ГЕОДЕЗІЯ

УДК 551.243

В. А. Іванишин, д.геол.н., професор,
О. М. Менайлов, к.т.н., доцент,
А. Ф. Шевченко, к.т.н.,
І. О. Прибитько, к.т.н., доцент

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЇ РОЗРИВІВ

Дається критичний аналіз класифікацій морфології розривних тектонічних порушень і обґрунтовується визначення розмірів порожнини за ідеалізованою схемою. Зроблена кількісна оцінка розривних порушень для розривів змішаної, комбінованої кінематики. Визначено, що характер утворення розривних порожнин у розривних порушеннях такий самий, як у однотипних розривах при наявності у них певних особливостей. За результатами досліджень зроблені висновки про характер розкриття і закриття розривних порожнин і впливу на них різноманітних факторів.

Ключові слова: *розривні тектонічні порушення, розривні порожнини.*

В. А. Иванишин, д.геол.н., профессор,
А. Н. Менайлов, к.т.н., доцент,
А. Ф. Шевченко, к.т.н.,
И. А. Прибытько, к.т.н., доцент

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ РАЗРЫВОВ

Дается критический анализ классификаций морфологии разрывных тектонических нарушений и обосновывается определение размеров пустот по идеализированной схеме. Сделана количественная оценка разрывных нарушений для разрывов смешанной, комбинированной кинематики. Определено, что характер образования разрывных пустот в разрывных нарушениях такой же, как и в однотипных разрывах при наличии у них определенных особенностей. По результатам исследований сделаны выводы о характере раскрытия и закрытия разрывных пустот и воздействия на них разнообразных факторов.

Ключевые слова: *разрывные тектонические нарушения, разрывные пустоты.*

V. A. Ivanyshyn, doctor of geological sciences, professor,
O. M. Menailov, candidate of technical sciences, associate professor,
A. F. Shevchenko, candidate of technical sciences,
I. O. Prybytko, candidate of technical sciences, associate professor

SOME PECULIARITIES OF RUPTURES MORPHOLOGY

The authors analyse some classifications of bursting tectonic breaches and ground the computation of cavity size in accordance with the idealized scheme. The quantitative assessment of bursting breach is done not only for genetically identical breaches but also for breaches of mixed and combined kinematics. It is stated that the character of bursting cavities formation in these bursting breaches is the same as in the homotypic ruptures but with some peculiarities.

On the basis of research results the authors conclude about the character of opening and closing of bursting breaches and the influence of some factors on them.

Keywords: *bursting tectonic breaches, bursting cavities.*

Актульність теми дослідження. Вивчення нерівних поверхонь розривних порушень через їх здатність створювати порожнини представляє як теоретичний, так і практичний інтерес у будівництві, рудній, нерудній і нафтогазовій геології. Чітко виражені нерівні поверхні розривів давно привертали увагу дослідників. Але більшість з них це питання цікавило з тектонічного боку, переважно у зв'язку з розвитком складок і структур, що супроводжується розривами. Фундаментальні дослідження цієї проблеми практично відсутні, а тому будь-яка нова інформація з цього питання є надзвичайно важливою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Геологи, вивчаючи генезис рудних родовищ, у своїх дослідженнях нерідко враховують факт наявності площин, які утворюються під час рухів по нерівних поверхнях розривів. Це диктується практикою геолого-пошукових і розвідувальних робіт на рудні корисні копалини, тому що в порожнинах розривів нерідко спостерігається гідротермальне та інше зруденіння. Визначення розривних порожнин полегшується тим, що не лише самі розриви, але й супровідні тріщини і системи тріщин у навколишніх породах порівняно легко і детально можуть бути закартовані.

Дещо інакше в цьому відношенні тлумачиться це питання в нафтогазовій геології. Згадування про відкриті порожнини розривів ("зіяння") у деяких дослідників є. Але при цьому не розглядається ані механізм формування порожнин, ані кількісні аспекти цього явища. У роботі Р. С. Копистянського [1] є вказівки на звивистість слідів розривних порушень. На прикладі озокеритових родовищ Карпат ним було показано, що практично жоден тектонічний розрив, за винятком лише деяких мікротріщин і пластових розривів (кліваж, пластові скопи), не утворює у перетині прямої лінії, як це зображено на картах і розрізах, а утворюють низку вузлів, розгалужень і викривлень. Це зумовлено не тільки звивистим характером первісних тріщин, але і наступним переміщенням порід “по кривій площині розриву”.

Існує декілька кінематичних класифікацій розривів. Однією з найпростіших є класифікація П. К. Соболевського, що описана В. А. Букринським [2]. Ця класифікація зводить окремі випадки до восьми основних типів. Розривні порушення іменуються в залежності від направлення умовного вектора переміщення по зміщувачу висячого крила відносно лежачого.

Напрямок цього вектора на поверхні зміщувача приймає різні положення, від лежачого до висячого крила. Два основні взаємно перпендикулярні напрямки вектора переміщення утворюють скид, підкид, перезсув, зсув. Проміжні між цими напрямками положення вектора утворюють скидо-перезсув, підкидо-перезсув, підкидо-зсув, скидо-зсув.

Перезсув інакше називається правобічними зсувом, зсув – лівобічним зсувом [3], тобто тут зсув – узагальнююче поняття для розриву, утвореного рухом блоків за годинниковою стрілкою (правобічний зсув) і проти годинникової стрілки (лівобічний зсув). Ця класифікація не визначає назву проміжних положень вектора переміщення між вказаними вище вісьмома типами розривних порушень, тобто випадки скидів і підкидів зі зсувовими складовими або обох типів зсувів із скидовими і підкидовими складовими. Це означає, що сумарний

вектор переміщення розкладається на два взаємно перпендикулярні, з яких основним, який дає назву розриву, є великий, а складовим є менший вектор.

У цьому відношенні класифікацію П. К. Соболевського можна розширити, звівши напрямки вектора переміщення до 12-ти основних типів: скид, підкид, перезсув (правобічний зсув), зсув (лівобічний зсув), перезсуво-скид, скидо-перезсув, підкидо-перезсув, перезсуво-підкид, підкидо-зсув, скидо-зсув, зсуво-скид. Друге слово подвійних назв означає розрив, який має більшу складову. Тут ми не використовуємо слово «перезсув», яке не вкоренилось в літературі, а використовуємо термін «правобічний і лівобічний зсуви». У цю класифікацію не вкладається таке розривне порушення, як насув. Але останній за кінематикою не відрізняється від підкиду і може розглядатися як пологий підкид.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розривне порушення під час виникнення є хвилястою або ламаною тріщиною. Обидві стінки розриву мають конфігурацію, яка доповнює одна одну. При зміщенні по розриву конфігурації стінок не збігаються, що призводить до утворення різного вигляду і розміру порожнин. Схема утворення порожнин під час руху по поверхні зміщувача (у вертикальному розрізі) показана на рисунку 1. Можна помітити чергування крутих і пологіших ділянок розривних тріщин, але головне – це утворення порожнин. У випадку скиду порожнини утворюються на крутих ділянках (колінах), у вигляді підкиду або насуву – на пологих. Залежно від характеру чергування крутих і пологих ділянок, ступеня їх крутизни порожнини повинні мати різні розміри. Характер розкриття порожнин не залежить від орієнтування поверхні розриву в просторі. У залежності від комбінації крутих і пологих ділянок можна розрізняти замкнуті порожнини (рисунок 1, а, в) та такі, які відкриваються вгору (рисунок 1, б, г).

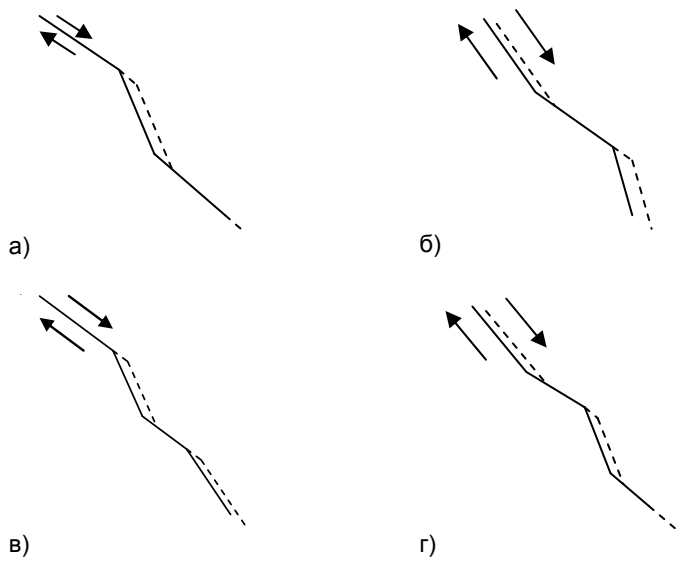

Рис. 1. Комбінація крутих і пологих ділянок порожнин: а, в – замкнуті порожнини; б, г – порожнини, що розкриваються вгору

Визначення розмірів порожнин скиду і підкиду робиться за ідеалізованою схемою (рисунок 2). Інтерес можуть представляти: розмір попе-

речного перетину *C* та об'єм порожнини *V*, які визначаються за формулами, наведеними нижче.

Вхідні дані для обчислення *C* і *V* знаходяться емпірично, тобто з профільних розрізів, карт. Розмір поперечного перетину (рисунок 2) визначається за формулою:

$$C = a \cdot \sin(\beta - \alpha), \quad (1)$$

де a – розмір зміщення по поверхні розриву;

α – кут падіння крутої ділянки розриву;

β – кут падіння пологої ділянки.

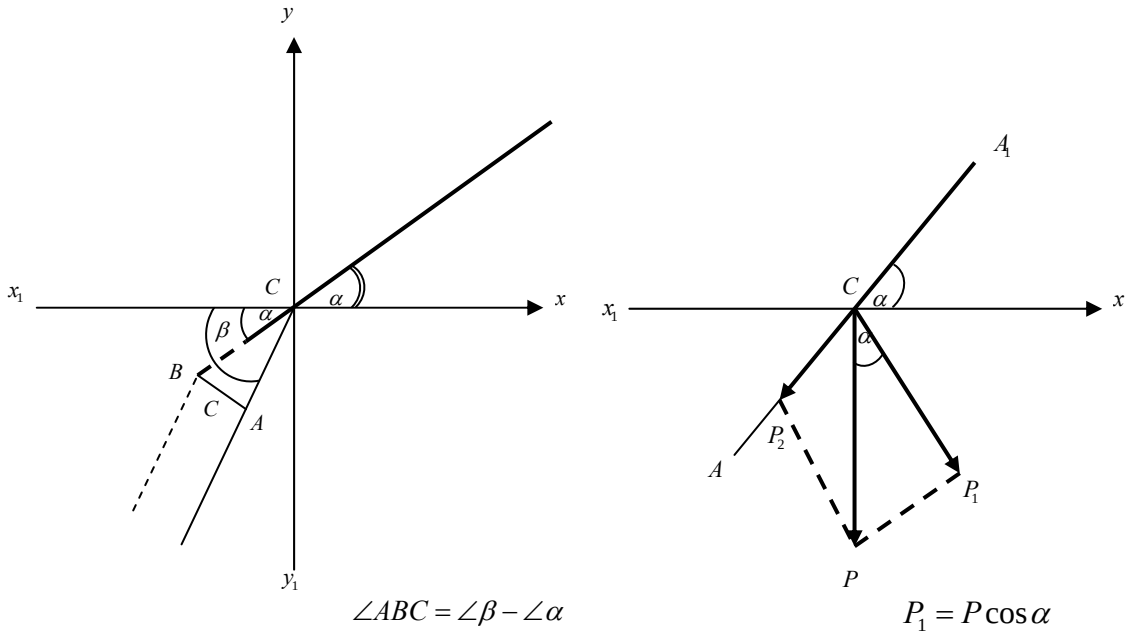

Рис. 2. Схема визначення розмірів порожнин розривів (AA_1 – слід поверхні ділянки скиду в вертикальній площині)

Аналіз формули (1) показує, що розмір поперечного перетину прямо пропорційний розміру зміщення *a* і різниці кутів падіння двох суміжних (крутої і пологої) частин розриву. Останнє є особливо важливим, оскільки показує, що при графічних побудовах, пов'язаних з розривами, посилання на один тільки кут падіння розриву не відповідає дійсності. Граничні значення величин *a* та *β–α* означають наступне:

1) якщо *a*→0 або *β–α*→0, то і розмір поперечного перетину прямує до нуля;

2) якщо *β– α*→90º, то розмір поперечного перетину прямує до *a*.

Наближена формула об'єму розривної порожнини має вигляд:

$$V = \frac{1}{2} \cdot C \cdot l \cdot h, \quad (2)$$

де l – довжина розриву в плані;

h – довжина порожнини у вертикальному розрізі.

При цьому розуміється, що слід розриву в плані не звивистий. Якщо розрив в плані представляє слід ламаної або кривої лінії, розмір порожнини може бути обчислений для кожної елементарної ділянки (l_1, l_2, ..., l_n). Підставляючи у формулу замість *C* раніше наведений вираз, отримуємо

$$V = \frac{1}{2} \cdot a \cdot l \cdot h \cdot \sin(\alpha - \beta), \quad (3)$$

Вказані формули справедливі і для насувів.

Зсуви мають деякі принципові відмінності від описаних вище розривних порушень, а тому на них необхідно зупинитися окремо. Характерними морфологічними особливостями “чистих” зсувів, які відрізняють їх від скидів, підкидів і насувів, є майже вертикальне положення зміщувача та вектор переміщення, направлений горизонтально.

Тут, на противагу розривам із вертикальним зміщенням, порожнини розкриваються в горизонтальній площині, тобто в плані. Характер розкриття порожнин при русі по зсуву визначається, виходячи з наступного правила: якщо зсув орієнтований з півночі на південь, то при правобічному зсуві розкриваються порожнини на ділянках зсуву північно-східного простягання, а при лівобічному зсуві – північно-західного.

У випадку зсувного зміщення як довжина порожнини, так і поперечний перетин контролюються положенням зсуву в плані, а висота *h* – глибиною проникнення поверхні зміщувача. Поперечний перетин визначається за формулою:

$$C = a \cdot \sin(180^\circ - \gamma), \quad (4)$$

де γ – внутрішній кут між двома сусідніми ділянками (колінами) зсуву.

Об'єм порожнини обчислюється за формулою:

$$V = a \cdot l \cdot h \cdot \sin(180^\circ - \gamma). \quad (5)$$

Важливість явища утворення розривних порожнин стає зрозумілою при з'ясуванні його масштабності. Хоч задача є об'ємною, найхарактернішою величиною є розмір поперечного перетину порожнини. На основі формули визначення поперечного перетину порожнини укладена таблиця 1 значень величини *C* (в метрах) залежно від зміни величин *a* і *β–α*.

Аналіз табличних даних показує, що навіть при малій (2º÷5º) різниці кутів *β* і *α* і при зміщенні лише 5 м, поперечні перетини порожнин можуть досягати 17÷43 см. А ці величини, як буде показано нижче, практично досить значні.

Для підтвердження наведемо розрахунок об'єму скидової (підкидової) порожнини. Прийнявши довжину скиду 2000 м і висоту кутової ділянки скиду 500 м (такі величини є звичними в умовах Дніпровсько-Донецької западини), при розмірах поперечних перетинів 17÷43 см об'єм порожнини повинен коливатися в межах 85000 ÷ 215000 м^3.

Таблиця 1

Значення величини С, м

a , м	*β–α*							
	0,5º	**1º**	**2º**	**5º**	**10º**	**15º**	**20º**	**30º**
1	0,01	0,01	0,04	0,09	0,17	0,26	0,34	0,42
2	0,02	0,02	0,08	0,19	0,34	0,53	0,68	0,84
5	0,04	0,08	0,17	0,43	0,85	1,3	1,7	2,1
10	0,09	0,17	0,35	0,87	0,71	2,6	3,4	4,2
15	0,13	0,26	0,52	1,2	2,5	3,9	5,1	6,3
20	0,18	0,35	0,70	1,7	3,4	5,2	6,8	8,2
50	0,45	0,88	1,8	4,4	8,5	13,0	17,0	21,0

Усе сказане вище про кількісну оцінку розривних порожнин відносилось до так званих “чистих розривів”. Але в певних умовах утворюються розриви змішаної кінематики. Це скиди, підкиди і насуви зі зсувною складовою і зсуви з скидовою і підкидовою складовими. Характер утворення розривних порожнин у цих розривних порушеннях відповідає тим самим правилам, що й у “чистих” (ортогональних), але має деякі свої особливості. Завдання тут винятково об'ємне через сполучення двох взаємно перпендикулярних площин, горизонтальної і вертикальної, з поверхнями розривів. Раніше розглядалась задача на площині, горизонтальній або вертикальній через те, що вектор переміщення не мав складових. При русі комбінованих розривних порушень, природно, утворюються обидва типи порожнин, описаних вище. Порожнини першого і другого типу при цьому перетинаються, утворюючи єдину складну хрестоподібну порожнину (при одній порожнині у плані і одній – у розрізі) або цілу гратку порожнин (при декількох порожнинах як у плані, так і в розрізі).

Для підтвердження викладених вище теоретичних поглядів необхідно навести практичні докази. Причому фактор часу існування порожнин тут не розглядається. Питання ставиться так: чи можливе в принципі існування таких порожнин? Усі докази існування розривних порожнин можна розподілити на дві великі групи: 1) прямі; 2) непрямі.

Прямими доказами існування розривних порожнин є неодноразово описані в літературі випадки знаходження порожнин, заповнених рудними утвореннями, у тому числі озокеритом, проходження буровим інструментом понад 1000–метрової порожнини, жерла грязьового вулкана [4] та інші. Порожнини в надрах – це реальність, і вони можуть існувати. Інше питання – скільки часу.

Значну інформацію про існування в надрах розривних порожнин дають землетруси. При цьому отримуємо і непрямі докази існування розривних порожнин. Амплітуди деяких розривних порушень, утворених за один етап, досягали 8÷12 м [5], а за четвертинний період сумарна амплітуда порушень досягала декількох десятків метрів. При цьому відкриті зіяння на земній поверхні досягали декількох (в межах перших десяти) метрів.

В історії землетрусів відомі численні випадки зміни (коливання) рівня води у колодязях, прориви останніх на поверхню, коливання рівнів рік, які відбувались під час землетрусів. Деякі дослідники пояснювали ці явища послідовним стисненням і пониженням напруженого стану вод, які містяться в породах, у результаті проходження сейсмічних хвиль. У цих випадках, як зазвичай вказується, зміни напруженого стану води і зміна рівнів мають пульсаційний характер. Але, як зазначає І.Ф. Ріхтер [6], “лише при небагать-

ох землетрусах повідомлялося про пульсуюче фонтанування; скоріше тут має місце безперервне, поступово слабнуче витікання". У цій же роботі зазначено: "Дуже важко пояснити виходи гарячих джерел вздовж лінії розломів, особливо відразу після землетрусу. Джерела приурочені до багатьох активних розломів і зсувних рифтів. Близько десяти виходів гарячих джерел розсіяно вздовж розлому Сан-Джасінто в Південній Каліфорнії; поблизу більшості з них виникли курорти." Тобто ці джерела повинні походити з великих глибин (висока температура води), що може бути зумовлено лише наявністю водопровідних порожнин, причому біля розлому зі зсувною складовою зміщення. З описання катастрофічного Гобі–Алтайського землетрусу [5], який стався 4 грудня 1975 року, відомо: "Вскоре после землетрясения она (т.е. трещина) во многих местах представляла собой ров шириной до 6,5 м и глубиной до нескольких метров. Северный (приозерный) борт трещины опущен на 3,5 м по отношению к южному. Из трещины вытекали ручьи, впадавшие в озеро." Таких випадків у природі немало. Вони свідчать про наявність розривних порожнин у земних надрах.

Наведена вище схема утворення розривних порушень є принциповою і загальною, тому що окрім факторів, які сприяють виникненню порожнин, є і фактори, що чинять опір цьому процесу. У надрах існують найрізноманітніші умови імовірнісного характеру геологічних процесів і позитивний результат (в нашому випадку – формування розривних порожнин) буде досягнутий при переважанні дії і взаємодії факторів, які сприятимуть отриманню цього результату. При переважанні "негативних" факторів утворення порожнин може і не відбутися.

Окрім викладеного, не менш важливим є питання подальшого існування порожнин. В окремих сприятливих випадках порожнини можуть зберігатися досить довго. Про це можуть свідчити жили озокериту, які утворилися впродовж певного часу через циркуляцію по них (порожнинах) нафти. Серед явищ, які можна спостерігати безпосередньо, доцільно виділити обвал стінок свердловин. Чим більший кут викривлення свердловини, тим вона "важча", тобто тим менш стійкі її стінки. Відкриті газові, нафтові, а також газо-водяні та інші викиди часто досить швидко руйнуються через обвал стінок свердловини, що свідчить про високу здатність порід обвалюватися. Широко відомі також випадки обвалів у різноманітних гірничих виробках. Усі ці процеси повинні змінити конфігурацію порожнин, а з часом і закрити їх. При закритті порожнин продукти обвалів могли створити ілюзію наявності тектонічних брекчій. Але і після заповнення продуктами обвалів порожнини якийсь час можуть бути проникними для циркулюючих флюїдів. Лише в процесі тривалої циркуляції останніх у колишній порожнині відбувалися різні вторинні зміни, які призводили до повного закриття шляхів міграції флюїдів.

Фактори, які впливають на екрануючі властивості розривних порушень, детально розглянуті в роботі П. Г. Романова [7] та інших науковців. У ній вельми прискіпливо розглядається роль геостатичного і бокового тиску на порушену зону, кутів падіння порушень, величини пластового тиску в колекторі та інше. Дана диференціація основних факторів, які перешкоджають міграції флюїдів, окремо для крутих і пологих порушень. Тому ці питання в статті не відображені.

Висновки. Загалом за результатами даних досліджень морфологія закритих і розкритих розривних порожнин може залежати від таких факторів, як характер розподілу напружень у породах після формування порожнини; величин гравітаційного навантаження порід, що залягають вище; геометрія

перетину порожнини; розташування коренів розриву; характер перетинання розривами навколишніх порід; формування супутніх (додаткових) скидів.

Література

1. Копыстянский Р. С. К вопросу о роли трещиноватости в формировании нефтяных месторождений / Р. С. Копыстянский // Проблема миграции нефти и формирование нефтяных газовых скоплений: материалы львовской дискуссии 8-12 мая 1957 г. – Гос. научно-техн. изд-во нефтяной и горнотопливной лит-ры, 1959. – С. 103 – 107.
2. Рыжов П. А. Геометрия недр / П. А. Рыжов. – М.: Недра. – 1964. – 178 с.
3. Муди Дж. Д. Сдвиговая тектоника / Муди Дж. Д., Хилл М. Дж. // Вопросы современной зарубежной тектоники: сборник статей. – М.: Ин. лит. – 1960. – 247 с.
4. Арифан И. Н. Редкий случай проявления грязевого вулканизма на нефтяном месторождении Барса-Гельмес / И. Н. Арифан, С. П. Лысенков // Геология нефти и газа. – 1968. – №8. – С. 53-54.
5. Солоненко В. П. Гоби–Алтайское землетрясение / В. П. Солоненко // Геология и геофизика. – 1960. – №2. – С. 73-80.
6. Рихтер У. Ф. Элементарная сейсмология / У. Ф. Рихтер. – М.: Ин. лит. – 339 с.
7. Романов П. Г. Факторы, влияющие на экранирующие свойства разрывных нарушений / П. Г. Романов, В. Л. Галин, М. И. Жемеричко // Нефть и газ. – 1970. – № 2. – С. 62-77.

Надійшла 22.11.2011 р.