

О.В. Барташук

## ЕВОЛЮЦІЯ ГЕДИНАМІЧНИХ УМОВ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ЗЕМНОЇ КОРИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОГО ПАЛЕОРИФТУ

Дослідження напружено-деформаційного стану (НДС) земної кори в сучасній світовій геотектоніці посідають пріоритетне місце, тому що відомості про НДС є головним джерелом пізнання геологічної будови та еволюції геодинамічних режимів геоструктур різного масштабу й генезису. Особливо важливою є їхня роль під час вивчення континентальних внутрішньоплитних геоструктур-грабенів і рифтів, до яких належить більшість нафтогазоносних басейнів (НГБ) світу. На прикладі Дніпровсько-Донецького палеорифту продемонстровано актуальність та прикладне значення тектонофізичних досліджень з діагностики типів тектонічних рухів, реконструкцій полів тектонічних напруг гірських порід для прогнозування новітніх зон розтягу, які контролюють шляхи міграції вуглеводнів та зони промислового нафтогазонакопичення, що характеризуються високою щільністю промислових об'єктів та великими поверхами нафтогазоносності в надрах НГБ.

*Ключові слова:* геодинамічна еволюція, напружено-деформаційний стан, тектонічні напруги, зони розтягу, нафтогазоносність.

**Вступ.** Реконструкція динаміки напружено-деформаційного стану земної кори в процесі тривалого еволюційного розвитку континентальних геоструктур є потрібним і важливим складником пізнання тектонічних процесів розломо- та складкоутворення, характеру та напрямків міграції підземних флюїдів, механізмів формування пасток та акумуляції промислових скупчень нафти й газу. Тому тектонофізичні дослідження є вкрай актуальними і мають бути обов'язковою компонентою тектонічних методів досліджень геологічної будови континентальних осадових басейнів та їхньої нафтогазоносності. Такий висновок випливає з огляду на генетичні зв'язки морфогенетичних типів тріщинуватості і розривів різних генерацій (сколи, відриви) з орієнтацією головних вісей локальних полів тектонічних напруг. Вони зумовлені тим, що залежно від типу НДС земної кори максимальна кількість відкритих і проникних для флюїдів тріщин і розривів, тобто тріщин розтягу і відриву, утворюється в перерізах гірських порід, що паралельні напрямкам дії головних напруг стискання ( $\sigma_1$ ) і ортогональні до напрямку дії головних напруг розтягання ( $\sigma_3$ ). Водночас мінімальна кількість тріщин, які є переважно непроникними, притертими тріщинами стискання, формується в площині, що є паралельною до осі  $\sigma_3$  та ортогональна до осі  $\sigma_1$ .

**Аналіз попередніх досліджень і публікацій.** Відповідно до базових положень механіки гірських порід [6, 13], деформаційні процеси в структурі земної кори і супутні процеси вертикального тепло- і флюїдомасоперенесення відбуваються в змінному полі локальних тектонічних напруг з переважанням напруг стискання, розтягання, або горизонтального зсування. Вплив кожного з трьох типів НДС земної кори на шляхи міграції глибоких флюїдів здійснюється завдяки механізму тріщиноутворення з формуванням взаємно-ортогональної сітки тектонічних порушень. Головні напрямки цієї сітки розломів будуть паралельні напрямкам прояву максимальних нормальних напружень стискання – вісь  $\sigma_1$ , розтягання – вісь  $\sigma_3$  та середніх напруг стискання – вісь  $\sigma_2$ . Орієнтація в просторі та морфогенетичні типи зон тріщинуватості і утворених ними диз'юнктивних порушень зумовлюються та суворо контролюються наявним положенням вісей трьох вказаних типів напруг, але в геологічному часі та просторі вони закономірно змінюються. Періодичність просторово-часових варіацій головних вісей геодинамічних напруг, як відомо, зумовлюється ротаційним режимом утворення планетарної регматичної сітки мезотріщинуватості [12, 15], тому глобальні деформації земної кори мають інверсійний характер з віковим періодом близьким до геологічного періоду або етапу тектогенезу [7].

Виділяються три основні типи НДС земної кори [11] (рис. 1). Перший – рифтовий тип, характеризується субгоризонтальною орієнтацією вісей максимальних нормальних

розтяжних  $\sigma_3$  та нормальних середніх напруг  $\sigma_2$ , вісь максимальних нормальних напруг стискання  $\sigma_1$  має субвертикальне положення. Водночас осі тектонічних структур, що утворюються в наявному геодинамічному полі, будуть паралельними до осі  $\sigma_2$  середніх нормальних напруг, які є мінімальними за абсолютним значенням. За таких геодинамічних умов, розтяжні напруги є максимальними і орієнтовані ортогонально до вісей  $\sigma_2$ , тобто вхрест до простягання структур, що формуються (рис. 1.А). Геодинамічна обстановка загального розтягання, що відповідає цьому типу НДС земної кори, приводить до формування грабено- та рифтоподібних геоструктур і відповідає початковому етапу планетарного еволюційного циклу літосфери Вілсона [16].

НДС земної кори другого та третього типів зумовлені проявом переважальних напружень горизонтального стискання. Щодо орієнтації в просторі головних вісей геодинамічних напруг, то для другого типу НДС характерним є горизонтальне положення осей  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$  та вертикальне осі  $\sigma_3$ . Причому ортогонально до простягання тектонічних структур розміщується вісь  $\sigma_2$ , а паралельно до них вісь  $\sigma_1$ . Така орієнтація тривісьового тензора напруг характерна для геодинамічних обстановок поздовжнього стискання, під впливом якого відбувається формування тектонічних структур, скорочення геологічного простору і утворення диз'юнктивних порушень підкидо-насувного типу (рис. 1.Б).

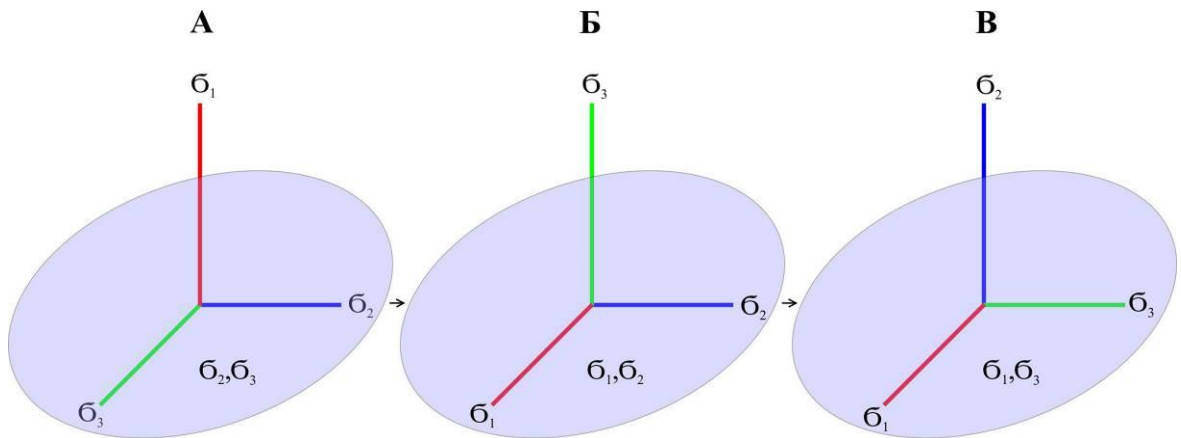


Рис. 1. Принципова схема геодинамічної еволюції напружено-деформаційного стану континентальної земної кори в межах внутрішньоплитних геоструктур:

А – рифтовий етап; Б – платформний етап; В – колізійний етап

Головні осі тензора напруг:

$\sigma_1$  – головних нормальних напруг стискання;  $\sigma_2$  – середніх нормальних напруг стискання;  
 $\sigma_3$  – головних нормальних напруг розтягання [Марков, 1984]

НДС земної кори третього типу характеризується субгоризонтальним положенням вісей головних нормальних напружень стискання-розтягання  $\sigma_1$  та  $\sigma_3$  при субвертикальному положенні осі проміжних напруг  $\sigma_2$  (рис. 1.В). Два останні типи НДС притаманні кінцевим етапам еволюційного геоструктурного процесу земної кори, які переважно зумовили новітню і сучасну регіональні геодинамічні обстановки в межах досліджуваної внутрішньоплитної геоструктури – Дніпровсько-Донецького палеорифту (ДДП).

Відомо, що наприкінці каледонського – початку герцинського етапу тектогенезу на південному заході Східноєвропейської платформи в межах Сарматської плити були сформовані окремі внутрішньоплитні ембріональні грабеноподібні прогини у складі Прип'ятської, Дніпровської і Донецької регіональних западин [5].

На первинну горизонтально-здвигову природу і розміри рифтової Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецької системи вказують її складальні реліктові геоструктурні елементи, що орієнтовані поперечно до осі її простягання – жорсткі зародкові тектонічні глиби –

мегасегменти ранньогерцинської консолідації. У ДДП їх налічують сім, за даними [15], з північного заходу на південний схід: Чернігівський, Ніжинський, Роменський, Полтавський, Красноградський, Барвенківський, Донецький мегасегменти. Вони були поєднані трансрегіональними шовними зонами – зеленокам'яними складчастими поясами архей-ранньопротерозойського закладання. У межах реліктових мегасегментів формувались ембріональні ранньорифтові суббасейни седиментації, які згодом, об'єднавшись, увійшли до складу спільної надрегіональної Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецької рифтової системи.

На переважно здвигіві механізми утворення регіонального структурного плану палеопротерозойського кристалічного фундаменту ДДП першим вказав І. Чебаненко (1977). У початкову стадію свого розвитку палеорифт мав форму вузького жолоба, затисненого між двома прямолінійними зонами крайових глибинних розломів. Пізніше, в рифтову стадію, за поперечними та діагональними системами порушень відбувалися горизонтальні бокові зміщення, що призвело до викривлення крайових систем розломів та власне палеорифту. Амплітуди горизонтальних зміщень уздовж локальних здвигів не перевищували 4-5 км, але загалом досягали 50-60 км. Найбільших амплітуд горизонтальні зміщення набули в зоні Криворізько-Кременчуцького правостороннього здвигу – до 25 км. Схему формування структури осадового чохла Дніпровсько-Донецької западини під впливом тангенційних тектонічних напруг правого зсуву запропонував О. Лазарук (2015), указавши на потребу досліджень з реконструкції полів давніх напруг [Лазарук, 2015].

За результатами регіональних тектонофізичних досліджень [1, 2] встановлено, що у системній організації диз'юнктивної тектоніки ДДП мають прояв дванадцять структурних напрямків планетарної мережі мезотріщинуватості, з яких вісім реалізовані регіональними системами розломів (СР) у таких азимутах: СР 1 – 273-279°; СР 3 – 291-312°; СР 4 – 315-339°; СР 6 – 354-6°; СР 7 – 12-18°; СР 9 – 39-45°; СР 10 – 54-63°; СР 12 – 84-90°.

Діагональні північно-західні СР 3, 4 були діагностовані як первинні рифтогенні структуроформувальні, вздовж яких закладалися первинні рифейські грабени, ортогональна меридіональна СР 6 визначена вторинною трансформною рифтогенною системою порушень, що сформувала тектонічні "рейки", по яких розсувалися протилежні плечі рифту (рис. 2, 6 у праці [2]).

На підставі реконструкції полів геодинамічних напружень рифтового та інверсійного етапів розвитку були визначені просторово-часові параметри односпрямованого процесу інверсії напружено-деформаційного стану земної кори у фанерозойських епохах тектогенезу (рис. 3 в праці [2]).

Кожен з етапів геологічної еволюції палеорифту супроводжувався формуванням характерного плану тектонічних деформацій та притаманного йому структурного рисунку, що був зумовлений діючим на той час геодинамічним полем напруг. Тому сучасна тектонічна будова ДДП є синтезом усіх попередніх регіональних структурних планів, яких налічується, за нашими даними, чотири, причому сучасний пізньюальпійський план є на стадії формування.

Засвідчено, що на етапі континентального рифтингу в колізійних геодинамічних умовах загальноплитної транспресії мали переважати горизонтально-здвигіві механізми мобілізації рифтогенної системи регіональних розломів, головний структурний напрямок якої був розміщений уздовж північно-західного діагонального складника планетарної регматичної мережі мезотріщинуватості. Тому первинні континентальні грабени могли утворюватися в "холодній" земній корі в геодинамічних умовах її внутрішньоплитного розсування за горизонтально-здвигівим механізмом формування структур типу Pull-apart basin упродовж етапу рифтогенезу, об'єднавшись в єдину лінійну рифтову систему [Барташук, 2017].

**Виклад основного матеріалу.** Для раннього рифтового етапу геодинамічної еволюції ДДП було типовим існування рифтогенного поля тектонічних напружень з характерним субвертикальним розміщенням осі  $\sigma_1$  головних нормальних напруг стискання внаслідок тиску підкорового мантійного субстрату, спрямованого вертикально вгору, та горизонтальним розміщенням головних вісей максимального розтягу ( $\sigma_3$ ) і середніх

нормальних напруг стискання ( $\sigma_2$ ) (рис. 1А). Стабільно вертикальне розміщення осі  $\sigma_1$  головних нормальних напруг стискання могло зберігатися ймовірно впродовж усього рифтового етапу – з пізнього девону до ранньої пермі. Відповідно до цього, у вісьовій частині молодого рифту переважальні умови поперечного розтягання визначили закладання і формування поздовжніх систем тріщинуватості розсуву-відриву по регіональних північно-західних рифтогенних системах розломів, що розмістилися вздовж осі  $\sigma_2$ . Це зумовило як субвертикальну орієнтацію тріщин розтягу-відриву, так і переважальний напрямок вектору міграції глибинних мантійних флюїдів, що є головним чинником формування мантійних струменів тепломасоперенесення у земній корі (рис. 2).

Надалі геодинамічну еволюцію Дніпровсько-Донецької рифтової геоструктури доцільно, на нашу думку, розглянути в геологічному просторі, а саме в трьох азимутальних перетинах, що відповідають орієнтації трьох головних вісей локального поля рифтогенних тектонічних напружень. У площині реалізації напруг стискання, уздовж вертикально розміщеної осі  $\sigma_1$  тектонічні процеси формування рифту знайшли відображення в загальному стоншенні та розуцільненні товщі гірських порід континентальної земної кори. Це, з погляду механізму, могло відбуватись як унаслідок активного магматичного перероблення підшошовної частини фундаменту мантійними розплавами, що надходили від їхнього вогнища – "гарячої точки", утвореної під ослабленою зоною континентальної земної кори, так і глибокої денудації покрівлі фундаменту, що вигинався догори в процесі загального склепіннеутворення.

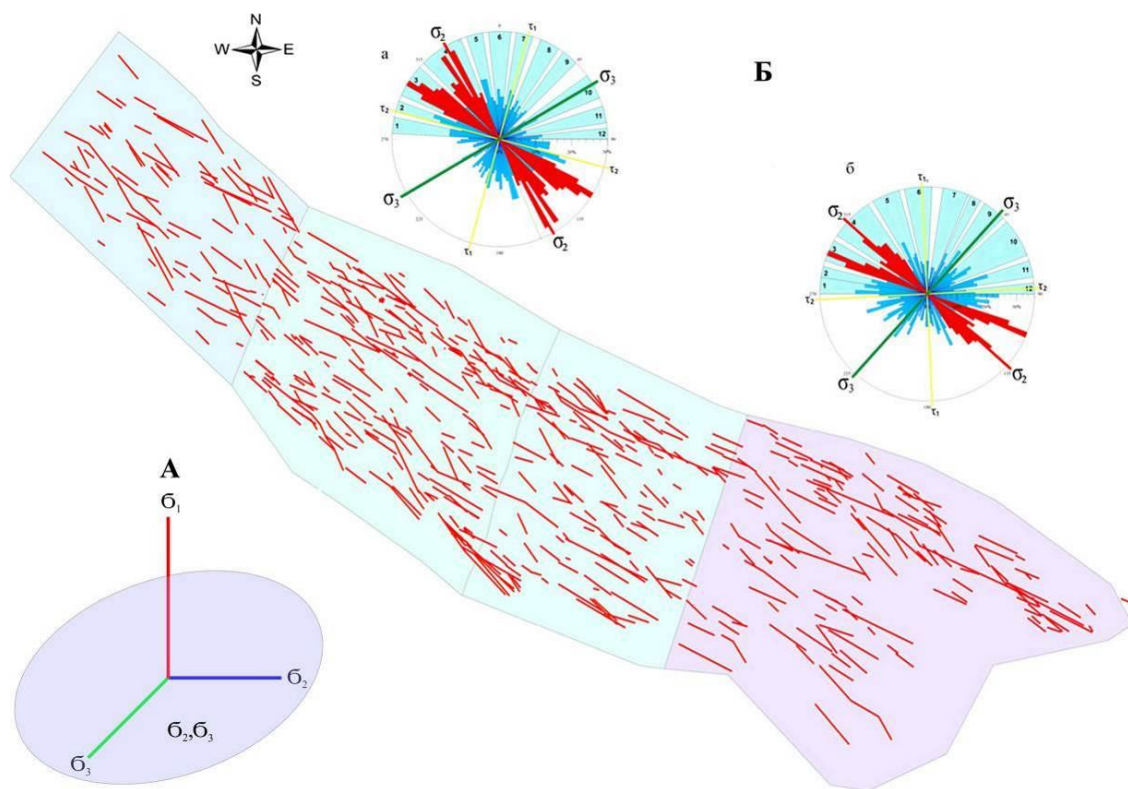


Рис. 2. Діагностика рифтогенних систем розломів у кристалічному фундаменті та осадовому чохлі Дніпровсько-Донецького палеорифту

На врізках: А – схема напружено-деформаційного стану земної кори рифтогенного етапу;

Б – рози-діаграми азимутального розміщення регіональної сітки тріщинуватості:

а – у докембрійському фундаменті; б – в осадовому чохлі (C1v2) з діагностикою рифтогенних систем розломів та головних осей поля геодинамічних напружень

У перетині, перпендикулярному до осі  $\sigma_1$ , уздовж осі головних нормальних напруг розтягання  $\sigma_3$  відбувалося розсування земної кори з утворенням ембріональних грабенів унаслідок східчастого занурення великих геоблоків кристалічного фундаменту по системах субпаралельних ешелонованих скидів гравітаційної природи з крутими кутами падіння. У перетині, перпендикулярному до осі  $\sigma_3$ , уздовж осі  $\sigma_2$  середніх нормальних напруг стискання, що була розміщена вздовж новоствореної рифтової долини, відбувалось її поступове видовження на флангах (рис. 3).

На цих підставах ми пропонуємо таку модель формування Дніпровсько-Донецького рифту. У пізньокаледонську епоху тектогенезу ймовірно відбувалося поступове, з південного сходу на північний захід, поздовжнє розсування первинно "холодної" континентальної земної кори Сарматської плити, що здійснювалося за тектонофізичним механізмом формування Pull-apart basin за відсутності первинної "гарячої точки" або мантийного плюму.

Формування рифту на першому етапі, на наш погляд, відбувалось унаслідок асинхронного утворення окремих зародкових грабенів у межах семи самостійних мегасегментів, які вказано вище. Причому ембріональна вісь рифтингу ймовірно розміщувалась уздовж сучасного північного крайового порушення – Барановицько-Астраханського глибинного трансрегіонального розлому. Водночас вторинні рифтоутворювальні – трансформні розломи, що слугували структурними "рейками", горизонтальне пересування вздовж яких на південь від осі рифтингу забезпечило розкриття Дніпровсько-Донецької рифтової системи, розміщувались у зонах глибинних поперечних трансрегіональних шовних зон: Одесько-Тальнівської, Смілівсько-Холмської, Західно-Інгульської (Кіровоградської), Кременчуцько-Комарицької, Оріхівсько-Павлоградської та Мангусько-Губкинської.

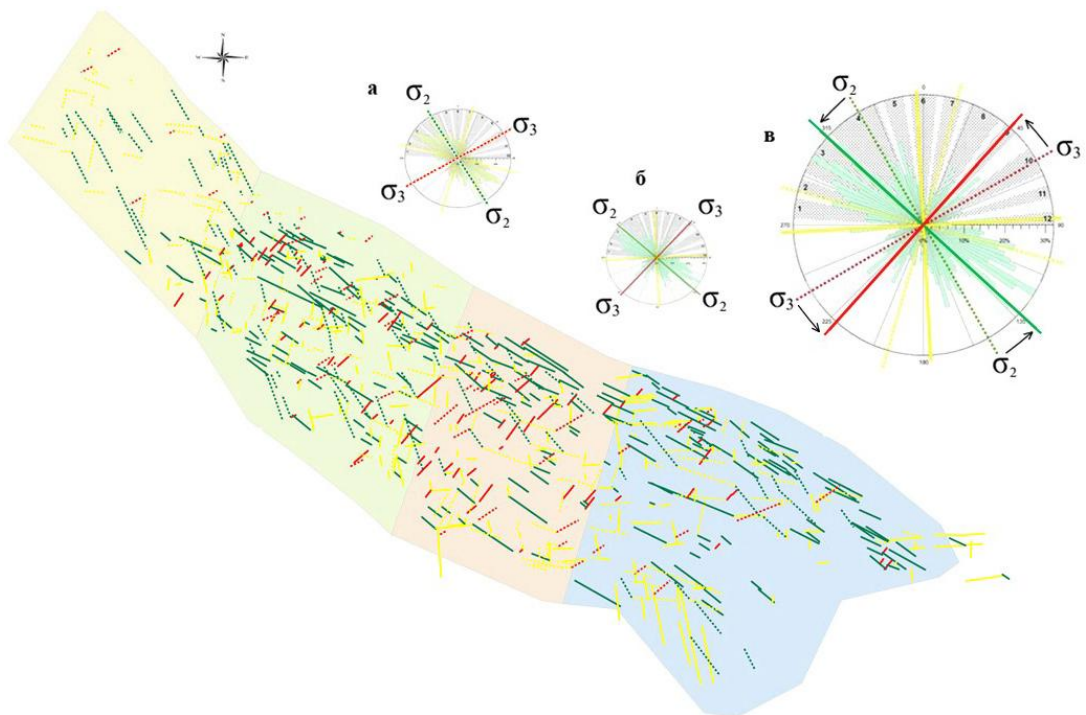


Рис. 3. Розподіл параметрів поля геодинамічних напруг рифтового етапу еволюції Дніпровсько-Донецького палеорифту

На візках: рози-діаграми з виділенням головних осей геодинамічного поля:

а – фундамент, б – осадовий чохол, в – порівняльна схема

У пізньокаледонську – ранньогерцинську епохи під час загального росту від'ємної геоструктури, що був зумовлений тектонофізичним "ефектом клину", з поступовим об'єднанням ембріональних грабенів у спільну рифтову систему відбувалось оформлення її поперечних структурних замикань: Чернігівсько-Брагинської сідловини – у вигляді горстоподібного виступу фундаменту на північному заході, а на південному сході – у вигляді західного схилу Донецької складчастої споруди (ДСС). У тектонофізичному сенсі це було наслідком ослаблення загальнорифтових напружень розтягання та збільшення в часі компоненти стискання вздовж осі  $\sigma_2$ .

Отже, геодинамічні процеси формування рифтової западини, які відображались у загальному розтяганні зі стоншенням та розущільненням континентальної земної кори під нею, могли бути зумовлені двома різними механізмами з погляду кінематики: або розсуванням з пластичною течією розігрітих "гарячою точкою" розшарованих гірських порід фундаменту, або крихким розриванням суцільності жорсткого й "холодного" консолідованого континентального фундаменту. Процес стоншення континентальної земної кори призвів до 1,5-разового скорочення товщини гранітного шару під ДДП і завершився повною його деструкцією під ДСС з утворенням "мантійного вікна", що могло бути зумовлене порівняно великою швидкістю рифтингу під активним впливом новоствореної "гарячої точки" або мантійного плюму.

Пізньопалеозойський етап еволюції рифту характеризувався специфічними умовами осадконакопичення. Ранішня стадія седиментації на північному заході територіально обмежувалася вузькими прибортовими троговими долинами, що сформувалися вздовж південного та північного крайових регіональних розломів. Одиначні трогови у центральному і південно-східному сегментах розмістилися в їхніх найпрогнутіших центральних частинах. Вони були заповнені грубоуламковими вулканогенно-осадковими континентальними відкладами віком імовірно від рифею. За палеофаціальних умов осадконакопичення та літолого-формаційних ознак континентальну строкатобарвисту товщу пізнього палеозою можна зарахувати до нижньої (сіро-кольорової) та верхньої (червоно-кольорової) молас, утворення яких пов'язано з руйнуванням виведених на денну поверхню здійнятих плечей трогових долин, складених граніто-гнейсовими і зеленокам'яними породами докембрійського кристалічного фундаменту [10].

Наприкінці пізньогерцинської епохи – на початку заальської фази орогенезу внаслідок максимального поширення рифтової долини суттєво збільшилась область прогинання осьової зони Дніпровсько-Донецького рифту, а площа басейну седиментації досягла максимальних значень. На завершальній, синеклізній стадії басейногенезу, переважно в середньому і пізньому карбоні, по закінченні активної фази розсування плечей рифту осадконакопичення проходило в умовах гумідного окраїно-морського седиментаційного басейну. У межах новоутвореної синеклізи відбувалось формування верхньопалеозойського регіонально-нафтогазоносного структурно-формаційного комплексу осадкових порід. Воно супроводжувалося неодноразовим надходженням у пластів води артезіанського басейну глибинних флюїдальних нафтогазоносних систем унаслідок субвертикального флюїдомасперенесення по ослаблених тектонічних зонах, що цілком відповідає нашим тектонофізичним побудовам.

За умов панування на рифтогенній стадії еволюції регіонального поля напруг розтягу (перший тип НДС), які не сприяли процесам утворення замкнених структурних форм-пасток, у синеклізну стадію не відбувалось великого нафтогазонакопичення, тому активна вертикальна міграція приводила переважно до насичення нафтою і газом пластових вод підземного басейну з їхнім наступним розсіюванням у бортових частинах синеклізи або незначної акумуляції вуглеводнів (ВВ) у нечисленних, невеликих за розмірами неантиклінальних структурах-пастках.

Завершальна, заальська фаза герцинського тектогенезу характеризувалася загальним підняттям території, поступовою аридизацією клімату з утворенням напівзамкненого солеродного басейну седиментації, а також визначними процесами структуроформування, що супроводжувались активним соляним діапіризмом і

вулканізмом при значній активізації горизонтально-здвигової тектоніки. З цього часу рифтовий геодинамічний режим загального розтягання земної кори змінився колізійними обстановками загальноплитного стискання кінцевих етапів еволюційного циклу Вілсона (рис. 1.Б). Унаслідок цього формувалися структурні зони валоподібних антиклінальних солянокупольних піднять в осьовій і прибортових частинах рифтового осадового басейну з утворенням великих за розмірами локальних пасток ВВ, що акумулювали основні за запасами нафтові та газоконденсатні поклади склепінного типу.

У ранньому триасі, у пфальцьську фазу орогенезу відбулися найвизначніші тектонічні події, зумовлені планетарними катаклізмами – розпадом Пангеї з наступним дрейфом новостворених континентів-уламків. Вони викликали незворотною заміну рифтогенної геодинамічної обстановки переважальних напруг розтягання на колізійну обстановку, яка характеризувалася регіональним полем напружень стискання.

Епісинеклізна, посткарбонова стадія інверсійного етапу пострифтової еволюції ДДП характеризувалася наступним – другим типом НДС земної кори. Цей геодинамічний тип для ДДП можна вважати найсприятливішим за геологічних умов пасткоутворення для нафтогазонакопичення в ДДП. Такі умови були створені в полі напруг загально-регіонального стискання з відповідною азимутальною орієнтацією головних геодинамічних осей (рис. 1.Б). Це поле спричинило формування в об'ємі осадових порід нафтогазоносного басейну субгоризонтально розміщених, відкритих і проникних для флюїдів типів тріщин відриву-розсуву і відповідний субгоризонтальний напрямок вектора фільтрації, що забезпечував вторинну внутрішньо-резервуарну міграцію ВВ, які надходили в надра НГБ у складі субвертикальних глибинних мантийних флюїдних струменів.

У тектонічному плані ця стадія інверсійного етапу еволюції ДДП характеризувалася насамперед активізацією горизонтально-здвигової тектоніки за напрямками наявної регіональної системи розломів. Водночас у лінійних зонах здвигів утворювалися специфічні – реверсні типи порушень змінної кінематики із суттєвим переважанням горизонтального складника переміщень їхніх крил над вертикальним. Унаслідок тектонічної інверсії регіонального типу НДС здвигово-скидовий тип рифтогенних систем порушень був трансформований у здвиго-підкидковий та здвиго-насувний тип накладених систем розломів колізійного етапу. Здвигова тектоніка під час інтерференції із загально-колізійною обстановкою стискання внутрішньо-плитної геоструктури зумовила також інверсію кінематики лінійних горизонтально-здвигових зон. Унаслідок набули ротаційного складника і горизонтальні переміщення геоблоків земної кори.

Колізійні тектонічні події відбиваються у великих перебудовах структурних планів кристалічного фундаменту та структурно-формаційних комплексів осадового чохла геоструктури ДДП. Так, наприклад, тектонічні напруги загально-плитного тангенціального стискання під час інтерференції з регіональним здвиговим полем напруг спричинювали суттєву трансформацію берегової лінії пермського солеродного басейну. За нашими даними він набув ромбуватих обрисів у плані внаслідок горизонтальних пересувань початкових границь за напрямками супряжених взаємно-ортогональних систем діагональних підкидо- та скидо-здвигов, які слугували розломами-трансформами (рис. 4).

Проявами горизонтально-здвигової тектоніки були зумовлені також видимі планові зміщення первинно лінійного субширотного розміщення осей солянокупольних валоподібних піднять з утворенням характерного кулісного структурного рисунка (рис. 5). Свідченням горизонтальних переміщень за діагональними розломо-парами є також формування складних тектонічних вузлів їхнього перетину, на що вказують очевидні структурні деформації первинно ізометричних у плані соляних діапирів з утворенням лінійно-витягнутих, еліпсоподібних і складніших структурних форм, а також "зірваних" штоків. Наприклад, Східномедведівський соляний шток, за даними наших палеотектонічних реконструкцій імовірно був крайнім східним складником більшого первинного Медведівського соляного діапіру [4].



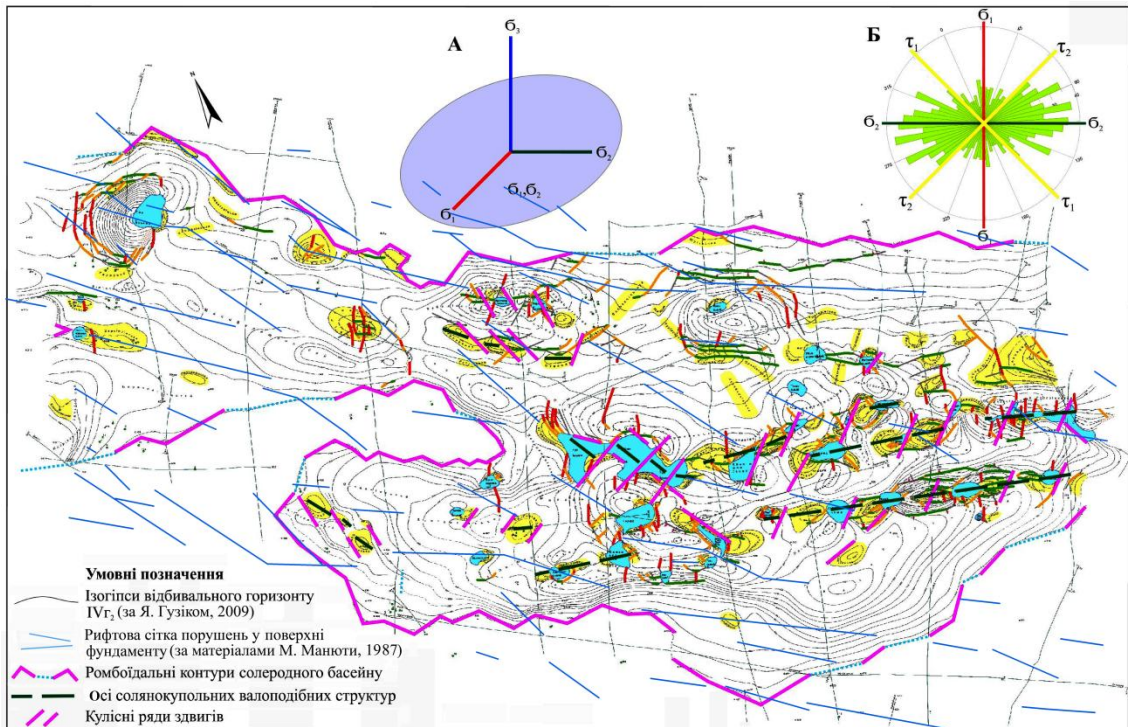


Рис. 4. Структурні прояви горизонтально-здвигової тектоніки в хомогенній товщі нижньої пермі (P<sub>1nk</sub>) у центральному сегменті Дніпровсько-Донецького палеорифту

Просторовий розподіл головних осей палеонапружень:  $\sigma_1$  – максимальних нормальних напруг стиснення;  $\sigma_2$  – середніх нормальних напруг стиснення;  $\sigma_3$  – максимальних нормальних напруг розтягання;  $\tau_{1,2}$  – максимальних тангенційних напруг

На врізках: А – схема напружено-деформаційного стану земної кори інверсійного етапу; Б – роза-діаграма регіональних систем розломів з визначенням головних осей тектонічних напруг (заальська фаза орогенезу)

Отже, впродовж кімерійського етапу орогенезу було сформовано як склепінні, так і неантиклінальні структурні форми, що вміщували пастки, спроможні акумулювати поклади нафти й газу. Характерним вторинним, інверсійним типом напівзамкнених структурних форм є виділені раніше в окремий тип соляно-здвигові структури, що вміщують несклепінні та комбіновані пастки нафти й газу на приштокових ділянках соляних діапирів у межах солянокупольних структур південного сходу ДДП [3]. До тектонічних вузлів діагональних систем розломів приурочені зони зосередження найбільших за запасами родовищ нафти й газу Східного регіону (рис. 5).

Наші дослідження доводять, що наприкінці кімерійського етапу еволюції ДДП були сприятливі умови для активної вторинної латеральної, внутрішньо-резервуарної міграції нафтогазонасичених пластових вод, спрямованої вздовж тектонічно послаблених тріщинуватих зон у регіональних системах розломів у напрямку сформованих на той час локальних структур-пасток з формуванням промислових скупчень нафти й газу в їхніх проникних об'ємах.

На завершальному, кайнозойському етапі формування геоструктури ДДП у пізньоальпійську фазу тектогенезу (палеоцен-антропоген) регіональне поле напруг загального стиснення було нарешті змінено полем горизонтально-здвигових напруг, яке відповідає третьому типу НДС земної кори (рис. 1.В, 6).

Сучасна регіональна здвигова геодинамічна обстановка під час інтерференції з тангенційним складником напруг загальноплитного стиснення зумовила формування субвертикально розміщених відкритих, проникних для фільтрації тріщин відриву-розсуву, що й визначило умови для вертикальної міграції флюїдів у напрямку дегазації та



зумовило процеси розгерметизації надр НГБ з подальшою розконсервацією сформованих на попередніх етапах скупчень нафти й газу.

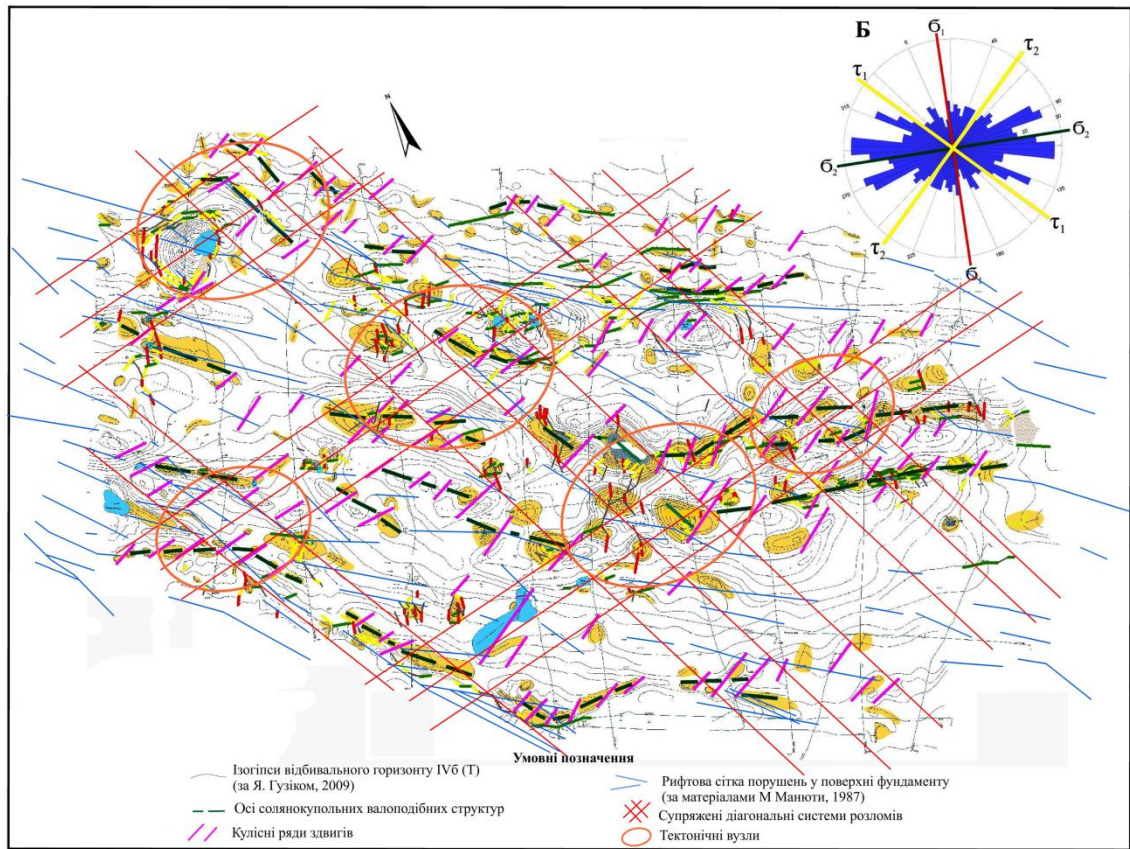


Рис. 5. Структурні прояви горизонтально-здвигової тектоніки в мезозойському комплексі в центральному сегменті Дніпровсько-Донецького палеорифту. Формування новітніх структурних ліній відбувалося за напрямками супряжених діагональних систем розломів, що зміщують у плані осі субширотних рифтогенних структурних зон з утворенням складних структурних дислокацій у тектонічних вузлах перетину діагональних розлом опар

На врізці: роза-діаграма регіональних систем розломів з визначенням головних осей тектонічних напруг (пфальцьська фаза орогенезу)

У палеоцені відбувались активні висхідні тектонічні рухи в ДДП, що зумовило подальше формування антиклінальних зон і локальних структур платформного чохла, поновлення процесів соляного діапіризму, активізації процесів висхідної субвертикальної міграції. Це спричинило утворення новітніх та переформування давніх покладів нафти й газу в їхніх межах. У міоценову фазу тектогенезу процеси міграції і формування скупчень нафти й газу відновилися і відтоді вже не переривалися аж до сьогодення.

Зрозуміло, що за таких геодинамічних умов поклади нафти й газу раніших етапів нафтогазонакопичення – пізньопалеозойського та мезозойського – не могли зберегтися в первинному вигляді. Вони були або переформовані внаслідок ускладнення геологічної будови в сучасному полі тектонічних напруг, або трансформовані з нафтогазових у вторинні скупчення асфальтів, мальт і важких нафт унаслідок дегазації та біохімічного розкладення, або повністю знищені в процесі дифузійного розсіювання та денудації в приповерхневих умовах зруйнуванням флюїдотривів і структурних форм – пасток.

Проблему віку покладів нафти й газу добре дослідив О. Лукін (2004). За даними ізотопних визначень U-Pb-методом, усі відомі скупчення важких нафт, наприклад, на

Яблунівському, Бугруватівському родовищах, Бахмацькій, Холмській, Тванській структурах є пізньопалеозойськими, віком від  $280 \pm 2,5$  млн років ( $P_1 - C_3$ ) до  $250 \pm 5,0$  млн років ( $P_2$ ). Водночас найбільші нафтові поклади таких родовищ, як Гнединцівське, Леляківське, Рибальське, Глинсько-Розбишівське мають молодший, мезозойський вік – від  $230 \pm 2,5$  млн років ( $T_2 - T_3$ ) до  $180 \pm 2,5$  млн років ( $J_1 - J_2$ ), а всі відомі газові і газоконденсатні поклади були сформовані в постміоценову епоху ( $N_2 - Q$ ), тобто мають вік від  $< 10$  млн років до 50 тис. років [9]. Наймолодші скупчення нафти й газу характеризуються, за нашими даними, аномально-напірними флюїдальними системами сухих метанових газів.

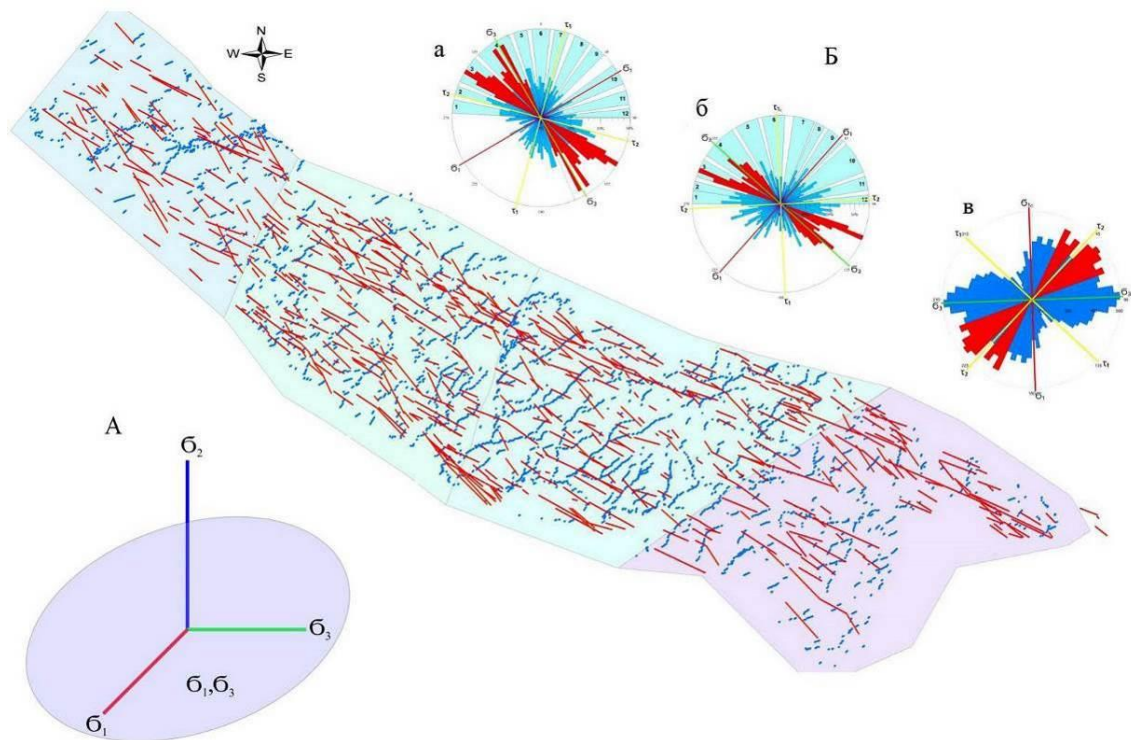


Рис. 6. Порівняльна схема рифтогенних та новітніх діагональних систем розломів у кристалічному фундаменті і осадовому чохла та в рельєфі денної поверхні

На врізках: А – схема напружено-деформаційного стану земної кори колізійного етапу еволюції

Б – рози-діаграми азимутального розміщення регіональної сітки тріщинуватості:

а – у докембрійському фундаменті; б – в осадовому чохла ( $C_{1v2}$ ); в – у рельєфі денної поверхні з діагностикою головних систем розломів та осей поля геодинамічних напружень

Отже, неодноразово відновлюваний, пульсаційний характер процесу міграції флюїдів відбивається у сучасних особливостях нафтогазоносності осадового чохла. Насамперед, у складних співвідношеннях нафто-, газо-, та водонасичених пластів в вертикальних перетинах багатопластових родовищ, які утворювалися завдяки неодноразовим надходжень порцій ВВ та наступної гравітаційної диференціації різнорідних глибинних нафтогазових сумішей. Це призвело до формування в розрізі осадового чохла кількох окремих поверхів нафтогазонагромадження, що суттєво відрізняються за фазово-геохімічним типом вуглеводнів, морфогенетичним типом структур-пасток, термобаричними та гідрогеологічними умовами нафтогазоносності надр.

**Висновки.** Формування сучасних родовищ нафти й газу у внутрішньоплитних рифтогенних осадових басейнах, таких як Дніпровсько-Донецький палеорифт, є

закономірним результатом тривалого, багатоетапного системоутворювального природного процесу континентального басейногенезу. Він є невід'ємним складником взаємопов'язаних глобальних процесів структурної диференціації континентальної земної кори та коро-мантійного онтогенезу нафти й газу. Умови протікання цих планетарних процесів визначаються регіональними особливостями просторово-часового прояву трьох головних типів напружено-деформаційного стану земної кори з переважанням тектонічних напруг стискання, розсування або горизонтального здвигання, а також їхніми складними поєднаннями.

Просторове розміщення осей геодинамічних напружень під час формування тектонічних структур ДДП визначало, разом з регіональним нахилом структурно-формаційних комплексів осадового чохла, напрямки міграції глибинних флюїдів, ділянки їхнього розвантаження, а також наступної акумуляції та консервації вуглеводнів у природних пастках з утворенням промислових родовищ нафти й газу. Із цього випливає, що механізми і процеси формування газових і нафтових скупчень потрібно досліджувати лише у взаємозв'язку з тектонічними процесами структуроутворення і сприймати як динамічний процес, діючий на всіх етапах еволюційного розвитку геоструктури палеорифту.

З огляду на вищенаведене, рекомендовано обов'язкове застосування тектонофізичних методів досліджень різнорангових тектонічних структур на стадії геологічного прогнозування та підготовки нафтогазопошукових об'єктів для локалізації новітніх зон розтягу в їхніх межах, які контролюють як головні канали вертикальної міграції вуглеводнів, так і забезпечують утворення вторинного епігенетичного ефективного порожнинного простору з формуванням зон промислової нафтогазоносності в надрах НГБ.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Бартащук О.* Системна організація диз'юнктивної тектоніки консолідованого фундаменту Дніпровсько-Донецького палеорифту. Частина 1. Лінеamenti // Вісник ХНУ. Серія "Геологія, географія, екологія". 2016. Вип. 45. С. 14-22.
2. *Бартащук О.* Системна організація диз'юнктивної тектоніки консолідованого фундаменту Дніпровсько-Донецького палеорифту. Частина 2. Лінійні зони горизонтально-здвигових дислокацій рифтового етапу // Вісник ХНУ. Серія "Геологія, географія, екологія". 2017. Вип. 47. С.7-17.
3. *Бартащук А.* Кривуля С., Василенко А. Соляно-сдвиговые структуры – новый перспективный объект для поисков нефти и газа в Днепровско-Донецкой впадине // Сб. материалов III-ей Международной науч.-практ. конф. "Нефтегазовая геофизика – инновационные технологии". Ивано-Франковск, Украина, 20-24 мая, 2013. С. 79-83.
4. *Василенко О.* Бартащук О., Панасенко В. Елементи здвигової тектоніки в формуванні Східно-Медведівського підняття // Вісник ХНУ. 2013. № 1049. С. 13-21.
5. *Гавриш В.* Глубинные разломы, геотектоническое развитие и нефтегазоносность рифтогенев. К.: Наук. думка. 1974. 160 с.
6. *Гзовский М.* Основы тектонофизики. М.: Наука. 1975. 536 с.
7. *Гинтов О.* Планетарные деформации земной коры, ротация Земли и движение литосферных плит // Геофиз. журн. 2001. 23. № 4. С. 69-82.
8. *Лазарук Я.* Тангенціальні рухи Дніпровсько-Донецької западини як один з чинників формування нафтогазоносних структур // Вісник КНУ. 2015. Вип. 1.
9. *Лукин А.* Прямые поиски нефти и газа: причины неудач и пути повышения эффективности // Геолог України. 2004. № 3. С. 18-43.
10. *Лукин А.* Цеха О., Гейко Т., Омельченко В. Тектоника северного борта Днепровско-Донецкого авлакогена в контексте общих закономерностей континентального рифтогенеза // Геол. журн. 2012. № 3. С. 7-38.
11. *Марков Г., Савченко С.* Напряженное состояние пород и горное давление в структурах гористого рельефа. Л.: Наука. 1984. 140 с.
12. *Пейве А.* Общая характеристика, классификация и пространственное расположение глубинных разломов // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1956. № 1. С. 90-105.

13. Стоянов С. Механизм формирования разрывных зон. М.: Недра. 1977. 143 с.
14. Чебаненко И. Ключко В., Верховцев В. Соотношение структурных планов, разломно-блоковой тектоники Днепровско-Донецкого авлакогена с нефтегазоносностью // Сб. науч. тр. "Проблемы нефтегазоносности кристаллических пород". К.: Наук. думка. 1991. С. 60-64.
15. Чебаненко И. Теоретические аспекты тектонической делимости земной коры. К.: Наук. думка, 1977. 84 с.
16. Wilson J. T. Did the Atlantic close and then open Nature. 1966. V. 211. P. 676-681.

#### REFERENCES

1. Bartaschuk O. 2016. System organization of disjunctive tectonics of consolidated basement in Dnipro-Donets paleorift. Part 1. Lineaments. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv University, series – "Geology. Geography. Ecology", 45, 14-22. – in Ukrainian
2. Bartaschuk O. 2017. System organization of disjunctive tectonics of consolidated basement of Dnipro-Donets paleorift. Part 2. Linear zones of horizontal-shear dislocation at rifting stage. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv University, series "Geology. Geography. Ecology", iss. 47. p. 7 – 17– in Ukrainian
3. Bartashchuk O., Krivulia, S., Vasylenko, O. 2013. Salt-shift structures as a new promising object for oil and gas exploration in the Dnipro-Donets Basin. Collection of materials of the 3rd International Scientific and Practical Conference "Oil and gas geophysics - innovative technologies", Ivano-Frankivsk, Ukraine, May 20-24. 2013. p. 79-83. – in Russian
4. Vasilenko O., Bartaschuk O., Panasenko V., Zdorovenko, M. 2013. The elements of strike-slip fault tectonics in the formation of east-medvedovsk structural high. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv University, no. 1049. p. 13 – 21. – in Ukrainian
5. Gavrish V. 1974. Deep faults, geotectonic development and oil and gas content of rifts. Kyiv, Nauk. Dumka. p. 160. – in Russian
6. Gzovsky M. 1975. Fundamentals of Tectonophysics [Text]. Moscow, Nauka, 536. – in Russian
7. Gintov O. 2001. Planetary Earth's crust deformations, Earth's rotation and lithospheric plates movements. Geophysical Journal, no. 4 (23). p. 69-82 – in Russian
8. Lazaruk Ya. 2015. Tangential movements of Dniper-Donets Depression as one of the factors of formation of oil and gas-bearing structures. Visnyk Taras Shevchenko National University of Kyiv, iss. 1 (68). p. 6--9. – in Ukrainian
9. Lukin A. 2005. Direct searches for oil and gas: causes of failures and ways to increase efficiency. Geologist of Ukraine, no. 3. p. 7 – 38. – in Russian
10. Lukin A., Tseha O., Geyko T., Omelchenko V. 2012. Tectonics of the northern edge of the Dnieper-Donets aulacogen in the context of the general laws of continental rifting. Geology Journal, no. 3. p. 7-38. – in Russian
11. Markov G., Savchenko S. 1984. Stress state of rocks and rock pressure in mountainous terrain structures. Leningrad: Nauka. 140 p. – in Russian
12. Peive A. 1956. General characteristics, classification and spatial location of deep faults. Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Geology series, no. 1. p. 90 – 105. – in Russian
13. Stoyanov S. 1977. The mechanism of formation of rupture zones. Moscow, Nedra Publ, 143. – in Russian
14. Chebanenko I., Klochko V., Verkhovtsev V. 1991. The relation of structural plans, fault-block tectonics of the Dnipro-Donets aulacogen with oil and gas content. Collection of scientific papers "Problems of oil and gas potential of crystalline rocks". Kyiv: Naukova Dumka, p. 60 – 64. – in Russian
15. Chebanenko I. 1977. Theoretical aspects of tectonic divisibility of the earth's crust. Nauk. Dumka. p. 84 – in Russian
16. Wilson J. T. 1966. Did the Atlantic close and then open Nature. V. 211. p. 676-681.

**O.V. Bartashchuk**

#### **EVOLUTION OF GEODYNAMIC CONDITIONS OF PETROLEUM POTENTIAL OF EARTH'S CRUST AT DNIPRO-DONETS PALEORIFT**

Exploring tension-deformation state (TDS) of earth's crust takes the most priority position in the modern world geotectonic since the data about TDS is the main source of understanding geological structure and evolution of geodynamic geostructure's modes with diverse scale and genesis. Especially important thing is their part in exploring continental intraplate geostructures-grabens and rifts to which belong majority of oil and gas world's basins.

By the example of Dnipro-Donets paleorift are demonstrated relevance and practical significance of tectonic surveys in diagnosis of tectonic movements' types, reconstructions of tectonic tension's fields of rock with the aim to forecast modern stretching zones which control ways of hydrocarbons' migration and zones of commercial oil and gas accumulation which are characterized by high density of commercial objects and high levels of petroleum potential in the bowels of the oil and gas world's basins.

*Key words:* geodynamic evolution, tension-deformation state, tectonic tensions, stretching zones, petroleum potential.

**А.В. Бартащук**  
**ЭВОЛЮЦИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ**  
**ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОГО ПАЛЕОРИФТА**

Исследования напряженно-деформационного состояния (НДС) земной коры в современной мировой геотектонике занимают приоритетное место, потому что сведения о НДС являются главным источником познания геологического строения и эволюции геодинамических режимов геоструктур различного масштаба и генезиса. Особенно важна их роль при изучении континентальных внутриплитных геоструктур-грабенов и рифтов, к которым относится большинство нефтегазоносных бассейнов (НГБ) мира.

На примере Днепровско-Донецкого палеорифта продемонстрирована актуальность и прикладное значение тектонофизических исследований по диагностике типов тектонических движений, реконструкций полей тектонических напряжений горных пород с целью прогнозирования новейших зон растяжения, контролирующих пути миграции углеводородов и зоны промышленного нефтегазонакопления, характеризующиеся высокой плотностью промышленных объектов и большими этажами нефтегазоносности в недрах НГБ.

*Ключевые слова:* геодинамическая эволюция, напряженно-деформационное состояние, тектонические напряжения, зоны растяжения, нефтегазоносность.

Український науково-дослідний інститут природних газів, м. Харків  
Бартащук Олексій Вацлавович  
E-mail: bartaschuk.alexey@ndigas.com.ua

Стаття надійшла: 10.11.2017