

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/45\\_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/45_2020)

УДК 551.242/.243(477.5)

**Барташук А.В.**Украинский научно-исследовательский институт природных газов (УкрНИИГаз), Харьков, Украина, [alekseybart@gmail.com](mailto:alekseybart@gmail.com)

## **КОЛЛИЗИОННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ. ЧАСТЬ 3. ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ИНВЕРСИИ**

*На основании результатов структурно-кинематического анализа деформационных структур, идентифицированных в складчатых этажах юго-восточного сегмента Днепровско-Донецкой впадины, и анализа проведенных ранее исследований механизмов инверсионного структуроформирования, разработана принципиально новая геодинамическая модель тектонической инверсии рифтогенной структуры.*

*Коллизионные деформации позднегерцинской эпохи в осадочном чехле Западно-Донецкого грабена происходили в режиме тангенциального сжатия рифтогенной структуры в юго-западных румбах. В региональном горизонтально-сдвиговом поле это обусловило тектонический транспорт осадочных геомас от сверхсжатой осевой зоны в направлении геодинамических убежищ на южном борту грабена. Линейные анти- и синформы формировались по механизму продольного изгиба слоев вследствие коллизионного коробления горизонтов. В киммерийскую и альпийскую эпохи деформации продолжались в сдвиго-надвиговом режиме с компонентой сжатия в северо-западных румбах. Это вызвало тектонический транспорт геомас в направлении от складчатого Донбасса в пределы юго-восточной части впадины, на герцинский неоавтохтон и слабо дислоцированный синеклизный автохтон, с образованием покровно-складчатой системы надвигания.*

*Оригинальной геодинамической моделью предусмотрено осложнение рифтогенной структуры на юго-востоке впадины эшелонами надвинутых покровов и кулисно сочлененной, приразломной взбросо-складчатостью. Кинематический механизм инверсии обусловлен давлением «тектонического штампа» Донецкого складчатого пояса, во фронте которого клиноформный тектонический сегмент вклинивания геомасс идентифицирован ороклином выдвигания поддвигового типа. «Тектоническими рельсами вторжения» ороклина послужили две фланговые (северо-восточная и юго-западная) и осевая (центральная) линейные зоны горизонтально-сдвигового контроля. В форланде ороклина образованы геодинамические полосы нагнетания геомас, где расположены линейные взбросо-складчатые зоны. На окончаниях магистральных сдвиго-надвигов наблюдаются передовой чешуйчатый веер сжатия, в хинтерланде ороклина, на корнях тектонических покровов надвигания - сутурные складчатые зоны. Структурным результатом коллизионных деформаций на юго-востоке впадины является формирование инверсионной геоструктуры регионального масштаба - Западно-Донецкой покровно-складчатой области.*

**Ключевые слова:** *геодинамическая модель тектонической инверсии, ороклин выдвигания геомасс, тектонический штамп Донецкого складчатого пояса, Западно-Донецкая покровно-складчатая область.*

Геологические условия генерации и миграции углеводородов в угленосной толще Донбасса и их последующей аккумуляции и консервации в природных структурах-ловушках обусловлены особенностями седиментационной и структурной эволюции бассейна

осадконакопления, которые определяются геодинамическими обстановками, господствовавшими на отдельных этапах его геологической истории. Представить в одной статье все имеющиеся взгляды на тектонические силы, движения и процессы, обусловившие заложение и геологическое развитие Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) и Донбасса, практически невозможно, поэтому ниже приведен аналитический обзор наиболее известных и значимых теоретических концепций отечественных геологов относительно структуроформирования и тектонической инверсии рифтогенной структуры.

Согласно статической модели «тектонического колебания коры», инверсионная складчатость ДДВ вызвана вертикальными, возвратно-поступательными тектоническими движениями прилегающих к ней докембрийских геоблоков Воронежской антеклизы (ВА) и Украинского щита (УЩ) [Михалев, Бородулин, 1976]. Деформации коробления слоев осадочных пород представлялись в условиях попеременного наклона двух кристаллических массивов навстречу друг другу и в обратном направлении. Этот механизм основан лишь на анализе локального уменьшения толщины (менее 30 м) угленосной свиты С<sub>2</sub><sup>6</sup> московского яруса в направлении от замка Главной антиклинали к ее крыльям. Однако, ранее показано [Ткаченко, 1968], что точность измерения толщин угленосных свит Донбасса составляет 45-50 м, поэтому меньшие изменения толщин (до 30 м), представленные ранее в доказательство своей гипотезы, не годятся для ее подтверждения [Михалев, Бородулин, 1976]. В данной модели не определена природа движущих сил тектонической инверсии, а также не учтена роль горизонтально-сдвиговой компоненты движений.

Динамическая «Интерференционная модель» реализуется в геодинамической обстановке взаимодействия двух тектонически пересекающихся региональных геоструктур [Особенности тектоники..., 1984; Привалов, 1998]. В данной модели тектоническая инверсия Донбасса объясняется его неординарной тектонической позицией в тектоническом узле пересечения двух разновозрастных, «планетарных» глубинных разломных зон литосферы Восточно-Европейской платформы, над которыми сформировались геоструктуры «Великодонецкого прогиба» и «Степного вала». Субмеридионально вытянутая, линейная раннепротерозойская структура Степного вала представляла собой подвижный пояс. Его тектоническая активизация и орогенический подъем в конце карбона в модели рассматривается результатом коллизионного взаимодействия плит в районе Уральского палеоокеана, в то время как ДДВ и восточная часть вала Карпинского - геоструктурами с тенденцией к погружению. Дальняя коллизия плит индуцировала поступательно-вращательные движения в герцинской структуре Донбасса, вызвав инверсию тектонического режима Донбасса и прилегающей части ДДВ и создав благоприятные геологические условия для формирования линейной складчатости в этих геоструктурах. Однако, по геологическим

данным, коллизионные столкновения плит в районе Уральского бассейна начались ранее, в начале карбона [Самыгин, Хаин, 1985], поэтому уральская фаза орогенеза ( $C_3$ - $P_1$ ) не отразилась на близрасположенных структурах Пачелмского грабена [Шатский, 1955]. Кроме того, Степной вал большинством исследователей рассматривается составной частью Доно-Медведицкого авлакогена, с карбона по триас, входящего в состав Приволжской моноклинали. Учитывая тот факт, что тектоническая инверсия этого авлакогена началась лишь в конце триаса [Авлакогены..., 1978], роль не синхронных орогенических движений Степного вала при формировании инверсионной структуры Донецкого складчатого пояса (ДСП) представляется сомнительной.

Статическая модель «магматогенного сводообразования» при образовании рифтогена, согласно рифтогенной гипотезы сводообразования [Френд, 1970] является наиболее популярной среди отечественных геологов и лежит в основе большинства моделей. В опубликованных ранее работах показано, что заложение и тектоническую активизацию рифтогенной структуры ДДВ и Донбасса вызвало вторжение в континентальную литосферу горячего мантийного диапира (плюма) [Чекунов, 1967; Рифтогенез..., 1977; Чирвинская, Соллогуб, 1980; Геология и нефтегазоносность..., 1989; Рифтовые зоны..., 1987].

Более поздняя модификация «модели сводообразования» предполагает, что инверсионный режим и складчатость ДДВ и Донбасса могли быть обусловлены процессами охлаждения мантийного диапира, внедрившегося в земную кору под рифтогеном [Милановский, Никишин, 1991]. В соответствии с ней, на стадии охлаждения мантии кора под рифтом насыщалась мантийными флюидами, становясь более пластичной по сравнению с окружающими блоками дегазированной и жесткой консолидированной коры. Вследствие этого, при последующем тангенциальном коллизионном сжатии рифтогена пластичная часть коры выдавливалась вверх. При этом, проходя сквозь «жесткую раму» осадочного бассейна она деформировалась в складки продольного изгиба. Таким образом, на начальном этапе инверсии, которую бездоказательно относят к киммерийской эпохе орогенеза, глубинный магматогенный очаг определял «термонапряженное состояние» земной коры под рифтогеном ДДВ [Милановский, Никишин, 1991]. В альпийскую эпоху его охлаждение и вызванная этим процессом релаксация тектонических напряжений сжатия могли вызвать инверсионные деформации и структуроформирование [Милановский, Никишин, 1991]. Эта модель не подтверждается геологическими данными, согласно которым основная складчатость ДДВ и крупные линейные складки Донбасса имеют более ранний, позднегерцинский возраст [Корчемагин, Емец, 1987]. Установлено, что менее значительная по масштабу проявления альпийская складчатость лишь осложняет крупную, первично линейную герцинскую складчатость [Горяинов, 1999, 2004, 2017; Копп, Корчемагин, 2010].

Кроме того, моделью не предусмотрено участия горизонтальных тектонических движений в формировании инверсионной структуры ДДВ.

Согласно статической «физико-химической модели» тектонической инверсии [Корчемагин, Рябоштан, 1987], механизм инверсионной складчатости Донбасса обусловлен структурно-вещественными трансформациями глинистых пород палеозойской осадочной толщи. По мнению авторов гипотезы, из-за объемного расширения глин в процессе физико-химического преобразования глинистых минералов может происходить значительное утолщение разреза осадочного чехла бассейна. Дополнительное геостатическое давление осадочной толщи вызывает инверсионную компенсацию тектонических напряжений, реализующуюся, в соответствии с моделью, в деформационном структуроформировании. Однако, этой моделью предусмотрено обязательное наличие регионального метаморфизма осадочных пород чехла, что не установлено в угленосных свитах палеозоя на территории ДДВ и Донбасса [Стратиграфія..., 1993].

В соответствии со статической «мембранной моделью» формирования Донбасса [Тектоника метаноугольных..., 2008], механизм рифтогенеза и инверсионного структурообразования обеспечивали так называемые «мембранные напряжения» в литосфере Земли [Turcotte, 1974]. Авторами они считаются достаточными для холодного разрыва и растяжения консолидированной земной коры как на этапе рифтинга, так и на инверсионных этапах ее деформирования при коллизионном сжатии с образованием складчатости. Однако, эта модель не подтверждена геологическими данными и не обоснована с точки зрения природного механизма структурных деформаций, отрицая определяющую роль инверсионных движений и деформаций на структуроформирование, установленную для ДДВ [Особенности тектоники..., 1984; Корчемагин, Емец, 1987; Привалов, 1998; Горяйнов, 1999, 2004, 2017; Копп, Корчемагин, 2010; Гончар, 2019, Бартащук, 2019].

В соответствии с динамической «моделью тектонического вдвигания» [Истомин, 1996], ДСП считается составной складчатой геоструктурой Крымско-Северокавказского герцинского орогенического пояса, охватывающего в восточной части вал Карпинского. Формирование складчатой структуры Донбасса рассматривается результатом тектонического вдвигания передовых складок орогенического пояса в «тектонический залив» между юго-восточным склоном ВА и Приазовско-Ростовским выступом УЩ, что имеет достаточно весомую геологическую аргументацию. Однако, структурные деформации осадочного чехла автором объясняются только вертикальными движениями, обусловленными режимом тангенциального сжатия рифтогенной структуры, при этом определяющая роль горизонтальных движений и вызванных ими инверсионных деформаций не учитывается.

Динамическая «индукционно-резонансная модель» формирования ДДВ и Донбасса

[Гончар, 2019] основывается на данных сравнения реконструированных и модельных полей тектонических напряжений. Тектоническая инверсия и структуроформирование в данной модели объясняется резонансными деформационными процессами, индуцированными территориально достаточно удаленными орогеническими событиями. Земная кора под рифтогенной впадиной на основе весомых геологических данных рассматривается автором в качестве тектонически ослабленной региональной зоны концентрации межплитных деформаций. На этом основании считается, что тип наведенных деформаций рифтогенной структуры, расположенной в тылу компрессионного орогена, определяется характером взаимодействия тектонических плит на активных «тетических» окраинах ВЕП. Поэтому фазы складчатости и вызванная ими седиментационная и тектоническая инверсии ДДВ и Донбасса в данной модели логично рассматриваются результатом пространственно удаленных коллизионных деформационных процессов, происходивших в течение позднегерцинской, киммерийской и альпийской эпох орогенеза. Однако, эта модель не объясняет кинематического механизма коллизионных деформаций рифтогенной структуры.

Таким образом, анализ показывает, что большинство рассмотренных геотектонических моделей основывается на концепции статической геотектоники, связывающей процессы рифтогенеза, осадконакопления, формирования инверсионного тектонического режима и складчатых деформаций только с вертикальными движениями блоков фундамента либо подъемом горизонтов осадочного чехла сквозь «жесткую раму» осадочного бассейна, полностью игнорируя структуроформирующую роль горизонтальных перемещений геомасс. К сожалению и в динамических моделях горизонтальные движения рассматриваются не причиной, а следствием вертикальных перемещений. В большинстве моделей не определен природный кинематический механизм инверсионных деформаций.

С учетом результатов проведенного анализа в настоящее время назрела необходимость разработки принципиально новой геодинамической модели геотектонического развития ДДВ, обоснованной с позиций тектонофизики [Гзовский, 1975] и динамической геотектоники [Введение в физические..., 2011], позволяющих диагностировать природный кинематический механизм инверсионных деформаций рифтогенной структуры. В данной статье сделана попытка решения этой актуальной проблемы региональной тектоники. С применением структурно-кинематического анализа рисунков деформационных структур [Ребецкий, 2005], с использованием новейших геофизических (А.В. Полівцев, УкрГГРИ, 2008), тектонофизических данных [Гончар, 2019] и материалов геокартирования (С. Горайнов, Ю. Скляренко, УкрНИИГаз, 2017), с привлечением разработанных ранее плодотворных идей «тектонического вдвигания» и «индукционно-резонансных деформаций», на основе разработанной автором на предыдущем этапе исследований

кинематической схемы образования Западно-Донецкой покровно-складчатой области, решается задача моделирования геодинамики инверсионных процессов на территории юго-востока ДДВ и переходной зоны со складчатым Донбассом.

Структурный анализ новейших данных геокартирования позволил установить, что на территории ЗДГ и переходной зоны с ДСП сформировался специфический, инверсионный тектонический стиль деформаций. Установлено, что начало тектонической инверсии и основной складчатости ДДВ приходится на позднегерцинскую эпоху орогенеза (середина-конец ранней перми) [Донецкий бассейн..., 1963]. Большой части территории ДДВ присуще региональное юго-восточное погружение комплексов платформенного осадочного чехла [Чирвинская, Соллогуб, 1980; Геология и нефтегазоносность..., 1989]. Оно контролируется системами магистральных сбросов, образующих поперечные ступени, разделяющие сегменты впадины с разными толщинами осадочного выполнения (см. рис. 1, [Барташук, 2020а]). В отличие от рифтогенной, инверсионная структура грабена и переходной зоны со складчатым Донбассом характеризуется обратным погружением Герцинского и Альпийского складчатых структурных этажей в северо-западном направлении по эшелонам надвигов (С. Горяйнов, Ю. Скляренко, УкрНИИГаз, 2017); (см. рис. 4, [Барташук, 2020а]). Западная граница области развития инверсионных деформаций установлена по меридиану г. Балаклея [Барташук, 2020а]; (см. рис. 1, 5, [Барташук, 2020б]). Этот геологический феномен объясняется автором постседиментационным увеличением толщины осадочного чехла вследствие перекрытия слабодислоцированного палеозойского автохтона впадины на территории ЗДГ интенсивно дислоцированной, смятой в складки аллохтонной толщей осадков. Показано, что аномальные толщины складчатых этажей чехла могли образоваться путем сокращения геологического пространства по латерали при одновременном его увеличении по вертикали по кинематическому механизму формирования типичной покровно-складчатой системы за счет поэтапного новообразования тектонических пластин складчатых покровов (см. рис. 6, врезка б [Барташук, 2020б]).

По результатам изучения геодинамических обстановок платформенной тектонической активизации установлено, что тектоническая инверсия ДДВ происходила в режиме интерференции общеплитной коллизии с региональным горизонтально-сдвиговым полем напряжений [Барташук, 2020б]. При этом, поле напряжений характеризовалось наклоном оси растяжения в субширотном направлении и осью сжатия, наклоненной в северо-западных (заальская и пфальская фазы позднегерцинской эпохи орогенеза), северных (ларамийская фаза ранне-альпийской эпохи) и северо-восточных (аттическая фаза поздне-альпийской эпохи) румбах [Корчемагин, Рябоштан, 1987; Горяйнов, 1999, 2004]. На протяжении этих фаз деформаций сформировались три отдельных складчатых этажа (С. Горяйнов, Ю. Скляренко,

УкрНИИГаз, 2017). Деформации рифтогенной структуры происходили в режиме косой левосторонней коллизии в поле напряжений сжатия юго-западного направления. На главном, мезозойско-кайнозойском этапе тектонической инверсии сформировалось поле сжимающих напряжений правосторонней кинематики движений [Гончар, 2019].

О значительных амплитудах горизонтальных перемещений геомасс вдоль сдвиго-надвигового тектонического каркаса свидетельствует установленное на территории ЗДГ повсеместное развитие в структурном плане дислокационных этажей осадочного чехла дизъюнктивных и пликативных деформационных структур горизонтального сдвига [Бартащук, 2019]. Они представлены веерообразно расходящимися и флексурно изогнутыми рисунками разновозрастных решеток разломов и осей приразломных антиклиналей, в разрезе осадочных комплексов образующих типично сдвиговые структуры «цветка» и «пальмового дерева», кулисно сочлененными взбросо-складчатыми зонами, эшелонированными рядами тектонических чешуй и пластин надвинутых покровов (см. рис. 2-5 [Бартащук, 2020а]; см. рис. 1, 2 [Бартащук, 2020б]).

На этой геодинамической основе автором разработана кинематическая схема формирования Западно-Донецкой покровно-складчатой области, впервые выделенной в качестве инверсионной геоструктуры регионального масштаба в юго-восточной части ДДВ [Бартащук, 2020б]. Она предусматривает тектонический транспорт осадочных геомасс палеозойского чехла от сверхсжатых участков в зоны «геодинамической тени» в двух основных направлениях: из осевой зоны к северному и южному бортам ЗДГ и из ДСП на северо-запад - в сторону ДДВ (см. рис. 6 [Бартащук, 2020б]).

Первое направление перемещения геомасс является поперечным к оси грабена. Оно обусловлено герцинскими движениями юго-западного направления, которые вызвали в палеозойском чехле повсеместные пологие тектонические срывы и деформационное структуроформирование во взбросо-надвиговом режиме за счет коллизионного коробления горизонтов (см. рис. 1, 4 [Бартащук, 2020б]). Второе, так называемое «донецкое» направление выжимания геомасс, является продольным, наиболее присущим территории ЗДГ. Оно обусловлено киммерийскими и альпийскими движениями северо-западного направления, вызвавшими вторичную складчатость в сдвиго-надвиговом режиме (см. рис. 4 [Бартащук, 2020б]).

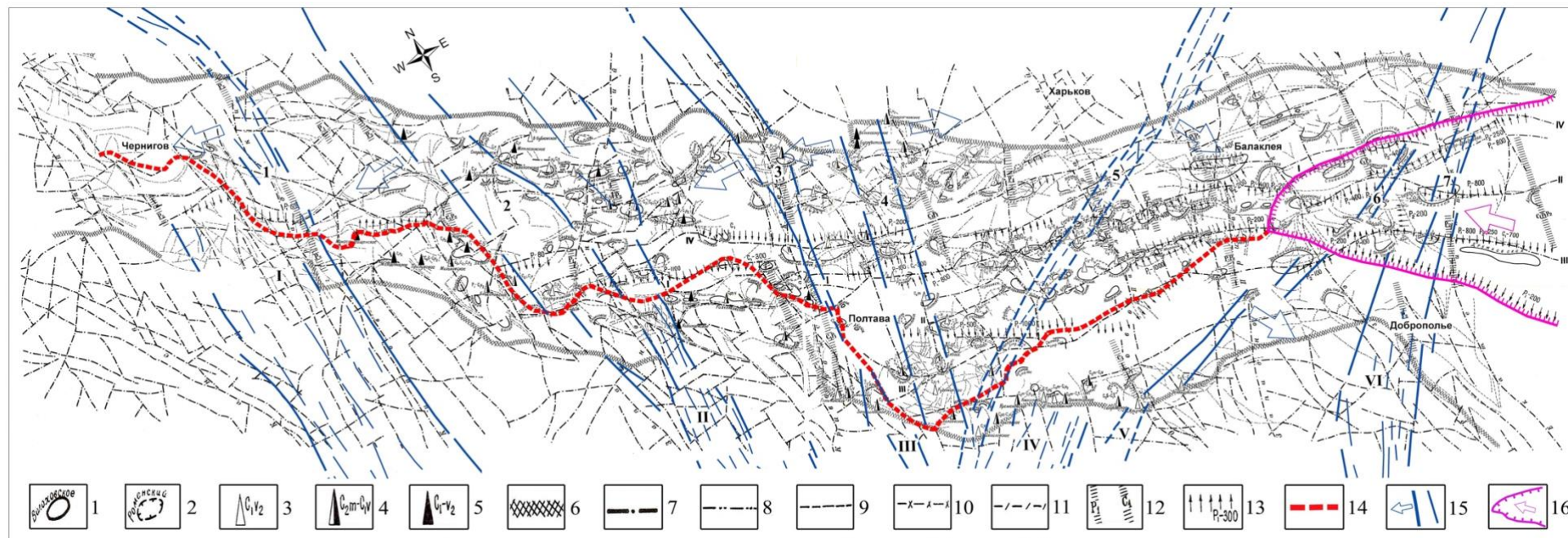
В альпийском тектоническом поле напряжений герцинская взбросо-надвиговая решетка левосторонней кинематики движений, которой контролировалась система поперечного надвигания геомасс, деформирована альпийской сдвиго-надвиговой решеткой продольной, правосторонней кинематики движений. Такая геологическая ситуация привела к образованию перекрестно-надвигового тектонического каркаса, контролирующего

деформационные структурные ансамбли складчатых покровов поперечного и продольного надвигания геомасс (см. рис. 1, 2 [Бартащук, 2020a]; рис. 2 [Бартащук, 2020б]). В условиях ограниченного геологического пространства осадочного чехла грабена альпийские движения обусловили деформирование первичного герцинского надвигового каркаса и флексурные осложнения динамически сопряженной с ней приразломной, линейной взбросо-складчатости северо-западных, «донецких» направлений, за счет их приспособления к новым, криволинейным трассам надвигов (см. рис. 1 [Бартащук, 2020a]).

Согласно представленной в статье геодинамической модели тектонической инверсии ДДВ, прогрессирование деформации коллизионного сжатия в киммерийскую и альпийскую эпоху вызвало появление на территории ЗДГ «тектонических рельс вторжения» геомасс, расположенных вдоль плоскостей краевых магистральных сдвиго-надвигов северо-западного простиранья. Под давлением тектонического штампа ДСП, который испытывал инверсионный подъем, вдоль этих «тектонических рельс» на территории ЗДГ и переходной зоны с ДСП сформировался клиноформный тектонический сегмент вклинивания геомасс. Существование этой инверсионной структуры как природного геологического объекта, образовавшегося здесь вследствие инверсии тектонического режима ДДВ, в достаточной мере обосновано геолого-геофизическими данными [Бартащук, 2020a, б].

Анализ карты дорифейских глубинных разломов ДДВ показывает, что большая часть осевой зоны впадины – от меридиана г. Чернигов до меридиана г. Балаклея - осложнена одним (северо-западная часть) либо двумя парными, в юго-восточном сегменте, осевыми рифтовыми разломами (рис. 1). Это свидетельствует о слабой интенсивности коллизионного деформирования ее рифтогенной структуры в этих пределах. В то же время, совершенно иной, инверсионный тектонический каркас сформировался в области впадины, расположенной восточнее меридиана г. Балаклея, соответствующей территории ЗДГ и переходной зоны с ДСП. При переходе к субширотной структуре складчатого Донбасса, краевые разломы образуют резкие флексурные изгибы на юго-восток. Вместо парных осевых разломов здесь четко выделяются два сходящихся к северо-западу магистральных сдвиго-надвига - Самарский и Северо-Донецкий. Они приобретают криволинейную форму, сочленяясь в осевой зоне грабена, в районе выклинивания осевых рифтогенных разломов. Их клиновидное соединение ограничивает в пределах грабена тело клиноформного сегмента вторжения осадочных геомасс. Таким образом, выделенный инверсионный тектонический элемент проявляется в структуре впадины как природный геологический объект регионального масштаба. Его формирование, по мнению автора, является наиболее очевидным структурным результатом значительного коллизионного усложнения рифтогенной структуры.





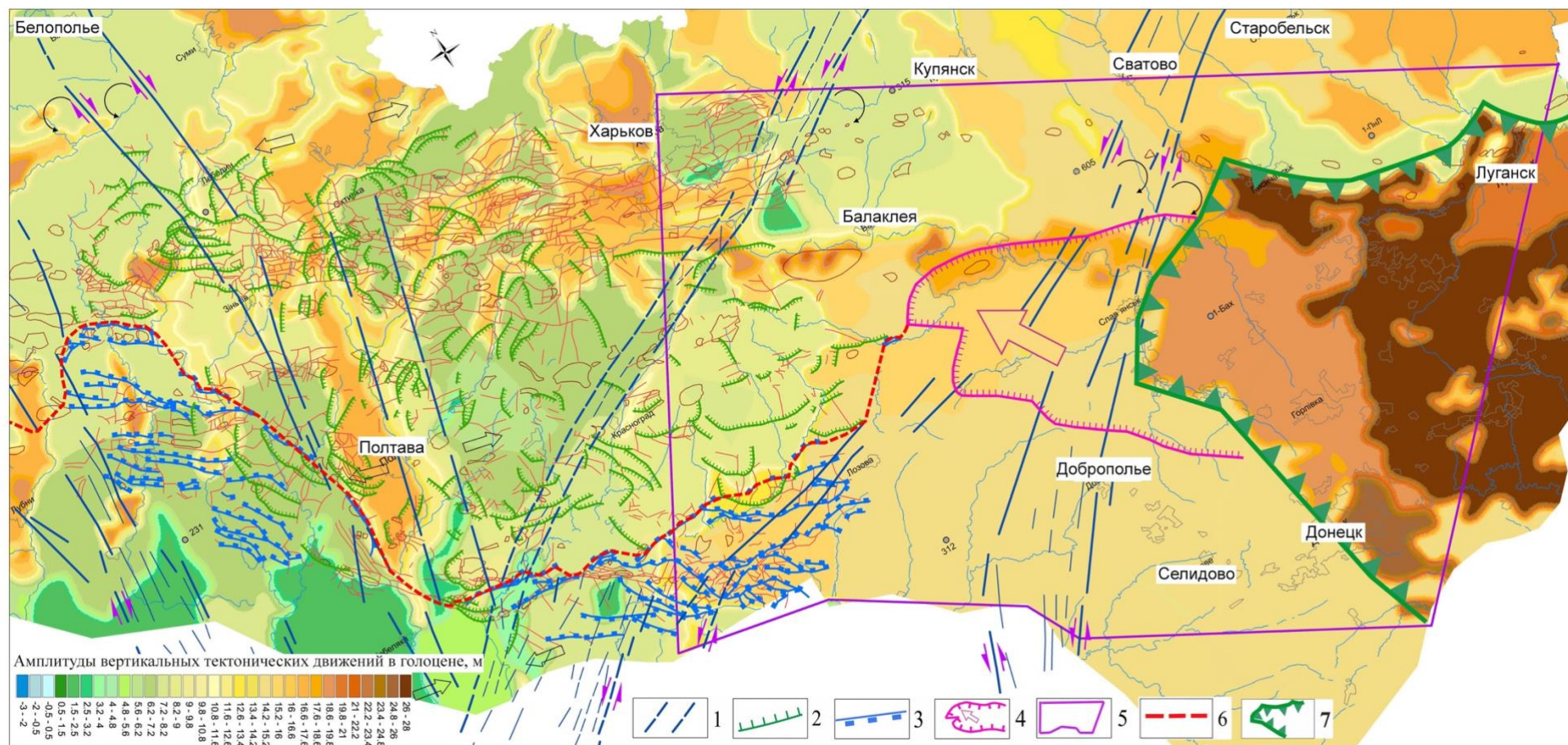
**Рис. 1. Карта дорифтовых разломов Днепровско-Донецкой впадины [Глубинные геологические срезы..., 1978]**

1 - структуры чехла; 2 - соляные штоки; 3-5 - месторождения нефти и газа и возраст залежей; 6-11 - разломы: 6 - краевые; 7 - в фундаменте; 8 - девоне; 9 - карбоне; 10 - перми; 11 - на локальных структурах; 12-13 - изменения толщины осадочных комплексов по: 12 - возрасту; 13 - направлениям и градиентам изменений, в м; 14 - граница зон инверсионных деформаций [Бартацук, 2019]; 15 - межсегментные зоны горизонтально-сдвигового контроля; 16 - Западно-Донецкий сегмент вклинивания [Бартацук, 2020а, б].

Анализ распределения положительных аномалий амплитуд на карте вертикальных новейших (голоценовых) тектонических движений в пределах ДДВ (А.В. Полівцев, УкрГГРИ, 2008), по мнению автора, также свидетельствует в пользу корректности клиноформной деформационной структуры, осложняющей рифтогенную структуру в юго-восточной части впадины. К востоку от меридиана Сватово-Доброполье, на территории ЗДГ и переходной зоны с ДСП прослеживается поле повышенных положительных аномалий вертикальных неотектонических движений (рис. 2), где отмечена клиновидная область максимальных значений амплитуд (21-28 м), которая располагается на западных склонах складчатого Донбасса и отождествляется с выделяемой автором зоной тектонического геоблока-штампа ДСП. С северо-запада к этой области прилегает менее четко выраженный район относительно повышенных значений амплитуд неотектонических движений (14,2-21 м), который сопоставляется с телом клиноформного сегмента тектонического вторжения геомас, сформированного под давлением этого тектонического штампа.

С учетом известной классификации деформационных структур, образованных в результате горизонтальных перемещений внутри подвижных поясов [Копп, 1991], выделенный тектонический клиноформный сегмент диагностирован автором поперечным ороклином тектонического выдвигания геомасс поддвигового типа (см. рис. 6, врезка а [Барташук, 2020б]). Тектонический ороклин выдвигания рассматривается в качестве структурного оформления горстовидно воздымающегося геоблока-штампа на западном склоне складчатого Донбасса. По результатам структурно-кинематического анализа, ороклинная структура штампа обладает аномально увеличенной степенью сжатия дислоцированных геомасс во фронте своего вторжения. В соответствии с законами геомеханики [Гзовский, 1975], при образовании подобных деформационных структур, в процессе поперечного изгибания слоев осадочных пород, на их выпуклой поверхности устанавливается режим продольного растяжения, а на вогнутой - режим продольного сжатия. Это обусловлено недостатком геологического пространства в непосредственной близости к тектоническому штампу, вследствие чего выпуклая сторона поддвигового ороклина обращена в направлении горизонтального перемещения сформировавшего ее тектонического штампа складчатого Донбасса - на северо-запад.

Во фронте вдвигания исследуемого тектонического ороклина, по данным структурно-кинематического анализа деформаций, образовались геодинамические полосы нагнетания - зоны вытеснения осадочных геомасс. Они представлены антиклинальными взбросо-складчатыми структурными зонами. Северо-восточное крыло фронта вторжения слагают средние по размерам Торско-Дробышевская, Северо-Донецкая и Матросско-Тошковская складчатые зоны (см. рис. 6 [Барташук, 2020б]).



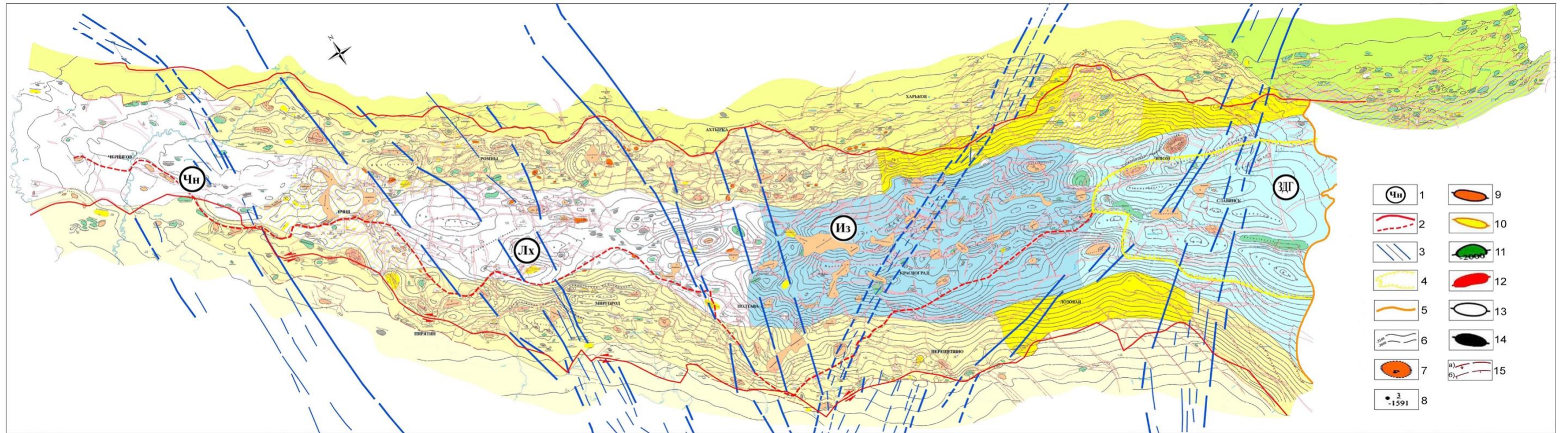
**Рис. 2. Фрагмент карты вертикальных неотектонических (голоценовых) движений (А.В. Полівцев, УкрГГРИ, 2008)**

1 - дорифтовые глубинные разломы [Крылов, 1987], 2-3 - деформационные структурные парагенезы [Бартацук, 2019]: 2 - растяжения, 3 - сжатия; 4 - Западно-Донецкий сегмент вклинивания; 5 - территория исследований; 6 - граница продольных зон коллизионных деформаций Днепровско-Донецкой впадины [Бартацук, 2019]; 7 - фронт тектонического штампа Донецкого складчатого пояса.

Тогда как наиболее крупные антиклинальные формы - Велико-Камышевахская, Новотроицкая, Дружковско-Константиновская и Главная взбросо-антиклинали, располагаются в Центральной зоне горизонтально-сдвигового контроля, сформированной плоскостями Осевого (Дилеевского) и северными ветвями Самарского и Алмазного ларамийских сдвиго-взбросов (см. рис. 2 [Барташук, 2020а]; рис. 6 [Барташук, 2020б]). Центральная линейная сдвиговая зона, с позиций тектонофизики, идентифицирована осью продольной тектонической симметрии ороклина выдвигания. Представляется, что ее формирование обусловлено позднегерцинскими движениями, вызвавшими процессы тектонического растекания геомасс осадочного чехла от тектонически сверхсжатой осевой зоны к зонам «геодинамической тени» на бортах грабена.

В форланде вторжения ороклина поперечного выдвигания, в зоне сочленения центральной и южной парных ветвей осевых региональных разломов ДДВ, на окончаниях динамично сопряженных магистральных сдвиго-надвигов трех генераций образовалась типичная дизъюнктивная деформационная структура передового чешуйчатого тектонического «веера сжатия» (см. рис. 6 [Барташук, 2020б]). В хинтерланде системы выдвигания, расположенной на западных склонах Донецкого кряжа, наблюдаются деформационные сутурные зоны, охватывающие смятые в складки глубинные корни разновозрастных тектонических покровов надвигания.

Анализ фонда нефтегазоносных структур, выполненный на карте Днепровско-Донецкой нефтегазоносной провинции (ДДНГП), показывает следующее (рис. 3). Территория Западно-Донецкой покровно-складчатой тектонической области охватывает лишь мелкие газовые месторождения, приуроченные к палеозойским поднятиям «открытого» или «донецкого» типа. Для них характерно перекрытие тонким моноклиналильным кайнозойским чехлом, что в периферийных частях дополняется значительно сокращенным мезозоским разрезом. Они представлены линейными взбросо-антиклинальными складками, сгруппированными в пределах нескольких, хорошо изученных структурных зон в приосевой зоне грабена – Спиваковско-Краснооскольской, Торско-Дробышевской, Петровско-Троицкой. Полный размыв на этих структурах хемогенных отложений нижней перми, служащих надежным флюидоупором для основных по размеру запасов нефтяных и газоконденсатных месторождений во всех остальных нефтегазоносных районах ДДНГП, обусловил неблагоприятные геологические условия для формирования и консервации крупных скоплений углеводородов в их пределах.



**Рис. 3. Тектоническая карта Днепровско-Донецкой нефтегазоносной провинции** (по А. Холодних, Ю. Арсірій, ЧО УкрГГРИ, 2012 с дополнениями), [Барташук, 2019; Барташук, 2020а, б]

1 - сегменты: Чн - Черниговский, Лх - Лохвицкий, Из - Изюмский, ЗДГ - Западно-Донецкий грабен; 2 - продольные границы: Днепровского грабена и зон коллизионных деформаций; 3 - межсегментные зоны горизонтально-сдвигового контроля; 4 - Западно-Донецкий сегмент тектонического вклинивания; 5 - граница с Донецким складчатым сооружением; 6 - изогипсы кровли доверхневизейских отложений; 7 - девонские соляные диапирсы; 8 - скважины поисково-разведочные (номер и абсолютная отметка кровли доверхневизейских отложений); 9-14 - локальные структуры: 9 - сквозные, 10 - палеогеновые, 11 - мезозойские, 12 - пермские, 13 - среднекаменноугольные, 14 - доверхнесерпуховские; 15 - разрывные нарушения: сбросы, надвиги и взбросы.

Отсюда вытекает практическая значимость сформулированных автором теоретических выводов, позволяющих существенно дополнить и уточнить оценку перспектив нефтегазоносности и определить новые направления нефтегазопоисковых работ на территории юго-восточной части ДДНГП. Одним из главных направлений работ предполагается выявление и картирование поднадвиговых приразломных структур в зонах горизонтального сдвигания, сформированных под плоскостями разновозрастных систем сдвига-надвигов и взбросов. Такие погребенные структуры могут быть представлены опрокинутыми, лежащими линейными антиклиналями, залегающими в герцинском этаже палеозойского чехла под многочисленными тектоническими пластинами и чешуями надвинутых складчатых покровов. Благоприятные геологические условия для формирования и консервации в их пределах природных ловушек углеводородов могут обеспечиваться широким развитием на территории ЗДГ и переходной зоны с ДСП морских терригенно-карбонатных толщ, содержащих массивные пласты-коллекторы регионально продуктивного нижнесерпуховско-верхневизейского комплекса нижнего карбона при их надежном перекрытии мощными, слабопроницаемыми, глинистыми флюидоупорами нижнебашкирско-верхнесерпуховского яруса среднего карбона.

Таким образом, с использованием новейших геолого-геофизических данных, на основе диагностики кинематического механизма инверсионных деформаций автором разработана принципиально новая, оригинальная геодинамическая модель тектонической инверсии ДДВ. В соответствии с моделью, инверсионные деформации рифтогенной структуры определялись внутриплитной геодинамической обстановкой тангенциального коллизионного сжатия и давлением с юго-востока крупного горстовидного геоблока - «тектонического штампа» складчатого Донбасса. Представляется, что «штамп» сформировался под влиянием альпийских орогенических движений и выражен в современном рельефе как Донецкий кряж. На карте вертикальных неотектонических движений тектонический штамп четко отображается высокоградиентной областью максимальных амплитуд. Под давлением штампа ДСП, по кинематическому механизму ороклина выдвигания поддвигового типа сформировался сегмент тектонического вклинивания геомасс. Вторжение осадочных геомасс со стороны складчатого Донбасса обусловило на территории ЗДГ и переходной зоны с ДСП интенсивные покровно-складчатые деформации платформного чехла, значительно осложнившие и частично разрушившие рифтогенную структуру грабена. Клиноформный сегмент уверенно выделяется как природный геологический объект на карте дорифейских глубинных разломов ДДВ в пределах тектонической области на территории ЗДГ, пространственно ограниченной клиновидно сходящимися, криволинейными плоскостями Самарского и Северо-Донецкого магистральных сдвига-надвигов. Данный сегмент

рассматривается главным структуроформирующим элементом Западно-Донецкой покровно-складчатой тектонической области, впервые выделяемой в юго-восточной части ДДВ в качестве инверсионной геоструктуры регионального масштаба.

Этот теоретический вывод имеет важное практическое значение, позволяя существенно дополнить и уточнить оценку перспектив нефтегазоносности и определить новые направления нефтегазопоисковых работ на территории юго-восточной части ДДНГП, что является предметом последующих исследований.

### Литература

- Авлакогены Восточно-Европейской платформы / Р.И. Валеев. - М.: Недра, 1978. - 151 с.
- Бартацук А.В.* Коллизионные деформации Днепровско-Донецкой впадины. Часть 1. Тектоника Западно-Донецкого грабена // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2020а. - Т.15. - №3. - [http://www.ngtp.ru/rub/2020/28\\_2020.html](http://www.ngtp.ru/rub/2020/28_2020.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/28\\_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/28_2020)
- Бартацук А.В.* Коллизионные деформации Днепровско-Донецкой впадины. Часть 2. Геодинамические режимы и кинематический механизм деформаций // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2020б. - Т.15. - №4. - [http://www.ngtp.ru/rub/2020/35\\_2020.html](http://www.ngtp.ru/rub/2020/35_2020.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/35\\_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/35_2020)
- Бартацук О.В.* Горизонтальні переміщення геомасивів у континентальних рифтогенних геоструктурах (на прикладі Дніпровського-Донецького палеорифта). Частина 3. Системна організація постріфтових реїдних деформацій // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія "Геологія. Географія. Екологія". - 2019. - Вип. 51. - С. 26-40.
- Введение в физические основы статической и динамической геотектоники / Б.М. Чиков. - Новосибирск: Изд-во «Гео», 2011. - 299 с.
- Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинное строение и геотектоническое развитие / Отв. ред. В. Гавриш. - Киев: Наукова думка, 1989. - 208 с.
- Глубинные геологические срезы Днепровско-Донецкой впадины (в связи с перспективами нефтегазоносности). Объяснительная записка к геологическим картам ДДВ на срезах -5000 и -6000 м масштаба 1:500000 / Ред. В. Глушко. - Киев: Изд-во УКРНИИГАЗ, УКРНИГРИ. - 1978, 88 с., 2 карты.
- Гончар В.* Тектоническая инверсия Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса (модели и реконструкции) // Геофизический журнал. - 2019. - Т. 41. - № 5. - С. 47-86.
- Горайнов С.* О ларамийском усложнении геологических структур Украины // Доповіді НАН України. - 2004. - №12. - С. 114-121.
- Горайнов С.* Об альпийском усложнении геологической структуры в различных регионах Украины // Доповіді НАН України. - 1999. - № 8. - С. 106-111.
- Донецкий бассейн: тектоника. Геология угля и горючих сланцев СССР. Т.1. / В. Попов. - М.: ГОНТИ, 1963. - С.103-151.
- Истомин А.* Геодинамическая модель формирования Донецкого складчатого сооружения на основе идей тектоники литосферных плит в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности // Нафта і газ України - 96: матер. наук.-практ. конф. - Укр. наук.-досл.

ін.-т прир. газ. - Х.: УкрНДІГаз, 1996. - Т.1. - С. 76-180.

*Копп М.* Структурные рисунки, связанные с продольными перемещениями внутри складчатых поясов (на примере Средиземноморско-Гималайского пояса) // Геотектоника. - 1991. - № 1. - С.21-36.

*Копп М., Корчемагин В.* Кайнозойские поля напряжений/деформаций Донбасса и их вероятные источники // Геодинамика. - 2010. - №1 (9). - С.17-48.

*Корчемагин В., Рябоштан Ю.* Тектоника и поля напряжений Донбасса // Поля напряжений и деформаций в земной коре. - М.: Наука, 1987. - С.164-170.

*Корчемагин В.А., Емец В.С.* Особенности развития тектонической структуры и поля напряжений Донбасса и Восточного Приазовья // Геотектоника. - 1987. - № 3. - С. 49-55.

*Милановский Е.Е., Никишин А.* Модели характера деформации при сжатии континентальных рифтогенных прогибов // Рифтогены и полезные ископаемые. - М.: Наука, 1991. - С. 3-15.

*Михалев А., Бородулин М.* О глубинной структуре Донецкого бассейна в свете современных геофизических данных // Геотектоника. - 1976. - №4. - С.39-54.

Особенности тектоники угольных бассейнов Украины / И. Майданович, А. Радзивилл. - К.: Наук. думка, 1984. - 120 с.

*Привалов В.А.* Вращение блоков и сценарий тектонической эволюции Донецкого бассейна // Геология і геохімія горючих копалин. - 1988. - 212 с.

*Ребецкий Ю.* Обзор методов реконструкции тектонических напряжений и приращений сейсмостектонических деформаций. Тектоника сегодня. - М.: ОИФЗ РАН, 2002. - С. 227- 243.

Рифтовые зоны Земли / А.Ф. Грачев. - М.: Недра, 1987. - 284 с.

Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах) / Е.Е. Милановский. - М.: Недра, 1977. - 324 с.

*Самыгин С.Г., Хаин Е.В.* Южный Кавказ и Северный Урал в палеозое - опыт сравнений // Тектоника. - 1985. - №2. - С. 40-56.

Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України / Ред. П. Гожик. - Київ: ІГН НАН України - Логос, 2013. - 637 с.

Тектоника метанугольных месторождений Донбасса / В. Лукинов, Л. Пимоненко. - К.: Наук. думка, 2008. - 352 с.

*Ткаченко В.Ф.* Причины локальных изменений мощностей свит в Донецком бассейне // Докл. АН УССР. Сер. Б. - 1968. - №8. - С. 695-697.

*Френд Р.* Рифтовые долины. Системы рифтов Земли. - М.: Мир, 1970. - С. 209-219.

*Чекунов А.В.* О механизме образования структур типа авлакогенов (на примере Днепровско-Донецкой впадины) // Геотектоника. - 1967. - №2. - С. 3-21.

*Шатский Н.С.* О происхождении Пачелмского прогиба. Сравнительная тектоника древних платформ // Бюл. МОИП. Отд. геол. - 1955. - XXX (5). - Вып. 3. - С.5-26.

*Turcotte D.L.* Membrane stresses. Royal Astron. Soc. Geophys. Journal. - 1974. - No. 36. - P. 33-42.



**Bartashchuk A.V.**

Ukrainian Scientific Research Institute of Natural Gases (UkrNIIGaz), Kharkiv, Ukraine,  
alekseybart@gmail.com

### COLISIONAL DEFORMATIONS OF THE DNEIPER-DONETSK BASIN. PART 3. GEODINAMIC MODEL OF TECTONIC INVERSION

*Based on the results of the structural-kinematic analysis of deformation structures identified in the folded levels of the southeastern segment of the Dnieper-Donets Basin and the analysis of earlier studies of the mechanisms of inversion structure formation, a fundamentally new geodynamic model of tectonic inversion of the riftogenic structure was developed.*

*Collisional deformations of the Late Hercynian time in the sedimentary cover of the West Donets Graben occurred in the mode of tangential compression of the riftogenic structure in the southwestern direction. In the regional horizontal shear field, this caused the tectonic transport of geomas from the super-compressed axial zone towards the geodynamic shelters on the southern side of the graben. Linear anti- and syn-forms were formed according to the mechanism of the strata buckling due to collisional warping of the layers. In the Cimmerian and Alpine times, deformations continued in a strike-slip thrust activity with a compression component in the northwestern points. This caused a general transport of geomas from the folded Donbass to the southeastern part of the depression - to the Hercynian neoautochthon and the poorly deployed synclisic autochthon with the formation of an Alpine nappe-fold thrust system.*

*The original geodynamic model envisages the complication of the riftogenic structure in the southeast of the basin by echelons of thrust covers and en-echelon articulated near-fault reverse-fold. The kinematic mechanism of the inversion is due to the pressure of the "tectonic stamp" of the Donets Foldbelt, in the front of which a clinoform tectonic segment of geomass wedging was formed, identified by a thrust-type orocline. The "tectonic rails of the invasion" of the orocline were two flank (Northeastern and Southwestern) and axial (Central) linear zones of horizontal shear control. In the foreland of the orocline, geodynamic injection bands of geomas were formed, where linear reverse-fold zones were formed, at the ends of main strike-slip faults, an advanced scaly compression fan was formed. In the hinterland of the orocline, folded suture zones are formed on the roots of the tectonic nappes of the thrust. The structural result of collisional deformations is the formation of an inversion geostructure of a regional scale - the West Donets Nappe-Fold Region.*

**Keywords:** *geodynamic model of tectonic inversion, protruding orocline, tectonic stamp of the Donets foldbelt, West Donets Nappe-Fold Region.*

#### References

*Avlakogeny Vostochno-Evropeyskoy platformy [Aulacogenes of the East European Platform]. R.I. Valeev. Moscow: Nedra, 1978, 151 p.*

*Bartashchuk A.V. Kollizionnye deformatsii Dneprovsko-Donetskoy vpadiny. Chast' 1. Tektonika Zapadno-Donetskogo grabena [Collisional deformations of the Dnieper-Donets Basin. Part 1. Tectonics of the Western-Donetsk Graben]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2020, vol. 15, no. 3, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/2020/28\\_2020.html](http://www.ngtp.ru/rub/2020/28_2020.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/28\\_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/28_2020)*

*Bartashchuk A.V. Kollizionnye deformatsii Dneprovsko-Donetskoy vpadiny. Chast' 2. Geodinamicheskie rezhimy i kinematicheskii mekhanizm deformatsiy [Collisional deformations of the Dnieper-Donets Basin. Part 2. Geodynamic modes and kinematic mechanism of tectonic inversion]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2020, vol. 15, no. 4, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/2020/35\\_2020.html](http://www.ngtp.ru/rub/2020/35_2020.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/35\\_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/35_2020)*

*Bartashchuk O.V. Gorizontal'ni peremishchennya geomasiviv u kontinental'nikh riftogennikh geostrukturakh (na prikladi Dniprovs'kogo-Donets'kogo paleorifta). Chastina 3. Sistemna organizatsiya postriftovikh reïdnikh deformatsiy [Horizontal displacement of geomassives into continental riftogenic geostructures (on the example of the Dnieper-Donetsk paleorift). Part 3.*

Systemic organization of post-rift reid deformations]. *Visnik Kharkivs'kogo natsional'nogo universitetu imeni V. N. Karazina. Seriya "Geologiya. Geografiya. Ekologiya"*, 2019, no.51, pp. 26-40.

Chekunov A.V. *Omekhanizme obrazovaniya struktur tipa avlakogenov (na primere Dneprovsko-Donetskoy vpadiny)* [Mechanism of formation of structures such as aulacogenes (on the example of the Dnieper-Donetsk depression)]. *Geotektonika*, 1967, no. 2, pp. 3-21.

*Donetskiy baseyn: tektonika. Geologiya uglya i goryuchikh slantsev SSSR. T.1.* [Donetsk Basin: Tectonics. Geology of coal and oil shale in the USSR. Vol. 1]. V. Popov. Moscow: GONTI, 1963, pp. 103-151.

Frend R. *Riftovye doliny. Sistemy riftov Zemli* [Rift Valleys. Earth rift systems]. Moscow: Mir, 1970, pp. 209-219.

*Geologiya i neftegazonosnost' Dneprovsko-Donetskoy vpadiny. Glubinnoe stroenie i geotektonicheskoe razvitie* [Geology and oil and gas content of the Dnieper-Donetsk depression. Deep structure and geotectonic development]. Ed. V. Gavrish. Kiev: Naukova dumka, 1989, 208 p.

*Glubinnye geologicheskie srezy Dneprovsko-Donetskoy vpadiny (v svyazi s perspektivami neftegazonosnosti). Ob'yasnitel'naya zapiska k geologicheskim kartam DDV na srezakh -5000 i -6000 m masshtaba 1:500000* [Deep geological sections of the Dnieper-Donetsk basin (in connection with the prospects of oil and gas). Explanatory note to the geological maps of the DDV on the sections -5000 and -6000 m scale 1: 500000]. Editor V. Glushko. Kiev: Izd-vo UKRNIIGAZ, UKRNIGRI, 1978, 88 p.

Gonchar V. *Tektonicheskaya inversiya Dneprovsko-Donetskoy vpadiny i Donbassa (modeli i rekonstruktsii)* [Tectonic inversion of the Dnieper-Donetsk depression and Donbass (models and reconstructions)]. *Geofizicheskiy zhurnal*, 2019, vol. 41, no. 5, pp. 47-86.

Goryaynov S. *O laramiyskom uslozhnenii geologicheskikh struktur Ukrainy* [About the Laramide complication of geological structures of Ukraine]. *Dopovidi NAN Ukraïni*, 2004, no.12, pp. 114-121.

Goryaynov S. *Ob al'piyskom uslozhnenii geologicheskoy struktury v razlichnykh regionakh Ukrainy* [About Alpine complication of geological structure in various regions of Ukraine]. *Dopovidi NAN Ukraïni*, 1999, no. 8, pp. 106-111.

Istomin A. *Geodinamicheskaya model' formirovaniya Donetskogo skladchatogo sooruzheniya na osnove idey tektoniki litosfernykh plit v svyazi s otsenkoy perspektiv neftegazonosnosti* [Geodynamic model of the formation of the Donetsk folded structure]. *Nafta i gaz Ukraïni - 96: mater. nauk.-prakt. konf. - Ukr. nauk.-dosl. in-t prir. gazov. - Kh.: UkrNDIGaz*, 1996, vol. 1, pp. 76-180.

Kopp M. *Strukturnye risunki, svyazannye s prodol'nymi peremeshcheniyami vnutri skladchatykh poyasov (na primere Sredizemnomorsko-Gimalayskogo poyasa)* [Structural drawings associated with longitudinal movements inside the folded belts (on the example of the Mediterranean-Himalayan belt)]. *Geotektonika*, 1991, no. 1, pp. 21-36.

Kopp M., Korchemagin V. *Kaynozoyские поля напруги/деформации Донбасса и их вероятные источники* [Cenozoic stress/strain fields of the Donbass and their probable sources]. *Geodinamika*, 2010, no. 1(9), pp. 17-48.

Korchemagin V., Ryaboshtan Yu. *Tektonika i polya napryazheniy Donbassa* [Tectonics and stress fields of Donbass]. *Polya napryazheniy i deformatsiy v zemnoy kore*. Moscow: Nauka, 1987, pp. 164-170.

Korchemagin V.A., Emets V.S. *Osobennosti razvitiya tektonicheskoy struktury i polya napryazheniy Donbassa i Vostochnogo Priazov'ya* [Peculiarities of the development of the tectonic structure and stress field of Donbass and the Eastern Azov region]. *Geotektonika*, 1987, no. 3, pp.49-55.

Mikhalev A., Borodulin M. *O glubinnoy strukture Donetskogo baseyna v svete sovremennykh geofizicheskikh dannykh* [About the deep structure of the Donetsk basin in the light of modern geophysical data]. *Geotektonika*, 1976, no. 4, pp. 39-54.

Milanovskiy E.E., Nikishin A. *Modeli kharaktera deformatsii pri szhatii kontinental'nykh riftogennykh progibov* [Models of deformation during compression of continental riftogenic troughs]. *Riftogeny i poleznye iskopaemye*. Moscow: Nauka, 1991, pp. 3-15.

*Osobennosti tektoniki ugol'nykh basseynov Ukrainy* [Features of tectonics of coal basins of Ukraine]. I. Maydanovich, A. Radzivill. Kiev.: Nauk. dumka, 1984, 120 p.

Privalov V.A. *Vrashchenie blokov i stsenariy tektonicheskoy evolyutsii Donetskogo baseyna* [Rotation of blocks and scenario of tectonic evolution of Donetsk basin]. *Geologiya i geokhimiya goryuchikh kopalyn*, 1988, 212 p.

Rebetskiy Yu. *Obzor metodov rekonstruktsii tektonicheskikh napryazheniy i prirashcheniy seysmotektonicheskikh deformatsiy. Tektonika segodnya* [Review of methods for reconstruction of tectonic stresses and increments of seismotectonic deformations]. Moscow: OIFZ RAN, 2002, pp. 227-243.

*Riftogenez v istorii Zemli (riftogenez na drevnikh platformakh)* [Rifting in the history of the Earth (rifting on ancient platforms)]. E.E. Milanovskiy. Moscow: Nedra, 1977, 324 p.

*Riftovye zony Zemli* [Rift area of Earth]. A.F. Grachev. Moscow: Nedra, 1987, 284 p.

Samygin S.G., Khain E.V. *Yuzhnyy Kavkaz i Severnyy Ural v paleozoe - opit sravneniy* [The South Caucasus and the Northern Urals in the Paleozoic - an experience of comparisons]. *Tektonika*, 1985, no. 2, pp. 40-56.

Shatskiy N.S. *O proiskhozhdenii Pachelmskogo progiba. Sravnitel'naya tektonika drevnikh platform* [About the origin of the Pachelmsky trough. Comparative tectonics of ancient platforms]. *Byul. MOIP. Otd. geol.*, 1955, XXX (5), issue 3, pp.5-26.

*Stratigrafiya verkh'nogo proterozoyu, paleozoyu ta mezozoyu Ukraïni* [Stratigraphy of the Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic of Ukraine]. Ed. P. Gozhik. Kiev: IGN NAN Ukraïni. Logos, 2013, 637 p.

*Tektonika metanougol'nykh mestorozhdeniy Donbassa* [Tectonics of methane-coal accumulations of Donbass]. V. Lukinov, L. Pimonenko. Kiev: Nauk. dumka, 2008, 352 p.

Tkachenko V.F. *Prichiny lokal'nykh izmeneniy mozhnostey svit v Donetskoy baseyne* [The causes of local changes in the capacity of the formations in the Donetsk basin]. *Dokl. AN USSR, ser. B*, 1968, no.8, pp. 695-697.

Turcotte D.L. Membrane stresses. *Royal Astron. Soc. Geophys. journal*, 1974, no. 36, pp. 33-42.

*Vvedenie v fizicheskie osnovy staticheskoy i dinamicheskoy geotektoniki* [Introduction to the physical foundations of static and dynamic geotectonics]. B.M. Chikov. Novosibirsk: Izd-vo «Geo», 2011, 299 p.

© Баргащук А.В., 2020

