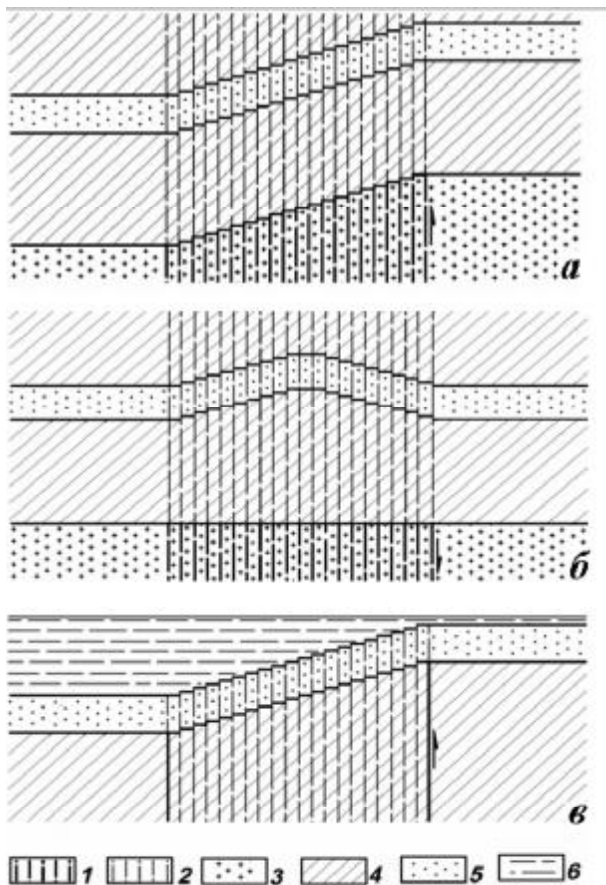


Рис. 4. Схема формирования антиклинальных и родственных им структур в осадочной толще в результате активизации разломов фундамента

1 — разломы в фундаменте; 2 — их проявление в осадочной толще; 3 — породы фундамента; 4 — породы осадочной толще; 5 — пласты-коллекторы; 6 — водный бассейн

месторождений обнаружены в Днепровско-Донецкой впадине [10]. Абсолютное большинство известных в мире нефтегазоносных месторождений относится к описанным выше типам, а следовательно, тесно связаны с разломами земной коры.

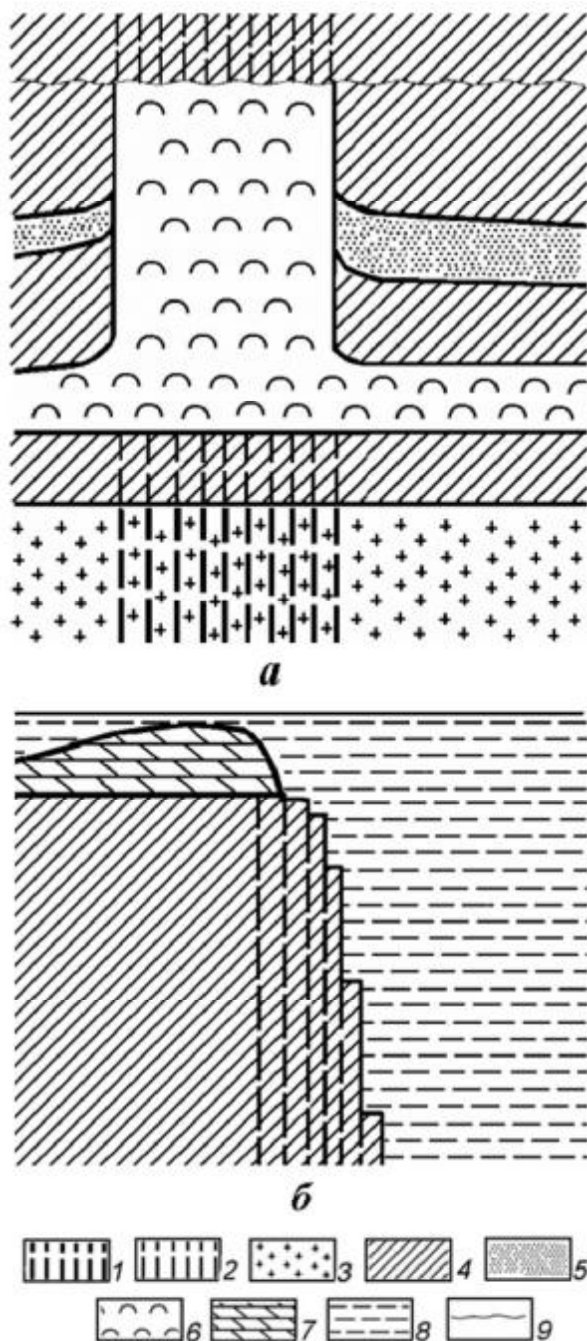


Рис. 5. Схемы образования соляных диапиров (а) и рифогенных массивов карбонатных пород (б)

1 — разломы в фундаменте; 2 — их проявление в осадочном чехле; 3 — породы фундамента; 4 — породы осадочной толщи; 5 — коллекторы углеводородов; 6 — соль; 7 — рифовые известняки; 8 — водный бассейн; 9 — поверхность несогласия

Пространственно-генетическая взаимосвязь как рудных, так и нефтегазоносных месторождений с разломами земной коры позволяет предложить оригинальную технологию локального прогноза поисков, единую для рудных и нефтегазоносных месторождений, основанную на пространственно-временных закономерностях, вытекающих из Новой ротационной гипотезы структурообразования [13]. Кратко она сводится к следующему.

А. Путем сопоставления местоположений известных месторождений с картой систем разломов наиболее изученной части исследуемого региона находится количественная взаимосвязь приуроченности этого вида месторождений к определенным системам разломов или узлам их пересечений.

Б. Пользуясь установленной закономерностью и перенося ее на менее изученную часть исследуемого региона, на основе карты систем разломов земной коры строят для него карту вероятности встречи искомым месторождений.

В. Составленная таким образом карта в руках эрудированного исследователя может служить реальной основой для локального прогноза наиболее перспективных участков нахождения искомым месторождений.

Примеры реализации предлагаемой технологии прогнозирования можно найти для рудных месторождений в условиях Украинского щита в монографии [13], а для нефтегазоносных месторождений — в разделе монографии [10].

Роль разломов в формировании экологической ситуации регионов. Экологическая обстановка любого региона является функцией многих факторов, но наиболее существенную, можно сказать, ключевую роль играют разломы земной коры [14, 15]. Обоснование этого тезиса можно начать с расселения людей. Большинство населенных пунктов привязано к речной сети, которая полностью наследует сеть разломов земной коры [13]. Более того, описанная выше тесная взаимосвязь месторождений полезных ископаемых с разломами земной коры приводит к дифференциации экологической обстановки — выделяются регионы с повышенной техногенной нагрузкой. К ним относятся регионы с наличием крупных месторождений полезных ископаемых, добыча и

переработка которых составляет основную часть техногенной нагрузки. Разломы земной коры в таких регионах являются важным фактором, который необходимо учитывать при выборе рациональных способов природопользования, в частности приемов добычи полезных ископаемых. При этом следует иметь в виду, что тектонические движения вдоль разломов могут вызывать или активизировать опасные природно-техногенные процессы разного масштаба.

Касаясь прямого воздействия разломов земной коры на экологическую обстановку техногенно-нагруженных регионов, подчеркнем следующее. Активизированные разломы земной коры являются непосредственными участками формирования экологической ситуации любой территории: во-первых, как естественные каналы перемещения производственных (в том числе химических и радиоактивных) отходов, загрязняющих окружающую среду (подземные воды, атмосферу); во-вторых, они служат источниками гравитационных магнитных, электрических и радиоактивных аномалий; следовательно, могут оказывать прямое воздействие на условия жизнедеятельности населения в зонах их влияния.

1. Гамкрелидзе И. П. Планетарная трещиноватость дислоцированных толщ и связанные с ней явления // Геотектоника. — 1972. — № 6. — С. 45—54.
2. Геологическая съемка в областях метаморфических образований / Под ред. К. О. Кратца и М. А. Черноморского. — Л.: Недра, 1972. — Вып. 4. — 376 с.
3. Довбнич М. М. Влияние вариаций ротационного режима Земли и лунно-солнечных приливов на напряженное состояние тектоносферы // Доп. НАН України. — 2007. — № 11. — С. 105—112.
4. Косыгин Ю. А. Основы тектоники. — М.: Недра, 1974. — 215 с.
5. Михайлов А. Е. О термине "разлом" и о разрывах со смещением // Сов. геология. — 1960. — № 10. — С. 129—132.
6. Николаева Т. В. О некоторых общих (планетарных) закономерностях в проявлении трещиноватости докембрийских пород Балтийского и Украинского щитов // Планетарная трещиноватость. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. — С. 78—88.

7. Новые данные о геологическом строении тектонических поднятий Восточного Предкавказья / Ю.Я. Стерленко, В.В. Стерленко, Ф. Я. Колчев и др. // Сов. геология. — 1977. — № 9. — С. 93—101.
8. Пейве А. В. Глубинные разломы в геосинклинальных областях // Изв. АН СССР. Сер. Геология. — 1945. — № 5. — С. 23—46.
9. Пейве А. В. Общая характеристика, классификация и пространственное расположение глубинных разломов // Там же. — 1956. — № 1. — С. 90—105.
10. Солдатенко В. П., Довбнич М. М., Мендрий Я. В. Нефтегазоносные структуры в условиях Днепровско-Донецкой впадины // Комплексирование геофизических методов. Днепропетровск; Донецк: Вебер, 2008. — С. 185—279.
11. Тяпкин К. Ф., Довбнич М. М. О напряжениях, возникающих в тектоносфере в результате изменения ротационного режима упруго-вязкой Земли // Геофиз. журн. — 2002. — № 2. — С. 52—60.
12. Тяпкин К. Ф., Довбнич М. М. Вращение Земли — единственный реальный источник энергии тектогенеза // Геофизика. — 2007. — № 1. — С. 59—64.
13. Тяпкин К. Ф., Кивелюк Т. Т. Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. — М.: Недра, 1982. — 239 с.
14. Тяпкин О. К. Тектонический фактор в экологической геологии // Придніпр. наук. вісн. Сер. Геологія і географія. — 1998. — № 18 (185). — С. 31—38.
15. Тяпкин О. К. Использование геофизической информации для формализации решения экологических задач // Екологія і природокористування: Зб. наук. пр. Ін-ту проблем природокористування та екології НАН України. Екологія і природокористування. — Дніпропетровськ, 2008. — С. 118—135.
16. Шульц С. С. О разных масштабах планетарной трещиноватости // Геотектоника. — 1966. — № 2. — С. 36—42.
17. Billings M. P. Structural Geology. — W.Y. Prentice — Hall., 1954. — 514 p.
18. Moody J., Hill M. Wrench — fault tectonics // Bull. Geol. Soc. Amer. — 1956. — Vol. 67, № 9. — P. 1207—1246.

Нац. горн. ун-т,
Днепропетровск
E-mail: dovbnichm@mail.ru

Статья поступила
24.07.09

Ин-т проблем природопользования
и экологии НАН Украины,
Днепропетровск