

УДК 551.14+551.2.03+551.241 (477)

В. И. СТАРОСТЕНКО, И. К. ПАШКЕВИЧ, И. Б. МАКАРЕНКО, П. Я. КУПРИЕНКО,
А. С. САВЧЕНКО

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, пр. Палладина, 32, Киев, 03680, Украина,
тел. +38(044)4242100, эл. почта: irinam@igph.kiev.ua

НЕОДНОРОДНОСТЬ ЛИТОСФЕРЫ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ И ЕЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ ЧАСТЬ I. ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ

<https://doi.org/10.23939/jgd2017.01.125>

Цель. Исследовать неоднородность литосферы Днепровской части Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) и ее этажей по результатам 3D гравитационного и магнитного моделирования с использованием данных ГСЗ, сейсмотомографии, геологического строения докембрийского фундамента и осадочного чехла для дальнейшей геодинамической интерпретации. **Методика.** Методика включает анализ 3D гравитационной модели осадочного слоя, консолидированной земной коры и ее магнитной модели, полученных с использованием комплекса программ автоматизированной интерпретации данных потенциальных полей (GMT-Auto) и программы решения прямой задачи магниторазведки, совместно с данными ГСЗ, сейсмотомографии и геологическими данными для установления закономерных связей строения и состава разных этажей литосферы. **Результаты.** Сегментация консолидированной коры, выполненная нами ранее, сопоставлена со структурой различных этажей литосферы ДДВ и смежных регионов. Рассмотрены общие закономерности изменения мощности коры, отдельных ее слоев и коромантийной смеси в пределах ДДВ. К таковым относятся также: поднятие подошвы коры, согласное с простиранием впадины, наличие “сопряженных” с ним прогибов за пределами сегментов впадины и торцовых сочленений форм рельефа раздела Мохо. Сегментация консолидированной коры находит отражение в мощности пострифтовых осадочных отложений, рельефе фундамента, мощности консолидированной коры, а разломная тектоника последней обнаруживает связь с разрывами кровли девонских подсолевых отложений. Глубинные магнитные источники впадины не согласованы с глубинными магнитными телами Украинского щита (УЩ) и юго-западного склона Воронежского массива (ВМ) и имеют разное структурное положение относительно оси девонского рифта и форм рельефа подошвы коры ДДВ. Сегментация консолидированной коры обнаруживает неоднородную связь со скоростной неоднородностью подкоровой мантии. **Научная новизна.** Впервые установлены структурные связи неоднородности консолидированной коры, ее разломной тектоники и сегментации с мощностью пострифтового осадочного комплекса, рельефом фундамента и разломной тектоникой девонских подсолевых отложений, отражающие обусловленность формирования осадочного слоя структурой консолидированной коры ДДВ. Обнаружено, что сегментация консолидированной коры не имеет однозначной связи с рельефом подошвы современной сейсмической литосферы, за исключением подъема ее в Лохвицком сегменте, что свидетельствует о неоднородности пострифтовых процессов. Сделано заключение, что по комплексу признаков рифтов только этот сегмент можно рассматривать как проявление типичного рифта. **Практическая значимость.** Полученные в результате анализа геолого-геофизические особенности строения разных этажей литосферы, в том числе разломной тектоники, могут быть использованы при оценке нефтегазоносности ДДВ с учетом значительного вклада углеводородов abiогенного происхождения в формирование их месторождений.

Ключевые слова: Днепровско-Донецкая впадина; геодинамика; неоднородность литосферы; глубинное строение.

Введение

Днепровско-Донецкая впадина и Донбасс интенсивно исследовались геологическими и геофизическими методами на протяжении многих лет. Территория ДДВ покрыта сетью поисковых и региональных сейсмических профилей и геотраверсов (МОВ-МОГТ, КМПВ и ГСЗ), гравитационными, магнитными и электрометрическими исследованиями, геологической съемкой. Пробурено большое количество структурно-поисковых, глубоких параметрических и поисково-разведочных скважин, в том числе глубиной свыше 5–6 км.

Глубинному строению земной коры, в частности, изучению ее мощности, скоростной характеристики разреза и истории развития посвящены многочисленные работы ([Чирвинская, Соллогуб, 1980; Соллогуб, 1986; Гавриш, 1987; Геология..., 1989; Чекунов, 1993; Chekunov et al., 1992; Chekunov et al., 1993] и др.).

Интеграция имеющихся данных и их комплексный анализ дают возможность изучить особенности глубинного строения литосферы региона, которые могут быть использованы для исследования условий его формирования и геодинамики.

ДДВ формировалась на неоднородном фундаменте Сарматии, разделенном шовными зонами на мегаблоки и блоки более высокого порядка (рис. 1). Наши исследования касаются Днепровской части ДДВ, для которой выполнено сопоставление сегментации консолидированной коры с ее разломной тектоникой и структурой разных этажей литосферы. Предыдущими исследованиями [Куприенко и др., 2010; Пашкевич и др., 2014; Тектоника..., 2015] были получены данные о плотностной и магнитной неоднородности консолидированной коры и ее разломной тектонике. На основании этого выделено четыре сегмента консолидированной коры (Черниговский, Лохвицкий, Изюмский и Донбасс), которые различаются по таким ведущим признакам: средняя мощность консолидированной коры, ее состав, структурный план и дифференцированность рельефа раздела Мохо, особенности разломной тектоники и намагниченность консолидированной коры.

В результате выполненной сегментации ДДВ установлено, что межсегментные разломы (шовные зоны) прослежены и за пределами впадины, но не совпадают с субмеридиональными межмегаблоковыми разломами Украинского щита и склона Воронежского массива, хотя последние, а именно Криворожско-Кременчугский и Ядловско-Трактемировский, находят фрагментарное продолжение в кристаллической коре впадины. Межсегментные разломы ДДВ меняют простирание с северо-запада на юго-восток, соответственно: 45° , $(0-17^\circ)$ и 170° , причем западная граница Донбасса отождествляется с глубинным трансрегиональным тектоническим швом Донецк – Брянск [Схема..., 1992; Кутас, Пашкевич, 2000]. Все они представляют собой многократно активизированные правые сдвиги и в совокупности составляют радиальную систему с центром в области сочленения разновозрастных шовных зон Восточно-Европейского кратона: Псковско-Торопецко-Сердобской, Ингулецко-Криворожско-Крупецкой, Алексеевско-Воронежской [Карта..., 1992], Волыньско-Двинского межмегаблокового пояса, включая Осницко-Микашевичский вулканоплутонический пояс, и рифейские рифтовые структуры Пачелмской и Центрально-Русской системы.

Цель

Цель работы – исследовать неоднородность литосферы Днепровской части Днепровско-Донецкой впадины и ее этажей по результатам 3D гравитационного и магнитного моделирования с использованием данных ГСЗ, сейсмотомографии, геологического строения докембрийского фундамента и осадочного чехла для дальнейшей геодинамической интерпретации.

Методика

Методика исследований включает анализ 3D гравитационной модели осадочного слоя, консо-

лидированной земной коры и ее магнитной модели, полученных с использованием комплекса программ автоматизированной интерпретации данных потенциальных полей (GMT-Auto) [Старостенко и др., 2015] и программы решения прямой задачи магниторазведки [Коваленко-Завойский, Иващенко, 2006], в комплексе с данными ГСЗ, сейсмотомографии и геологическими данными для установления закономерных связей строения и состава разных этажей литосферы.

Исходными данными для анализа неоднородности и связей разных этажей литосферы были следующие:

- схема мощности пострифтовых отложений [Стовба, 2008];
- схема рельефа средне-верхнедевонских подсолевых (дорифтовых) отложений с разрывными нарушениями [Стовба, 2008];
- структурные разрезы осадочной толщи вдоль профилей в разных частях ДДВ [Stephenson, Stovba, 2012];
- схема глубины залегания кристаллического фундамента [Стовба, 2008; Карта..., 1992];
- схема мощности консолидированной коры;
- схема разломов консолидированной коры [Тектоника..., 2015];
- распределение плотности в консолидированной коре и подкоревой мантии по данным трехмерного моделирования [Куприенко и др., 2010];
- распределение глубинных магнитных образований в консолидированной коре по данным трехмерного моделирования [Пашкевич и др., 2014; Тектоника..., 2015];
- данные о распространении девонских магматических формаций [Wilson, Lyashkevich, 1996; Стовба и др., 2006];
- скоростные модели верхней мантии вдоль меридиональных профилей по сейсмотомографическим данным [Гейко и др., 2005; Шумлянская и др., 2011; Цветкова, Бугаенко, 2012].

Результаты

Сопоставление сегментации, разломной тектоники и неоднородности консолидированной коры ДДВ со структурой различных этажей литосферы

Сегменты, выделенные в консолидированной коре ДДВ по комплексу геофизических признаков, как упоминалось выше, не согласуются с сегментацией смежных УЩ и ВМ, но косвенно фиксируются в строении и мощности осадочного чехла, что свидетельствует об их связи с формированием впадины на различных этапах ее развития.

Рассмотрим, какие характерные структурные черты разных этажей осадочной толщи наследуют строение консолидированной коры и проследим их в разрезе коры сверху вниз.

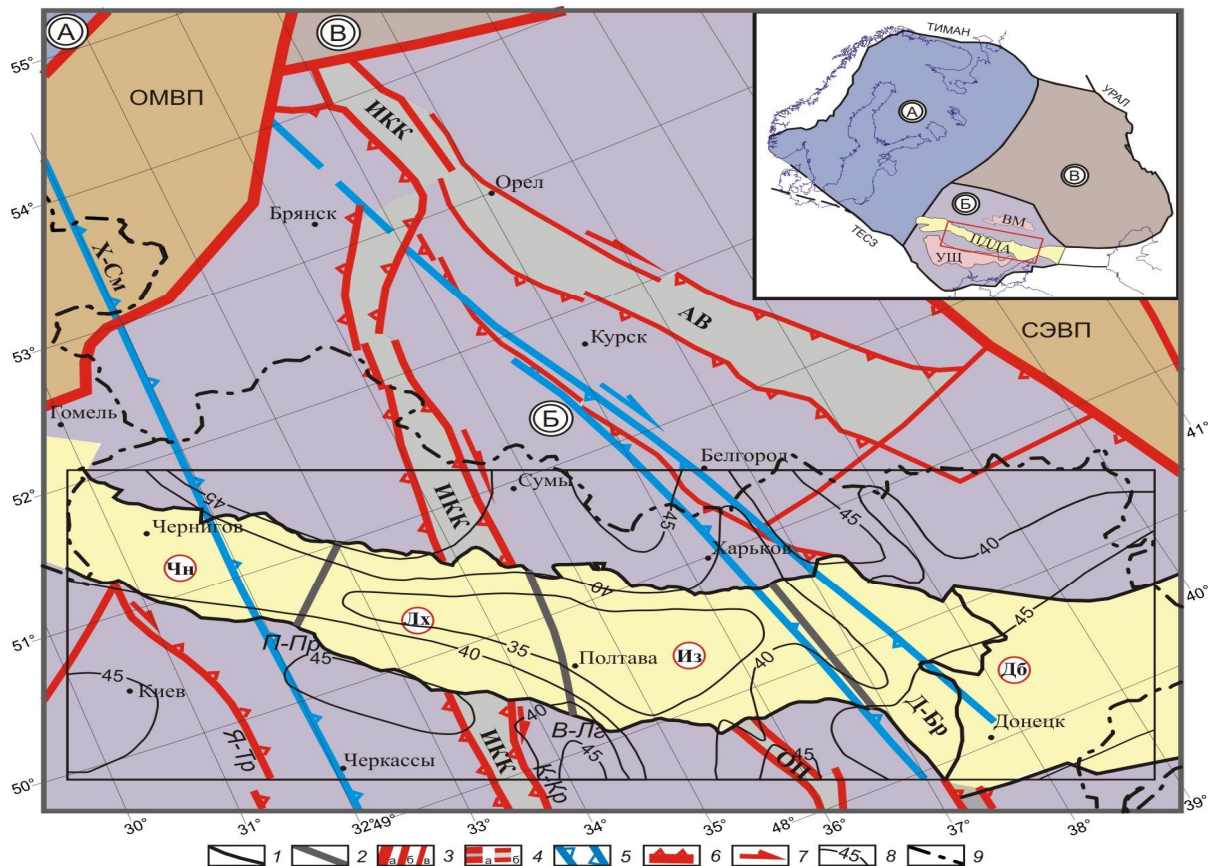


Рис. 1. Положение ДДВ в структуре докембрийского фундамента Сарматии по [Карта..., 1992] и ее сегментация по [Тектоника..., 2015]. На врезке показаны сегменты Восточно-Европейского кратона и территория исследований (окоптурена красной рамкой)

(1 – граница ДДВ; 2 – межсегментные разломы впадины: П-Пр – Переяслав–Хмельницкий–Прилукский, В-Лг Верховцевско–Львовский; 3 – разломы: межгеоблоковые (а); межмегаблоковые (б); межблоковые (в); 4 – шовные зоны первого (а) и второго (б) ранга; 5 – трансрегиональные тектонические швы: Х-См – Херсон – Смоленск; Д-Бр – Донецк – Брянск; кинематические типы разломов: 6 – надвиги; 7 – сдвиги; 8 – изолинии глубины залегания раздела Мохо (км); 9 – государственная граница. Буквы в кружках – главные сегменты в пределах ДДВ: Чн – Черниговский; Лх – Лохвицкий; Из – Изюмский; Дб – Донбасс. Буквы в двойных кружках – сегменты Восточно-Европейского кратона: А – Фенноскандия; Б – Сарматия; В – Волго-Урала. Вулканические межсегментные пояса: ОМВП – Осницко-Микашевичский; СЭВП – Ставропольско-Ертильский. Шовные зоны: ИКК – Ингулецко-Криворожско-Крупецкая I-го ранга; АВ – Алексеевско-Воронежская и ОП – Орехово-Павлоградская II-го ранга. Сокращения: разломы УЩ: Я-Тр – Ядловско-Трактемировский; К-Кр – Криворожско-Кременчугско-Крупецкой; УЩ – Украинский щит; ВМ – Воронежский массив; ПДДА – Припятско-Днепровско-Донецкий авлакоген. Территория исследования обозначена прямоугольником

Fig. 1. The position of the DDB in the structure of the Precambrian basement of Sarmatia by [Map..., 1992] and its segmentation by [Tectonics..., 2015]. The inset shows the segments of the East European Craton and research area (delineated by red frame)

(1 – the boundary of the DDB; 2 – faults bounding segments of the depression: П-Пр – Pereyaslav-Khmelnytsk-Prilukskiy, В-Лг – Verhovtsevsko-Lgovskiy; 3 – faults: between Proterozoic geoblocks (a); between megablocks (b); between blocks (c); 4 – suture zone of the first (a) and second (b) ranks; 5 – transregional suture zones: Х-См – Kherson Smolensk; Д-Бр – Donetsk Bryansk; kinematic types of faults: 6 – thrusts; 7 – displacements; 8 – isolines of the Moho depth (km); 9 – the state border. Letters in the circles – the main segments within the DDB: Чн – Chernigovskiy; Лх – Lohvitskiy; Из – Izumskiy; Дб – Donbass. Letters in a double circle – segments of the East European Craton: А – Fennoscandia; Б – Sarmatia; В – Volga-Urals. Intersegment volcanic belts: ОМВП – Osnitsk-Mikashevicheskii; СЭВП – Stavropol-Ertilskiy. Suture zones: ИКК – Ingulets-Krivoi Rog-Krupetskaia and ОП – Orekhov-Pavlogradskaya of the first rank; АВ – Alekseevsko-Voronetskaya of the second rank. Abbreviations: faults: Я-Тр – Yadlovsko-Traktemirovskiy; К-Кр – Krivoi Rog-Kremenchug-Krupetskoy; УЩ – Ukrainian shield; ВМ – Voronezh massif; ПДДА – Pripyat-Dnieper-Donets aulacogene. The area of the research is shown by the rectangle

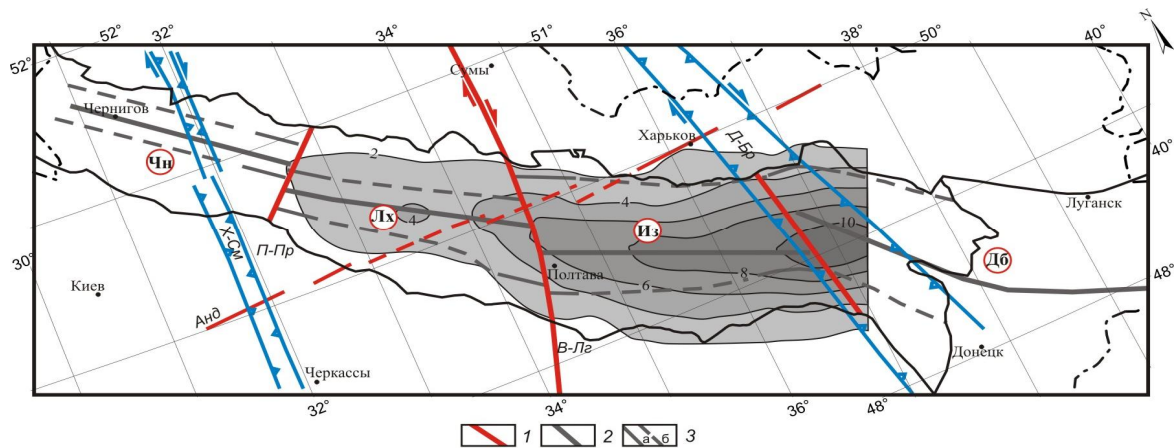


Рис. 2. Мощность пострифтового осадочного комплекса ДДВ по [Стовба, 2008]

1 – разломы, ограничивающие главные сегменты впадины; девонский рифт: 2 – ось; 3 – границы девонского рифта по данным [Stephenson, Stovba, 2012] (а) и по комплексу геофизических данных (б) Сокращения: Анд – Андрушевский разлом (другие условные обозначения и сокращения см. на рис. 1)

Fig. 2. Thickness of DDB postrift sedimentary complex by [Stovba, 2008]

1 – faults bounding the main segments of the depression; Devonian rift: 2 – axis; 3 – the border of central rift by [Stephenson, Stovba, 2012] (a) and according to the complex of geophysical data (b). Abbreviations: Анд – Andrushevskiy fault (Other convention symbols see on the Fig. 1)

На рис. 2 изображены сегменты консолидированной коры Днепровской части ДДВ на фоне схемы мощности пострифтовых отложений.

Изменение мощности этой части осадочного чехла до 2 км в Черниговском, от 2 до 4 км в Лохвицком и от 4-х до 10 км в Изюмском сегментах согласуется с сегментацией консолидированной коры. При этом оси максимумов мощностей в каждом сегменте совпадают с осями рифта верхнего девона. Следует отметить, что в мощности данного этажа четко прослеживается сквозной, неоднократно активизированный как правый сдвиг, Андрушевский широтный разлом, который трасируется с УЩ на склон ВМ с последовательными правосторонними смещениями.

Таким образом, прогиб подошвы земной коры на пострифтовом этапе происходил неравномерно, с различными скоростями в каждом сегменте. Этот вывод коррелирует с оценкой скорости прогибания, сделанной С. Н. Стовбой (2008 год) в условных секторах, близких по площади к сегментам, установленных нами.

Сегментация и система разломов консолидированной коры находят четкое отражение в структурном плане разрывных нарушений кровли подсолевых (дорифтовых) отложений (рис. 3, а). На рисунке приведено сопоставление разрывных нарушений подсолевых девонских отложений (см. рис. 3, а) с разломами консолидированной коры (рис. 3, б).

Хотя кровля этих отложений, на первый взгляд, имеет вид “битой тарелки”, региональные разломы консолидированной коры фиксируют генеральные простирания разрывов осадочной толщи. Особое внимание привлекает отражение в тектонике подсолевых отложений Верховцевско-Львовского разлома, как шовной зоны между Лохвицким и

Изюмским сегментами. Изменение общего простирания продольных разломов осадочного чехла по этому межсегментному разлому с характерным перегибом несомненно является типичным проявлением правостороннего сдвига, что подчеркивается изменением простирания локальных отрицательных структур, обозначенных нами на рельефе поверхности подсолевых отложений (см. рис. 3, а). По морфологии разломов в осадочной толще можно оценить ширину зоны проявления в ней межсегментного Верховцевско-Львовского разлома консолидированной коры. Следует отметить, что Криворожско-Кременчугско-Крупещкой и Орехово-Павлоградский разломы УЩ находят отражение в разломной тектонике осадочного чехла только фрагментарно. Это еще раз подчеркивает, что они не являются границами сегментов ДДВ. Аналогичная Верховцевско-Львовскому разлому картина отмечается на восточной границе Изюмского сегмента в зоне тектонического шва Донецк – Брянск, который неоднократно активизировался как правый сдвиг [Кутас, Пашкевич, 2000].

Итак, можно констатировать, что на дорифтовом этапе разломы консолидированной коры играли решающую роль в формировании тектоники ДДВ с проявлением правых сдвигов на границах сегментов.

Следующим шагом при анализе взаимосвязи строения различных этажей земной коры было исследование рельефа кристаллического фундамента, глубина до которого меняется от 2 км на северо-западе до 20 км на юго-востоке (рис. 4). Как видим, границы сегментов консолидированной коры фиксируют наиболее резкое изменение рельефа фундамента с одновременным изменением ширины его прогиба.

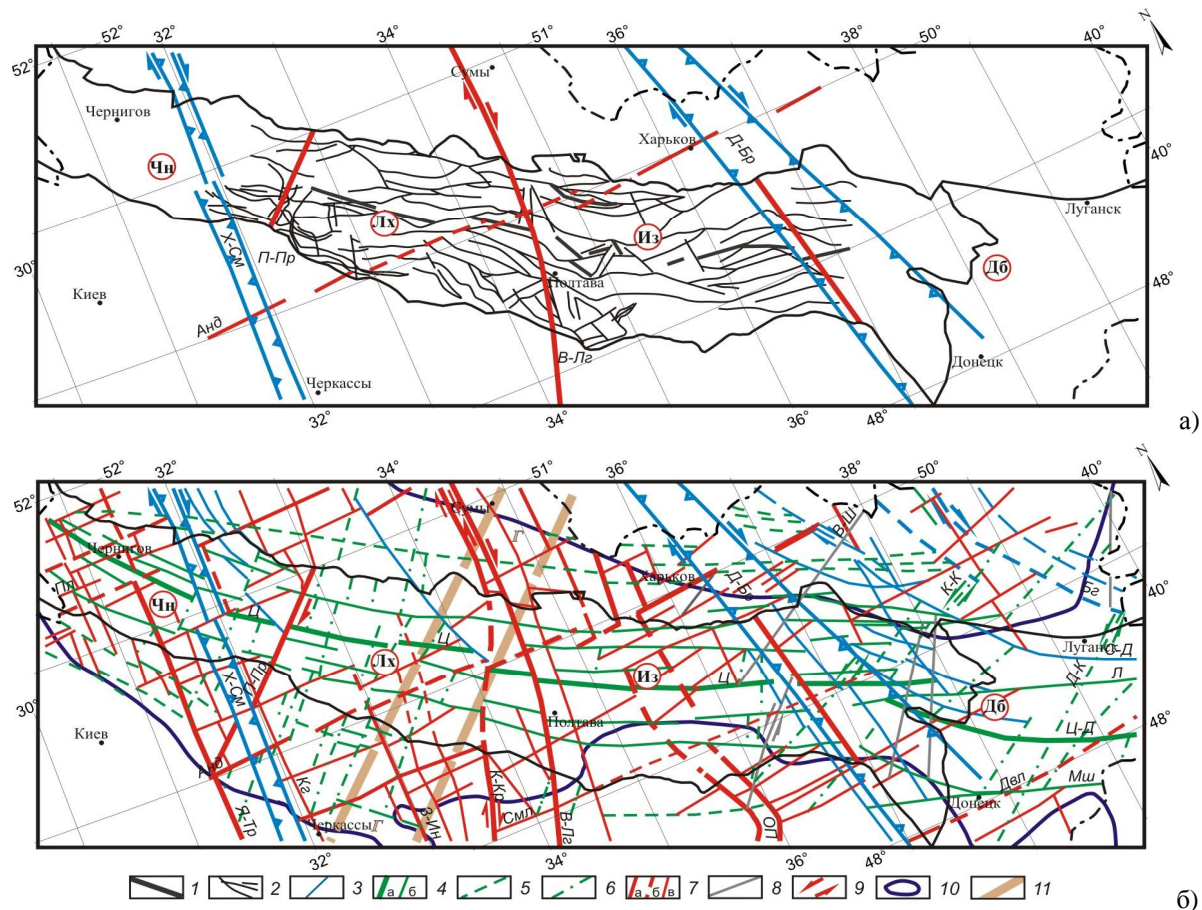


Рис. 3. Схема разломов на кровле девонских подсолевых отложений (а) по [Стовба, 2008] и схема разломной тектоники консолидированной коры ДДВ (б) по [Тектоника..., 2015]

1 – оси локальных прогибов; 2 – разломы на кровле девонских подсолевых отложений; 3 – разломы, сопровождающие трансрегиональные тектонические швы; 4 – система продольных разломов ДДВ и Донбасса: а – Центральный разлом; б – разломы более высоких рангов; 5 – разломы этой системы на склонах УЩ и ВМ; 6 – разломы, ортогональные к продольным; 7 – разломы ортогональной системы; в том числе, трассирующиеся с УЩ и ВМ: а – первого ранга; б – предполагаемое положение их в пределах ДДВ; в – разломы более высоких рангов; 8 – прочие разломы; 9 – направление перемещений вдоль разломов; 10 – граница распространения коромантийной смеси по изолинии $\rho=3;04 \text{ г/см}^3$; 11 – литосферный линеймент Г по [Соллогуб; 1986]. Разломы: Ц – Центральный; Я-Тр – Ядловско-Трактемировский; П-Пр – Переяслав-Хмельницкий-Прилуцкий; Пл – Полесский; Смл – Смелянский; 3-Ин – Западно-Ингулецкий; К-Кр – Криворожско-Кременчугско-Крупецкой; В-Лг – Верховцевско-Львовский; О-П – Орехово-Павлоградский; Двл – Девладовский; Ц-Д – Центально-Донецкий; Мш – Мушкетовский; Л – Лутугинский; С-Д – Северо-Донецкий; Бг – Белгородский; Мх – Михайловский; В-Ш – Восточно-Шебелинский; К-К – Корульско-Краснокольский; Д-К – Донецко-Кадиевский; Кг – Кировоградский (другие условные обозначения см. на рис. 1, 2).

Fig. 3. The scheme of the faults on the top of the Devonian subsalt deposits (a) by [Stovba, 2008] and the scheme of fault tectonics of the crystalline crust of DDB (b) by [Tectonics..., 2015]

1 – axis of the local depressions; 2 – faults on the top of the Devonian subsalt deposits; 3 – faults accompanying transregional tectonic sutures; 4 – a system of longitudinal faults of DDB and Donbas: a – Central fault; b – faults of higher ranks; 5 – faults of this system on the slopes of USH and VM; 6 – faults that are orthogonal to the longitudinal ones; 7 – faults of orthogonal system; including traced from USH and VM: a – first rank; б – the assumed position them within the DDB; в – faults of higher ranks; 8 – other faults; 9 – direction of movement along the fault; 10 – boundary line of the crust-mantle mixture spread (isolines of $\rho=3;04 \text{ g/cm}^3$); 11 – lithosphere lineament by [Sollogub; 1986]. Faults: Ц – Central; Я-Тр – Yablonsko-Traktemirovskiy; П-Пр – Pereyaslav-Khmelnitsky-Prilukskiy; П – Polesskiy; Смл – Smelyanskiy; 3-Ин – West-Inguletskiy; К-Кр – Krivoy Rog-Kremenchug-Krupetskiy; В-Лг – Verkhovtsevska-Lgovskiy; О-П – Orekhovo-Pavlogradskiy; Двл – Devladovskiy; Ц-Д – Central Donetsk; Мш – Mushketovskiy; Л – Lutuginskiy; С-Д – North-Donetsk; Бг – Belgorodskiy; Мх – Mikhailovskiy; В-Ш – East Shebelinskiy; К-К – Korulsko-Krasnokolskiy; Д-К – Donetsk-Kadiievskiy; Кг – Kirovogradski. (other convention symbols see on the Fig. 1, 2).

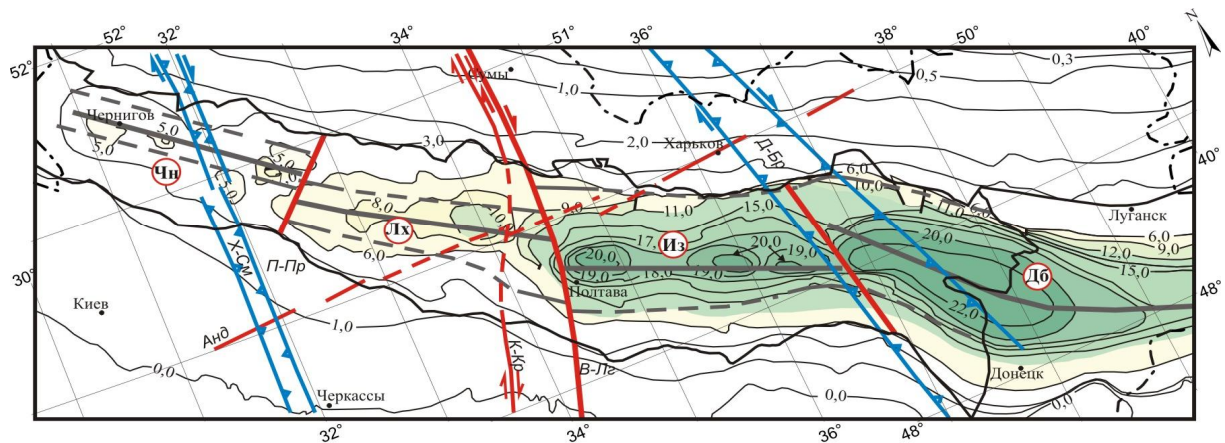


Рис. 4. Генерализованная схема рельефа кристаллического фундамента ДДВ (км) по данным [Карта..., 1992; Стомба, 2008] (условные обозначения см. на рис. 1, 2)

Fig. 4. Generalised scheme of the crystalline basement relief of DDB (km) by [Map ..., 1992; Stovba, 2008] (convention symbols see on the Fig. 1, 2)

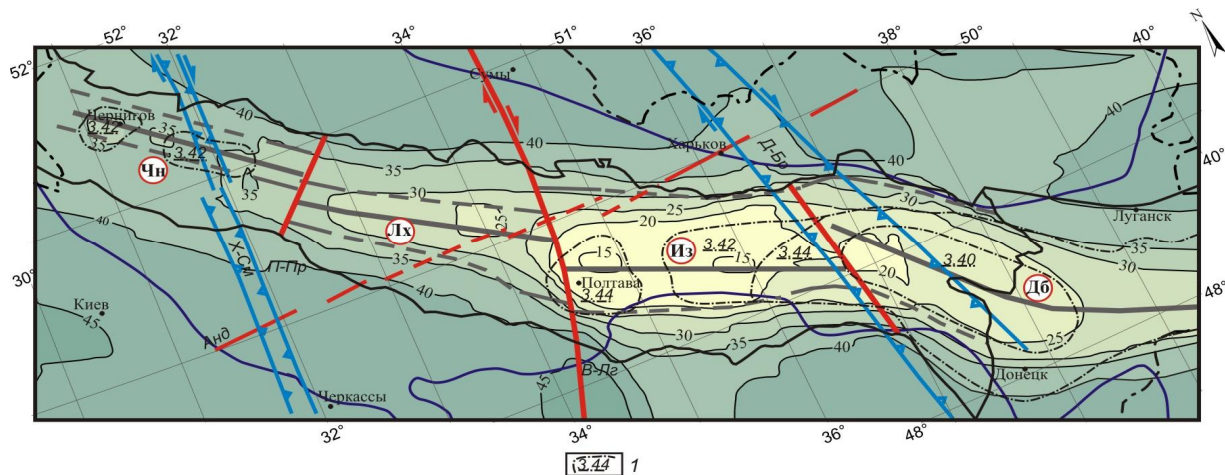


Рис. 5. Мощность консолидированной коры ДДВ (изолинии в км)

1 – области аномальной плотности подкоровой мантии (g/cm^3) по данным трехмерного плотностного моделирования (другие условные обозначения см. на рис. 1, 2)

Fig. 5. Thickness of the crystalline crust of DDB (isolines in km)

1 – the areas of the anomalous mantle density (g/cm^3) under crust according to the three-dimensional density modeling (other convention symbols see on the Fig. 1, 2)

В данном случае отмечается предполагаемое продолжение Криворожско-Кременчугско-Крупецкого разлома и его можно рассматривать как западное ограничение шовной Верховцевско-Льговской зоны. В рельефе фундамента также, как и в рельефе кровли подсолевых отложений, в восточной части Лохвицкого и в Изюмском сегменте четко прослеживается сквозной широтный Андрушевский разлом. Таким образом, указанные разломы должны были играть заметную роль в заложении девонского рифта.

Мощность коры под впадиной (рис. 1) уменьшается с юго-востока на северо-запад в целом от более 40 км в Донбассе до менее 35 км в Изюмском и Лохвицком сегментах. В Черниговском же сегменте она достигает 42 км.

На рис. 5 приведена мощность консолидированной части коры в сопоставлении с сегментами, границами девонского рифта, его осями и данными об аномальной плотности в подкоровой мантии непосредственно под разделом Мохо. Районирование консолидированной коры по изменению ее мощности согласуется с установленными сегментами, простираемостью оси девонского рифта и правосторонними сдвигами ее по межсегментным разломам.

Утонение консолидированной коры происходит с северо-запада на юго-восток от сегмента к сегменту последовательно, каждый раз примерно на 10 км (35 км в Черниговском сегменте, 25 км в Лохвицком и 15 км в Изюмском), обнаруживая обратную корреляцию с мощностью осадочного

слоя и, соответственно, с глубиной до кристаллического фундамента (см. рис. 4, 5). В Донбассе она увеличивается до 30 км. Минимальная мощность ее в Изюмском сегменте сопровождается максимальной плотностью под разделом М. В то же время плотность на разделе Мохо больше $3,04 \text{ г/см}^3$, которая отождествляется с так называемой коромантийной смесью, зафиксирована не только во всей ДДВ, но и на некоторых участках склонов (см. рис. 5, 6).

Можно предположить, что область высокой плотности на разделе Мохо может характеризовать территорию, охваченную неравномерными рифтовыми процессами в перечисленных сегментах ДДВ. Этот вывод подтверждается наличием разломов на северо-восточном склоне УЩ с простиранием, согласным с продольными разломами ДДВ (см. рис. 3, б).

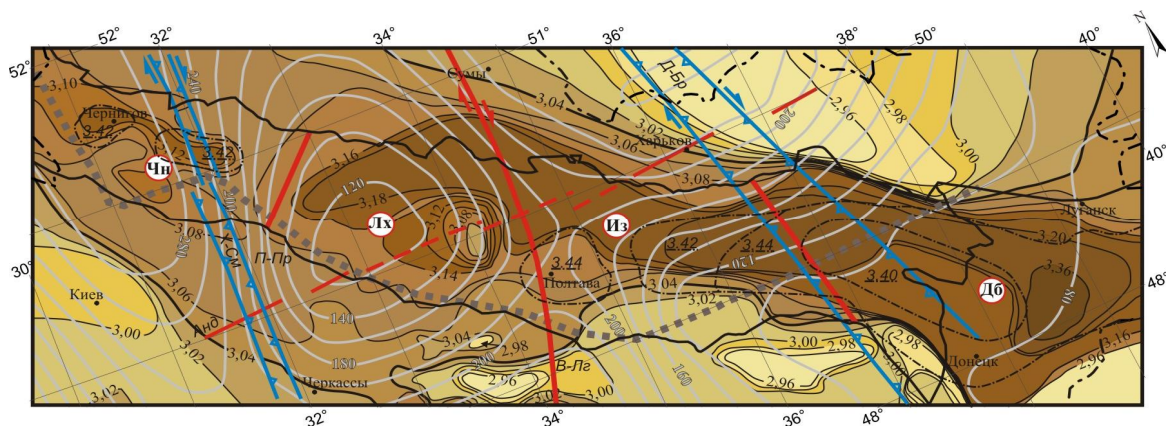
В Донбассе область высокой плотности на разделе М практически полностью принадлежит этому сегменту. В целом в пределах впадины максимальные значения плотности на разделе Мохо увеличиваются с $3,12 \text{ г/см}^3$ в Черниговском до $3,18 \text{ г/см}^3$ – в Лохвицком, $3,18\text{--}3,20 \text{ г/см}^3$ – в Изюмском и $3,36 \text{ г/см}^3$ – в Донбасском сегменте.

Сопоставим теперь районирование земной коры на разных ее этажах, распределение плотности на разделе Мохо и непосредственно под ним с мощностью современной сейсмической литосферы и ее скоростной характеристикой по данным сейсмотомографии [Гейко и др., 2005; Цветкова, Бугаенко, 2012; Глибинна..., 2011] (см. рис. 5, рис. 6). Как видно, сегменты консолидированной коры имеют разную мощность литосферы, но однозначная согласованность форм рельефа ее подошвы с общим простиранием ДДВ отсутствует. Поскольку сегменты отражают дорифтовую, риф-

товую и пострифтовую эволюцию впадины, а мощность литосферы – ее состояние в настоящее время, можно говорить лишь о “реликтах” древней литосферы, которые сохранились до сих пор. Четкая корреляция подъема подошвы литосферы до 120 км с конфигурацией сегмента наблюдается только в Лохвицком сегменте, тогда как Черниговский имеет мощную (до 280 км) литосферу с формами подошвы меридионального простирания, распространяющимися в пределы Украинского щита.

Переход от Лохвицкого сегмента к Черниговскому на уровне подошвы литосферы происходит по меридиональному тектоническому шву Херсон–Смоленск, что может быть связано с неоднократной активизацией его после протерозоя. Подъем подошвы литосферы в Изюмском сегменте в сторону Донбасса, где она зафиксирована на глубине 80 км, происходит вдоль серии широтных разломов (см. рис. 3, б, рис. 6) на севере и предполагаемого продолжения Орехово–Павлоградской зоны разломов в ДДВ. Уменьшение мощности литосферы под Донбассом прослеживается за его пределы в Приазовскую часть УЩ и свидетельствует о том, что Донбасский сектор ДДВ был в среднем-верхнем девоне прямым ответвлением океана Палеотетис.

В целом можно сделать вывод о том, что несогласованность форм рельефа подошвы литосферы как со всей ДДВ, так и с отдельными ее сегментами, свидетельствует об отсутствии единого мантийного диапира (астенолита, плюма) под впадиной, который обуславливал ее заложение и эволюцию, и, следовательно, специфическое развитие каждого из сегментов в процессе рифтообразования.



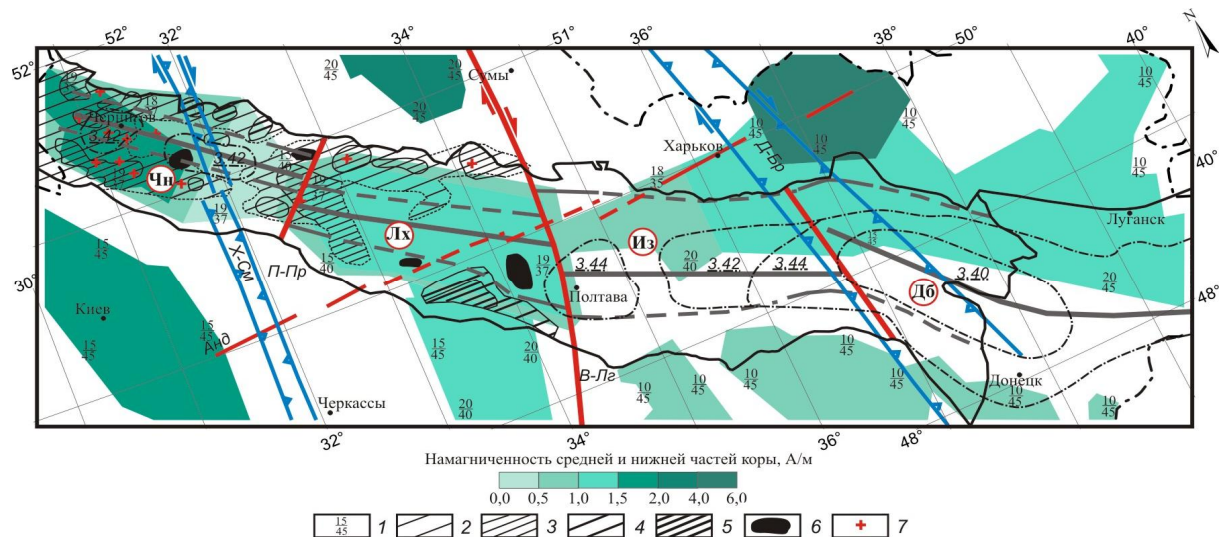


Рис. 7. 3D магнитная модель консолидированной коры ДДВ:

1 – глубины залегания верхней (числитель) и нижней (знаменатель) кромок магнитных тел; вулканы по [Wilson, Lyashkevich, 1996]; 2 – щелочно-ультрамафическая пирокластика, переслаивающаяся с осадками; 3 – щелочно-ультраосновные лавы и пирокластика; 4 – мафические лавы, пирокластика, переслаивающаяся с осадками; 5 – мафические лавы и пирокластика; 6 – штоки; 7 – вулканические центры. Другие условные обозначения см. на рис. 1, 2)

Fig. 7. 3D magnetic model of DDB crystalline crust:

1 – depths of the top (numerator) and the bottom (denominator) edges of the magnetic bodies; volcanics by [Wilson and Lyashkevich, 1996]; 2 – alkali-ultramafic pyroclastics sediments; 3 – alkali-ultramafic lavas and pyroclastics; 4 – mafic lavas and pyroclastics interstratifying with sediments; 5 – mafic lavas and pyroclastics; 6 – stocks; 7 – volcanic centers. Other convention symbols see on the Fig. 1, 2

3D магнитное моделирование показало [Пашкевич и др., 2014; Тектоника..., 2015], что глубинные магнитные тела консолидированной коры в пределах ДДВ не согласованы с глубинными магнитными источниками УЩ и ВМ и занимают разное структурное положение относительно девонского рифта и форм рельефа подошвы литосферы (см. рис. 6, рис. 7).

В Черниговском и Лохвицком сегментах магнитные тела относятся к девонскому рифту и прибортовой его частям. Следует отметить, что в этих сегментах наиболее распространен девонский магматизм [Wilson and Lyashkevich, 1996; Стомба и др., 2006], областям развития которого и отвечают глубинные магнитные тела. Центры вулканизма при этом тяготеют к краевым частям глубинных магнитных блоков. Восточнее Верховцевско-Львовского межсегментного разлома в Изюмском сегменте и Донбассе магнитные блоки резко меняют направление простирания на близкое к широтному, имеют меньшую интенсивность намагниченности и смещены относительно центральной части впадины на северо-восток, тогда как ось рифта смещена по отношению к Лохвицкому сегменту на юг. Положение глубинных магнитных формирований коррелирует с Андрушевской зоной разломов и с широтной зоной градиентного подъема подошвы литосферы на юг (см. рис. 6). Эта зона и полоса широтных магнитных образований, как и весь Изюмский сег-

мент, ограничены с востока трансрегиональным швом Донецк – Брянск. Таким образом, можно отметить, что в этом сегменте магнитные тела, так же, как и уменьшение мощности литосферы, не связаны непосредственно с формированием девонского осевого рифта. Возвращаясь к Черниговскому сегменту, надо отметить, что он, как уже упоминалось, вместе с Лохвицким является регионом, где широко распространены девонские магматические образования. Но в его северо-западной части имеется значительно большее количество центров вулканов, чем в восточной и в Лохвицком сегменте, а среди магматических пород отсутствуют щелочные разновидности. Кроме того, в кристаллическом фундаменте скважинами установлены основные породы, которые являются верхней частью магнитных образований консолидированной коры.

В дополнение к схеме рельефа подошвы литосферы для характеристики состава подкоровой мантии нами проанализированы скоростные модели верхней мантии по меридиональным сечениям, приведенным в работах [Гейко и др., 2005; Цветкова, Бугаенко, 2012; Шумлянская и др., 2014]. Рис. 8 иллюстрирует дифференциацию современной мантии по скоростной характеристике на глубинах 50-250 км. Используются данные об аномалиях скорости продольных сейсмических волн в этом интервале глубин.

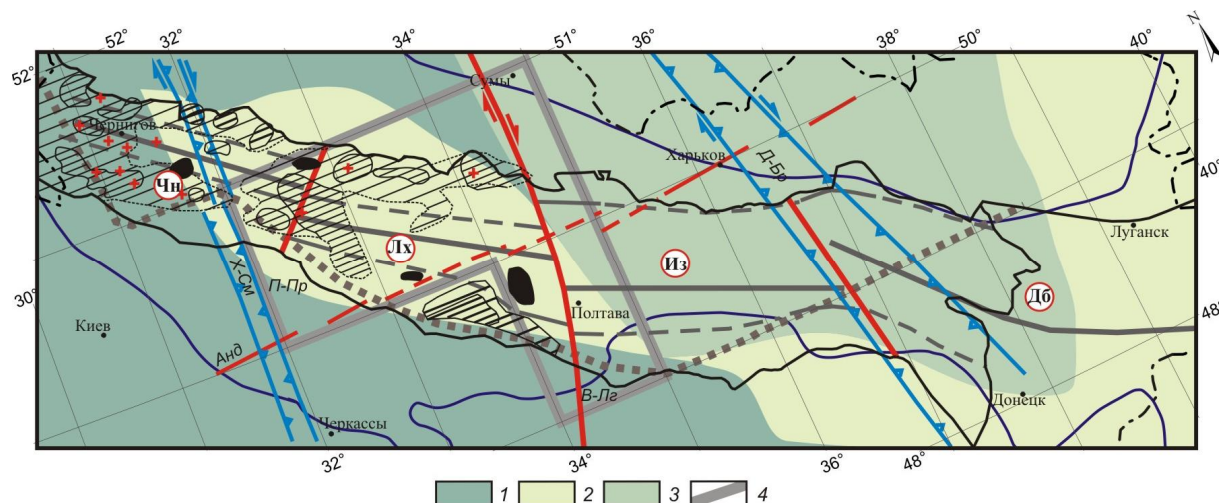


Рис. 8. Схема скоростной неоднородности подкоровой мантийной части литосферы ДДВ на глубинах 50-250 км и областей девонского магматизма по [Wilson, Lyashkevich, 1996, Стомба и др., 2006]:

1 – области повышенных значений аномалий скорости; 2 – области пониженных значений аномалий скорости; 3 – область переслаивания слоев положительных и отрицательных аномалий скорости; 4 – область сверхглубинных мантийных флюидов. Темно-синей жирной линией показана граница распространения коромантийной смеси (изолиния $\rho=3,04$ г/см³). Другие условные обозначения см. на рис. 1, 2, 6, 7

Fig. 8. The scheme of the velocity sub-crustal heterogeneity of the mantle part of the DDB lithosphere at the depths of 50-250 km and areas of Devonian magmatism by [Lyashkevich, 1996;

Stovba et al., 2006]:

1 – area of velocity anomalies high values; 2 – the area of low velocity anomalies values; 3 – area of interstratifying layers of positive and negative velocity anomalies; 4 – area of the deep mantle fluids. Dark blue thick line shows the boundary line of the crust-mantle mixture spread (isoline of $\rho=3.04$ g/cm³). Other convention symbols see on the Fig. 1, 2, 6, 7

На исследуемой территории выделены области с повышенными и пониженными значениями аномалий скорости, а также область “переслаивания” повышенных и пониженных аномалий скорости вследствие появления прослая высокой скорости в слое низких скоростей на глубинах от 70 до 130 км [Цветкова, Бугаенко, 2012]. Этот прослой “проникает” с юга и может свидетельствовать о возможном существовании системы “поддвига – надвига” мантийного вещества. Такое районирование верхней мантии согласуется с разломами между Лохвицким и Изюмским сегментами, швом Донецк – Брянск между Изюмским сегментом и Донбассом, и швом Херсон – Смоленск между северо-западной и юго-восточной частями Черниговского сегмента. Что касается области пониженных мантийных скоростей, то в ДДВ она полностью соответствует Лохвицкому сегменту и охватывает юго-восточную часть Черниговского. Северо-западная часть Черниговского сегмента существенно отличается от восточной и характеризуется повышенной аномальной скоростью подкоровой мантии, что является общей характеристикой с литосферой УЩ, его склона и склона ВМ. Продолжение на склон ВМ Верховцевско-Льговского разлома отделяет эту высокоско-

ростную область от области “переслаивания” аномалий скорости. К юго-западу от ДДВ область повышенных скоростей сменяется областью пониженных аномалий скорости. Область “переслаивания” на юге Изюмского сегмента и юго-западе Донбасса ограничена границей рифта, а далее на восток ее граница отвечает простираению тектонического шва Донецк – Брянск и охватывает северо-западную часть Донбасса. Эта неоднородность подкоровой мантии согласуется со строением более глубокого мантийного слоя Голицына-Гейко, а именно, с северной границей распространения в нем высокоскоростного прослая (рис. 8).

Здесь можно отметить, что район пониженных скоростей в Лохвицком сегменте (см. рис. 8) отвечает области выхода из нижней мантии системы мантийных флюидов по [Глибинна..., 2011]. Особенности распределения аномальных скоростей верхней мантии имеют некоторую корреляцию с формами рельефа подошвы литосферы (см. рис. 6). В районировании верхней мантии по скоростным характеристикам, с одной стороны, находят однозначное отражение границы коровых сегментов (Верховцевско-Льговский разлом и шов Донецк – Брянск), с другой – отмечается несогласие коровой и мантийной границ Черниговского сегмента.

Научная новизна

Впервые установлены структурные связи неоднородности консолидированной коры, ее разломной тектоники и сегментации с мощностью пострифтового осадочного комплекса, рельефом фундамента и разломной тектоникой девонских подсолевых отложений, отражающие обусловленность формирования осадочного слоя структурой консолидированной коры ДДВ. Обнаружено, что сегментация консолидированной коры не имеет однозначной связи с рельефом подошвы современной сейсмической литосферы, за исключением подъема ее в Лохвицком сегменте, что свидетельствует о неоднородности пострифтовых процессов. Сделано заключение, что по комплексу признаков рифтов только этот сегмент можно рассматривать как проявление типичного рифта.

Практическая значимость

Полученные в результате анализа геолого-геофизические особенности строения разных этажей литосферы, в том числе разломной тектоники, могут быть использованы при оценке нефтегазоносности ДДВ с учетом значительного вклада углеводородов абиогенного происхождения в формирование их месторождений.

Выводы

Приведенный анализ связи сегментации консолидированной коры с неоднородностью строения и состава различных этажей литосферы ДДВ приводит к следующим выводам:

- мощность земной коры ДДВ уменьшается до 35 км по сравнению с УЩ и ВМ, при этом подъем раздела М приобретает согласное простирание с девонским рифтом впадины;
- формы рельефа подошвы коры ДДВ имеют разный характер сочленения со структурами раздела Мохо окружающих регионов – от торцового до согласного;
- в структуре рельефа раздела Мохо находят отражение сегменты консолидированной коры и изменение простирания оси девонского рифта в них;
- сегментация консолидированной коры четко проявлена в ее мощности;
- сегментация консолидированной коры и ее разломная тектоника обнаруживают корреляцию с мощностью пострифтового осадочного комплекса, рельефом фундамента и разломной тектоникой девонских подсолевых отложений, что свидетельствует об обусловленности формирования осадочного слоя и его разрывной тектоники структурой консолидированной коры;
- рельеф подошвы современной сейсмической литосферы ДДВ не имеет однозначной связи с сегментацией консолидированной коры, за исключением подъема в Лохвицком сегменте, что свидетельствует о неоднородности процессов ее пострифтовых преобразований.

– типичные черты проявления рифтинга отмечаются только в Лохвицком сегменте. Такими можно считать подъем подошвы литосферы, проявление сверхглубинных мантийных флюидов, низкоскоростную подкоровую мантию, подъем раздела Мохо, наличие разломов ортогональных к продольным (“трансформных” разломов), присутствие глубинных магнитных образований под осевым рифтом.

Полученные связи разных этажей литосферы использованы нами для последующей геодинамической интерпретации ее неоднородности.

Список литературы

- Гавриш В. К. Глубинное строение и эволюция Днепровско-Донецкого палеорифта / В. К. Гавриш // Геотектоника. – 1987. – № 2. – С. 119–128.
- Гейко В. С. Региональная 3D-скоростная модель мантии Сарматии (юго-запад Восточно-Европейской платформы) / В. С. Гейко, Т. А. Цветкова, Л. А. Шумлянская, И. В. Бугаенко, Л. Н. Заец // Геофиз. журн. – 2005. – Т. 27, № 6. – С. 927–939.
- Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинное строение и геотектоническое развитие / под ред. В.К. Гавриша. – Киев : Наук. думка, 1989. – 208 с.
- Глибинна будова та геодинаміка наскрізних широтних зон розломів для оцінки перспектив пошуку корисних копалин (звіт) / керівник теми В.І. Старостенко. – Київ : Фонди ІГФ НАНУ, 2011. – 379 с.
- Карта структурного районування докембрія юго-западної частини Восточно-Европейської платформи. М: 1:1000000 / ред. Л. С. Галецький // Комплект карт “Геология и металлогения юго-западної частини Восточно-Европейської платформи” М: 1:1000000 / гл. ред. А.И. Зарицкий. – Киев: Госкомгеология, Геопрогноз, Центр геология, ПО “Беларусь”, Всероссийский геологический Институт, Воронежский госуниверситет, 1992. – 6 л.
- Коваленко-Завойський В. М., Івашенко І. М. Математичне забезпечення інтерпретації поля ΔB_a регіональних магнітних аномалій / В. М. Коваленко-Завойський, І. М. Івашенко // Геофиз. журн. – 2006 – Т. 28, № 5. – С. 18–30.
- Куприенко П. Я. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса / П. Я. Куприенко, И. Б. Макаренко, В. И. Старостенко, О. В. Легостаева, А. С. Савченко // Геофиз. журн. – 2010. – Т. 32, № 6. – С. 175–214.
- Кутас Р. И., Пашкевич И. К. Геотермическая и магнитная модели земной коры Донбасса (тектонический анализ совместно с данными ГСЗ) / Р. И. Кутас, И. К. Пашкевич // Геофиз. журн. – 2000. – Т. 22, № 4. – С. 111–121.

- Пашкевич И. К. Магнитная неоднородность, разломная тектоника консолидированной земной коры и нефтегазоносность Днепровско-Донецкого авлакогена / И. К. Пашкевич, М. И. Орлюк, Т. В. Лебедь // Геофиз. журн. – 2014. – Т. 36, № 1. – С. 64–80.
- Соллогуб В. Б. Литосфера Украины / В. Б. Соллогуб. – Киев : Наук. думка, 1986. – 183 с.
- Старостенко В. И. Комплекс программ автоматизированной интерпретации данных потенциальных полей (GMT-Auto) / В. И. Старостенко, О. В. Легостаева, И. Б. Макаренко, А. С. Савченко // Геофиз. журн. – 2015. – Т. 37, № 1. – С. 42–52.
- Стовба С. Н. Геодинамическая эволюция Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса: дисс. ... д-ра геол. наук. – Киев : Научно-исследовательский Институт нефтяной и газовой промышленности (ДП “Науканафтогаз”), НАК “Нафтогаз Украины”, 2008. – 495 с.
- Стовба С. Н. Изучение динамики и геологических процессов Днепровско-Донецкого палеорифта / С. Н. Стовба, В. И. Старостенко, З. Н. Ляшкевич, А. Сэйнтот // в кн.: Строение и динамика литосферы Восточной Европы. – Москва : ГЕОКАРТ, ГЕОС, 2006. – С. 307–314.
- Схема глубинного строения литосферы юго-западной части Восточно-Европейской платформы. М-б 1:1000000 / Ред. А.В. Чекунов, // Комплект карт “Геология и металлогения юго-западной части Восточно-Европейской платформы” М-б 1:1000000 / гл. ред. А.И. Зарицкий. – Киев : Госкомгеология, Геопрогноз, Центр геология, ПО “Беларусь”, Всероссийский геологический Институт, Воронежский госуниверситет, 1992. – 6 л.
- Тектоника и углеводородный потенциал кристаллического фундамента Днепровско-Донецкой впадины / ред. В. И. Старостенко, О. М. Рысаков. – Киев : Галактика, 2015. – 212 с.
- Цветкова Т. А. Сейсмотомография мантии под Восточно-Европейской платформой / Т. А. Цветкова, И. В. Бугаенко // Геофиз. журн. – 2012. – Т. 34, № 5. – С. 161–172.
- Чекунов А. В. Глубинное строение и геодинамика нефтегазоносных бассейнов Украины / А. В. Чекунов // Геол. журн. – 1993. – № 6. – С. 3–15.
- Чирвинская М. В. Глубинная структура Днепровско-Донецкого авлакогена по геофизическим данным / М. В. Чирвинская, В. Б. Соллогуб. – К. : Наук. думка, 1980. – 180 с.
- Шумлянская Л. А. Влияние скоростной структуры коры на результаты сейсмической томографии Украинского щита / Л. А. Шумлянская, А. А. Трипольский, Т. А. Цветкова // Геофиз. журн. – 2014. – Т. 36, № 4. – С. 95–117.
- Chekunov A. V. Dnieper-Donets palaeorift / A. V. Chekunov, V. K. Gavrish, R. I. Kutas and L. I. Ryabchun // Tectonophysics. – 1992. – Vol. 208. – P. 257–272.
- Chekunov A. V. The Dnieper-Donets paleorift, Ukraine: deep structures and hydrocarbon accumulations / A. V. Chekunov, L. T. Kaluzhnyaya, L. I. Ryabchun // Journal of Petroleum ecology. – 1993. – Vol. 16, No. 2. – P. 183–196.
- Stephenson R., Stovba S. The Dniepr-Donets Basin // Regional Geology and Tectonics: Phanerozoic Rift System and Sedimentary Basins, D.G. Roberts and A.W. Bally (Ed.) / R. Stephenson, S. Stovba // Geological Society. Special Publication. – London, 2012. – P. 42–436. DOI:10.1016/B978-0-444-56356-9.00015-8
- Wilson M. Magmatism and the geodynamics of rifting of the Pripyat-Dniepr-Donets rift, East European Platform / M. Wilson, Z. M. Lyashkevich // Tectonophysics. – 1996. – 268. – P. 65–81.

В. І. СТАРОСТЕНКО, І. К. ПАШКЕВИЧ, І. Б. МАКАРЕНКО, П. Я. КУПРІЄНКО, О. С. САВЧЕНКО

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, пр. Палладіна, 32, Київ, 03680, Україна, тел. +38(044)4242100, ел. пошта: irinam@igph.kiev.ua

НЕОДНОРІДНІСТЬ ЛІТОСФЕРИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ І ЇЇ ГЕОДИНАМІЧНІ НАСЛІДКИ. ЧАСТИНА І. ГЛИБИННА БУДОВА

Мета. Дослідити неоднорідність літосфери Дніпровської частини Дніпровсько-Донецької западини та її окремих поверхів за результатами 3D-гравітаційного і магнітного моделювання з використанням даних ГСЗ, сейсмотомографії, геологічної будови докембрійського фундаменту та осадового чохла для подальшої геодинамічної інтерпретації. **Методика.** Методика передбачає аналіз 3D-гравітаційної моделі осадового шару, консолидованої земної кори і її магнітної моделі, отриманих з використанням комплексу програм автоматизованої інтерпретації даних потенціальних полів (GMN-Auto) та програми розв’язання прямої задачі магніторозвідки, в комплексі з даними ГСЗ, сейсмотомографії та геологічними даними для встановлення закономірних зв’язків будови і складу різних поверхів літосфери. **Результати.** Сегментація консолидованої кори, яку ми зробили раніше, зіставлена з будовою різних поверхів літосфери ДДЗ і суміжних регіонів. Розглянуті загальні закономірності змінення потужності кори, окремих її шарів та коромантійної суміші в межах ДДЗ. До таких належать також: підйом підшови кори, узгоджений з простяганням западини, наявність “спряжених” з ним прогинів за межами сегментів западини і торцевих зчленувань форм рельєфу розділу М. Сегментація консолидованої кори виявляє відображення в

потужності пострифтових осадових відкладів, рельєфі фундаменту, потужності консолідованої кори, а розломна тектоніка останньої знаходить зв'язок з розривами покрівлі девонських підсольових відкладів. Глибинні магнітні джерела западини не узгоджені з глибинними магнітними тілами Українського щита та південно-західного схилу Воронезького масиву, мають різне структурне положення відносно осі девонського рифту і форм рельєфу підосви кори ДДЗ. Сегментація консолідованої кори виявляє неоднозначний зв'язок зі швидкісною неоднорідністю підкорової мантиї. **Наукова новизна.** Вперше встановлено структурні зв'язки неоднорідності консолідованої кори, її розломної тектоніки і сегментації з потужністю пострифтового осадового комплексу, рельєфом фундаменту і розломної тектоніки девонських підсольових відкладів, що відображує зумовленість формування осадового шару будовою консолідованої кори ДДЗ. Сегментація консолідованої кори не виявляє однозначного зв'язку з рельєфом підосви сучасної сейсмічної літосфери, за винятком підйому її в Лохвицькому сегменті, що свідчить про неоднорідність пострифтових процесів. Зроблено висновок, що за комплексом ознак рифтів тільки цей сегмент може розглядатись як типовий рифт. **Практична значущість.** Отримані в результаті аналізу геолого-геофізичні особливості будови різних поверхів літосфери, зокрема і розломної тектоніки, можна використати для оцінки нафтогазоносності ДДЗ з урахуванням значного вкладу вуглеводнів абіогенного походження в формування їхніх родовищ.

Ключові слова: Дніпровсько-Донецька западина; геодинаміка; неоднорідність літосфери; глибинна будова.

V. STAROSTENKO, I. PASHKEVICH, I. MAKARENKO, P. KUPRIENKO, O. SAVCHENKO

Institute of geophysics by S.I.Subbotin name NAS of Ukraine, 32, Palladin Av., Kiev, 03680, Ukraine,
tel. +38(044)4242100, e-mail: irinam@igph.kiev.ua

LITHOSPHERE HETEROGENEITY OF THE DNIEPER-DONETS BASIN AND ITS GEODYNAMICAL CONSEQUENCES. PART I. DEEP STRUCTURE

Purpose. To investigate lithosphere heterogeneity of the Dnieper part of the Dnieper-Donets basin and its stages after 3D gravity and magnetic modeling using the data of DDS, seismic tomography, geological structure of the Precambrian basement, and sedimentary cover for subsequent geodynamic interpretation. **Methodology.** Analysis of the 3D gravity models of sedimentary cover, crystalline crust and its magnetic model received using a complex program for interpretation of the potential field data (GMT-Auto) and for solution of the primal problem in magnetic prospecting. **Results.** Segmentation of the crystalline crust were previously performed and compared to the different stages lithosphere structure of the DDB and adjacent areas. General regularities of variation of crust thickness, its layers thicknesses, and crust-mantle mixture thickness were examined in the DDB. Uplift of the crust bottom conformed with basin elongation, depression of the Moho discontinuity out of the basin conjugated with its strike and butt end junction of Moho -discontinuity relief forms may also be related to such patterns. Crystalline crust segmentation correlates with the thickness of the post-rift sediments, basement relief, crystalline crust thickness, and fault tectonics of it discovers connection with faulting of subsalt deposits top. Deep crustal magnetic sources of the basin are not concordant with the deep magnetic sources of the Ukrainian Shield and south-western slope of the Voronezh massive. They have a different position relative to Devonian rift axis and relief forms of the crust bottom of Dnieper-Donets basin. Crystalline crust segmentation were found with varied links with the velocity heterogeneity of sub-crust mantle. **Originality.** For the first time it was established structure connections of the crystalline crust heterogeneity, its fault tectonics and segmentation with thickness of the post-rift sediment complex, and basement relief and fault tectonics of Devonian subsalt sediments, that reflects sediment cover forming as a function of crystalline crust structure of the basin. Crystalline crust segmentation does not have a single-valued connection with bottom relief of the present day seismic lithosphere. Exclusion is its uplift in the Lohvitsa segment, that is evident in post-rift processes heterogeneity. It was concluded that according to rift system criterions only this segment may be regarded as a typical rift. **Practical significance.** Geological and geophysical peculiarities of different lithosphere stage structure were obtained, including the fault tectonics which may be used for evaluation of oil and gas bearing in the Dnieper-Donets Basin according to significant contribution of the abiogenous origin of hydrocarbons formed in the deposits.

Key words: Dnieper-Donets Basin; geodynamics; lithosphere heterogeneity; deep structure.

REFERENCES

- Gavrish V. K. *Glubinnoe stroenie i jevoljucija Dneprovsko-Donetskogo paleorifta* [Deep structure and evolution of the Dnieper-Donets paleorift], *Geotektonika* [Geotectonics], 1987, no. 2, pp. 119–128 (in Russian).

- Gejko V. S., Cvetkova T. A., Shumljanskaja L. A., Bugaenko I. V., Zaets L. N. *Regional'naja 3D-skorostnaja model' mantii Sarmatii (jugo-zapad Vostochno-Evropejskoj platformy)* [The regional 3D velocity model of the Sarmatia mantle (south-west of the East European platform)], *Geofiz. zhurn.* [Geophysical journal], 2005, V. 27, no. 6, pp. 927–939 (in Russian).
- Geologija i neftegazonosnost' Dneprovsko-Donckoj vpadiny. Glubinnoe stroenie i geotektonicheskoe razvitie* [Geology and petroleum potential of the Dnieper-Donets Basin. Deep structure and geotectonic development], Ed. V. K. Gavrish, Kyiv, Izd-vo "Naukova Dumka" ["Scientific thought" Publ.], 1989, 208 p. (in Russian).
- Hlybynna budova ta heodynamika naskriznykh shyrotnykh zon rozlomiv dlya otsinky perspektiv poshuku korysnykh kopalyn (zvit)* [Deep structure and geodynamics of latitudinal fault zones assessment of prospects for finding mineral resources (report)], V. I. Starostenko (Project Chief), Kyiv: Fondy IHF NANU [IGPH NASU Funds], 2011, 379 p. (in Ukrainian).
- Karta strukturnogo rajonirovaniya dokembrija jugo-zapadnoj chasti Vostochno-Evropejskoj platformy* [Map of Precambrian structural zoning south-western part of the East European platform.] Scale 1:1000000. Ed. L.S. Galeckij. *Komplekt kart "Geologija i metallogenija jugo-zapadnoj chasti Vostochno-Evropejskoj platformy"* [Complete set of maps "Geology and Metallogeny of the south-western part of the East European Platform"] Scale 1:1000000, Ed. A.I. Zarickij. Kyiv, Goskomgeologija, Geoprognoz, Centrgeologija, PO "Belarus", Vserossijskij geologicheskij Institut, Voronegskij gosuniversitet [Goskomgeologia, Geoprognoz, Centergeology, PA "Belarus", All-Russian Geological Institute, Voroneg State University], 1992, 6 sheets (in Russian).
- Kovalenko-Zavoys'kyy V. M., Ivashchenko I. M. *Matematychni zabezpechennja interpretatsiyi polya ΔBa rehional'nykh mahnitnykh anomalij* [Mathematical software of the ΔBa field interpretation of regional magnetic anomalies], *Heofiz. zhurn.* [Geophysical journal], 2006, vol. 28, no 5, pp. 18–30 (in Ukrainian).
- Kuprienko P. Ja., Makarenko I. B., Starostenko V. I., Legostaeva O. V., Savchenko A. S. *Trehmernaja plotnostnaja model' zemnoj kory i verhnjej mantii Dneprovsko-Donckoj vpadiny i Donbassa* [Three-dimensional density model of the crust and upper mantle of the Dnieper-Donets Basin and Donbas], *Geofiz. zhurn.* [Geophysical journal], 2010, vol. 32, no 6, pp. 175–214 (in Russian).
- Kutas R. I., Pashkevich I. K. *Geotermicheskaja i magnitnaja modeli zemnoj kory Donbassa (tektonicheskij analiz sovместно s dannymi GSZ)* [Geothermal and magnetic model of the earth's crust of Donbas (tectonic analysis in conjunction with DSS data)], *Geofiz. zhurn.* [Geophysical journal], 2000, vol. 22, no 4, pp. 111–121 (in Russian).
- Pashkevich I. K., Orljuk M. I., Lebed' T. V. *Magnitnaja neodnorodnost', razlomnaja tektonika konsolidirovannoj zemnoj kory i neftegazonosnost' Dneprovsko-Donckogo avlakogena* [Magnetic heterogeneity, fault tectonics of the crystalline crust and petroleum potential of the Dnieper-Donets aulacogene], *Geofiz. zhurn.* [Geophysical journal], 2014, vol. 36, no 1, pp. 64–80 (in Russian).
- Sollogub V. B. *Litosfera Ukrainy* [Lithosphere of Ukraine], Kyiv, Izd-vo "Naukova Dumka" ["Scientific thought" Publ.], 1986, 183 p. (in Russian).
- Starostenko V. I., Legostaeva O. V., Makarenko I. B., Savchenko A. S. *Kompleks programm avtomatizirovannoy interpretatsii dannykh potentsialnykh polej (GMT-Auto)* [Software system for automated data interpretation of potential fields (GMT-Auto)], *Geofiz. zhurn.* [Geophysical journal], 2015, vol. 37, no 1, pp. 42–52 (in Russian).
- Stovba C. N. *Geodinamicheskaja jevoljucija Dneprovsko-Donckoj vpadiny i Donbassa* [Geodynamic evolution of the Dnieper-Donets Basin and Donbas], Dis. doktora geol. nauk [Doctors (Professors) thesis in Geol. sciences] Kyiv, Nauchno-issledovatel'skij Institut neftjanoy i gazovoj promyshlennosti (DP "Naukanaftogaz"), NAK "Naftogaz Ukrainy" [Research Institute of Oil and Gas Industry (SA "Naukanaftogaz"), NAK "Naftogaz of Ukraine"], 2008, 495 p. (in Russian).
- Stovba S. N., Starostenko V. I., Ljashkevich Z. N., Sjejtntot A. *Izuchenie dinamiki i geologicheskikh processov Dneprovsko-Donckogo paleorifta* [The study of the dynamics of geological processes of the Dnieper-Donets paleorift], In book "Stroenie i dinamika litosfery Vostochnoj Evropy" [The structure and dynamics of the lithosphere of Eastern Europe], Moscow, GEOKART, GEOS, 2006, pp. 307–314 (in Russian).
- Shema glubinnogo strojenija litosfery jugo-zapadnoj chasti Vostochno-Evropejskoj platformy* [The scheme of the lithosphere deep structure of the south-western part of the East European platform] Scale 1:1000000, Ed. A. V. Chekunov. *Komplekt kart "Geologija i metallogenija jugo-zapadnoj chasti Vostochno-Evropejskoj platformy"* [Complete set of maps "Geology and Metallogeny of the south-western part of the East European Platform"] Scale 1:1000000, Ed. A.I. Zarickij. Kyiv, Goskomgeologija, Geoprognoz, Centr geologija, PO "Belarus", Vserossijskij geologicheskij Institut, Voronegskij gosuniversitet [Goskomgeologia, Geoprognoz Centergeology, PO "Belarus", All-Russian Geological Institute, Voroneg State University], 1992, 6 sheets (in Russian).

- Tektonika i uglevodorodnyj potencial kristallicheskogo fundamenta Dneprovsko-Donetskoy vpadiny* [Tectonics and hydrocarbon potential of the crystalline basement of the Dnieper-Donets Basin], Eds. V. I. Starostenko, O. M. Rusakov, Kyiv, Izd-vo "Galaktika" ["Galaktika" Publ.], 2015, 212 p. (in Russian).
- Cvetkova T. A., Bugaenko I. V. *Sejsmotomografija mantii pod Vostochno-Evropejskoj platformy* [Seismotomography of the mantle beneath the East-European platform], *Geofiz. zhurn.* [Geophysical journal], 2012, vol. 34, No. 5, pp. 161–172 (in Russian).
- Chekunov A. V. *Glubinnoe stroenie i geodinamika neftegazonosnyh bassejnov Ukrainy* [Deep structure and geodynamics of oil and gas basins of Ukraine], *Geol. zhurn.* [Geological journal], 1993, no 6, pp. 3–15 (in Russian).
- Chirvinskaja M. V., Sollogub V. B. *Glubinnaja struktura Dneprovsko-Donetskogo avlokogena po geofizicheskim dannym* [Deep structure of the Dnieper-Donets avlokogena from geophysical data], Kyiv, Izd-vo "Naukova Dumka" ["Scientific thought" Publ.], 1980, 180 p. (in Russian).
- Shumljanskaja L. A., Tripol'skij A. A., Tsvetkova T. A. *Vlijanie skorostnoj struktury kory na rezul'taty sejsmicheskoj tomografii Ukrainskogo shchita* [The influence of the velocity structure of the crust on the Ukrainian Shield seismic tomography result], *Geofiz. zhurn.* [Geophysical journal], 2014, vol. 36, no 4, pp. 95–117 (in Russian).
- Chekunov A. V., Gavrish V. K., Kutas R. I. and Ryabchun L. I. Dnieper-Donets palaeorift. *Tectonophysics*, 1992. 208, pp. 257–272.
- Chekunov A. V., Kaluzhnaya L. T., Ryabchun L. I. The Dnieper-Donets paleorift, Ukraine: deep structures and hydrocarbon accumulations. *Journal of Petroleum ecology*, 1993. vol. 16, no 2. pp. 183–196.
- Stephenson R., Stovba S. The Dnieper-Donets Basin. Regional Geology and Tectonics: Phanerozoic Rift System and Sedimentary Basins, D. G. Roberts and A. W. Bally (Ed.). *Geological Society. Special Publication. London*. 2012. pp. 421–436. DOI:10.1016/B978-0-444-56356-9.00015-8,
- Wilson M., Lyashkevich Z. M. Magmatism and the geodynamics of rifting of the Pripyat-Dniepr-Donets rift, East European Platform. *Tectonophysics*, 1996, 268, pp. 65–81.

Надійшла 10.02.2017 р.