

УДК 550.834.

В.Д. Омельченко, А.В. Кендзера, В.Г. Кучма

*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,
просп. Акад. Палладина, 32, Киев 03680, Украина,
e-mail: omelchenko@igph.kiev.ua, kenzera@igph.kiev.ua*

КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛИТОСФЕРЫ ДОНБАССА И ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

По результатам сейсмических исследований методами ГСЗ и ОГТ последних лет, а также переинтерпретации ранее полученных материалов удалось более полно изучить структурные особенности Донбасса. Построены сейсмоскоростные модели вдоль региональных профилей. Изучено распределение скоростных параметров в осадочной толще и консолидированной коре. Выделены перспективные, с точки зрения структурного фактора, области возможной концентрации углеводородов.

Ключевые слова: осадочная толща, кора, мантия, нефтегазоносность.

Большинство сведений о строении осадочного чехла Донецкого складчатого сооружения (ДСС) получено в результате геологических съёмок и бурения неглубоких скважин для целей угольной разведки, а также данных редкой сети профилей глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ).

В последние годы, в основном, в результате проведения региональных сейсмических исследований методом общей глубинной точки (МОГТ), получены новые данные о строении и особенностях формирования складчатого Донбасса. Новым этапом в изучении Донбасса стали сейсмические исследования ГСЗ и МОГТ, выполненные Институтом геофизики НАН Украины и предприятием “Укргеофизика” совместно со специалистами США, Дании, Нидерландов и Польши в 1999–2009 гг. по проекту DOBRE [1].

Работы были направлены на освещение структуры земной коры и верхней мантии складчатого и надвигового Донецкого бассейна, являющегося составной частью Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ), на изучение строения окружающего его докембрийского кратона, картирование основных структурных элементов на глубину и установление связи строения, состава и различных геофизических характеристик с процессами формирования рифта, его эволюцией и последующей инверсией.

Осадочная толща. Стрoение осадочного чехла Донбасса до поверхности фундамента с большей или меньшей степенью детальности освещается практически по всей длине отработанных региональных сейсмических профилей.

Осадочный чехол имеет небольшую мощность в районе Украинского щита (УЩ) и Воронежского кристаллического массива (ВКМ), достигая глубины 20 км в Донбассе. Скорости распространения продольных волн в верхней части осадков составляют 5,0–5,2 км/с, а с глубины 10 км – 5,5–6,1 км/с. Наклон юго-западного края бассейна равен в среднем 17° и в основном определяется по волне P_0^k , так как отражения от нижней части бассейна не наблюдаются. Общий наклон северо-восточного края равен 12° , что уверенно фиксируется по отражениям от подошвы осадков $P_{отр}^{oc}$ и по первым вступлениям волны P_0^k . Отражения от самой глубокой части осадочного чехла не наблюдаются, что создаёт неопределённость порядка 2 км в определении границы раздела.

ДДВ в целом представляет собой довольно симметричную структуру, тогда как для Донбасса зафиксирована явная асимметрия по отношению к Центрально-Донецкому разлому или Главной антиклинали; глубина до фундамента постепенно увеличивается в восточном направлении и приобретает максимальное значение в районе профиля DOBRE (по данным МОГТ); скорости возрастают в северо-восточном направлении.

Консолидированная кора. Анализ скоростных разрезов моделей вдоль профилей, которые пересекают ДСС вкрест их простирания показал, что по величине, характеру распределения скоростных параметров и значениям мощностей консолидированную кору региона следует разделить на блоки, которые соответствуют Приазовскому массиву (ПМ) УЩ, ДСС и южному склону ВКМ.

Земная кора Приазовского массива состоит преимущественно из дорифейских кристаллических пород. Толщина осадочного чехла здесь не превышает 100–200 м. Значение скоростей на поверхности фундамента составляет 5,7–5,75 км/с. С глубиной скорость постепенно возрастает с градиентом 0,03–0,06 км⁻¹ для верхней коры и 0,01 км⁻¹ для нижней.

В районе ВКМ мощность осадочного чехла сокращается в северном направлении с 2 км до десятков метров. Скорость в верхней части фундамента составляет 6,2–6,6 км/с, т. е. немного больше по сравнению со скоростью в ПМ.

Под осадочной толщей ДДВ и Донбасса зафиксировано уменьшение толщины консолидированной коры почти в 2 раза. Минимальное её значение составляет 22 км, кроме того, данный блок отличается от коры УЩ и ВКМ распределением скоростных параметров. Скорости в коре под осадочной толщей этих структур возрастают на 0,2–0,3 км/с. Консолидированная кора Донбасса наследует асимметрию осадочного чехла и состоит из двух блоков с разным скоростным распределением. Юго-западный блок характеризуется плавным увеличением скорости с глубиной от 6,1 до 6,8 км/с, в районе центральной части северо-восточного блока выделена высокоскоростная область. Геометрия её кровли установлена по относительно слабым внутрикоровым отражениям, что приводит к неоднозначности её определения на различных профилях. Подошва высокоскоростного блока и всей коры построена по мощным отражениям от поверхности раздела Мохо (М). Геометрия границ определена по внутрикоровым отраженным волнам, а изолинии скорости – по вступлениям рефрагированных волн [1, 4, 9].

Кроме асимметрии кристаллическая кора Донбасса характеризуется наличием линзовидного пласта со скоростью 7,6 км/с, который залегает непосредственно на поверхности раздела М (граница со скоростью 8,0 км/с). Мощность линзы постепенно возрастает в восточном направлении от 1 км в районе профиля Шевченко–Близнецы (восточная часть ДДВ) до 5 км в районе ДСС. Следует отметить, что на профилях, которые пересекают западную часть ДДВ, высокоскоростной пласт не зафиксирован [2, 4].

Средняя глубина до раздела М равна 38 км. Граница раздела волнистая.

Зона перехода кора–мантия. Поверхность раздела М является наиболее выдержанной и стабильной сейсмической границей, которая построена в целом по данным продольных закритических отраженных волн.

Глубина залегания границы М в районе Среднеприднепровского блока УЩ составляет 37–39 км, рельеф её спокойный, амплитуды смещений не превышают 1–2 км, граничная скорость равна 8,0 км/с. Раздел М в районе ВКМ погружается в северном направлении на глубину от 35 до 44 км.

Граница М под ДДВ расположена на глубине 38 км и образует небольшой подъём по сравнению со своим положением в приделах УЩ

(39 км) и ВКМ (44 км). В осевой зоне рифта прикорковая мантия характеризуется значением скорости 8,4 км/с, аномально высоким для условий платформы, а в соседних районах УЩ и ВКМ – обычным – 8,0 км/с.

Переход от земной коры к мантии (поверхность раздела М) в ДДВ имеет более простое строение, чем в Донецком бассейне, где он осложнён линзоподобным пластом. Значение скорости 7,6 км/с позволяет рассматривать последний и как коровый пласт, который был утяжелён за счет мантийных составляющих (аналогично высокоскоростной зоне), и как облегчённый материал мантии.

Максимальная мощность слоя повышенной скорости совпадает с расположением ДСС. Такое же структурное соответствие установлено на всех профилях ГСЗ в пределах Донбасса [1, 3, 5]. Следует отметить, что этот слой зафиксирован лишь на профилях в восточной части ДДВ на границе с Донбассом, где имеет меньшую (до 1 км) мощность. Логично предположить, что преобразование прикорковой мантии было инициировано событием, которое происходило только в Донбассе и сыграло важную роль в его формировании. Таким событием мог быть пермский орогенез, который почти не затронул ДДВ, но уплотнил осадочную толщу в районе Донбасса [6, 7]. На нарушенное таким образом изостатическое равновесие должен был отреагировать материал верхней мантии (возможно, путём перемещения вниз более тяжелых его компонентов), который был на тот момент самым мелкозалегающим пластичным материалом литосферы.

Зоне перехода от коры к мантии на разрезе ОГТ [8] соответствует полоса довольно интенсивных отражений шириной около 5 км, которые легко прослеживаются на глубине 34–39 км под Приазовским массивом и на глубине 35–45 км под ДСС. Поднятия раздела М под центром бассейна не наблюдается. Таким образом, в осевой части Донбасса кристаллическая кора становится существенно тоньше, чем в пределах Приазовского массива и ВКМ. Утонение земной коры больше чем в 2 раза происходило во время девонского рифтогенеза.

Благодаря значительной длине профиля DOBRE (360 км) удалось зарегистрировать волны, рефрагированные в верхней мантии, что позволило уточнить граничную скорость по поверхности раздела М.

Рефрагированные волны P_0^M в верхней мантии обычно слабы для всех пунктов возбуждения и обнаруживают широкий диапазон кажущихся скоростей от 8,0 до 8,5 км/с, что указывает на наличие структурных

неоднородностей. Скорость в самой верхней мантии возрастает от 7,9 км/с на юго-западе до 8,2 км/с на северо-востоке. Верхняя мантия разделена на два слоя границей первого порядка. Это разделение базируется на последующих отражениях, наблюдаемых в записях нескольких взрывов, и на изменении кажущейся скорости фазы P_0^M . Скорость под границей оценивается в 8,4 км/с.

Перспективы нефтегазоносности. В связи с истощением нефтегазовых месторождений возрастает интерес к ловушкам и залежам сложного строения, расположенным в зонах развития покровно-надвиговых структур. В некоторых странах перспективными для поиска углеводородов оказались зоны развития надвигов внешних складчатых областей. В строении внешних зон складчатых областей принимают участие платформенные и геосинклинальные формации.

При погружении платформенных формаций под надвинутые геосинклинальные формации характер разрывных нарушений резко дифференцированный: нижний платформенный этаж, как правило, разбит на узкие ступени и мелкие блоки, границы крутые, почти вертикальные, а верхний надвинутый этаж превращается в набор складчато-надвиговых структур. Характерное строение зон сочленения края платформы и складчатых областей зафиксировано в Прикарпатье, Приуралье, предгорьях Скалистых гор США, на северных окраинах Донбасса и в других регионах.

С позиций мобилизма, Донбасс – это складчатая структура, вдвинутая в границы Восточно-Европейской платформы между ВКМ и УЩ, частично “выплеснутая” на их погружённые склоны [2]. Северные окраины Донбасса в геотектоническом отношении представляют собой внешнюю зону ДСС, т. е. зону сочленения платформенных и геосинклинальных формаций, платформенные формации зоны плавно погружаются под надвинутые геосинклинальные, образуя два разных этажа.

Нефтегазовые месторождения могут размещаться в обоих структурных этажах. В платформенном этаже они приурочены к приподнятым краям блоков или к приразломным складкам.

Наибольшие перспективы нефтегазоносности связываются с поднадвиговыми структурами, в которых могут формироваться крупные месторождения нефти и газа. При этом в надвинутых складках выявляются главным образом нефтяные и газонефтяные залежи, в поднадвиговых – газовые и газоконденсатные. Это объясняется большей нарушенностью первых и их дегазацией. Высокая перспективность большинства

надвиговых зон подтверждается открытием в их границах многих нефтегазовых месторождений, в том числе и крупных по запасам.

В строении Северной зоны мелкой складчатости Донбасса также выделяются два этажа: поднадвиговый и надвиговый. Нижний платформенный этаж представляет собой полого погружающуюся к югу и юго-западу толщу нижнекаменноугольных пород, которые несогласно залегают на кристаллическом дорифейском фундаменте.

Кристаллический фундамент и низы осадочной толщи разбиты региональными сбросами субширотного простирания на несколько ступеней. В пределах ступеней развиты малоамплитудные брахиантиклинальные и куполообразные складки, разделённые седловинами или диагональными сбросами.

Аналогичное строение платформенного этажа предполагается и под зоной надвигов. При этом контрастность складок и их размеры увеличиваются в южном направлении. Предполагается, что каждому региональному надвигу (Северо-Донецкому, Марьинскому, Алмазному) в поднадвиге соответствует самостоятельная ступень с развитыми в её пределах линиями антиклинальных складок.

Донбасс и прилегающие к нему территории включают в себя целую систему куполов и складок, выявленных в надвиге бурением на уголь и по данным геологической съёмки, в результате чего установлены многочисленные случаи газопроявлений при проведении горных работ в шахтах и бурении скважин.

Многочисленные нефтепроявления на площадях развитых купольных структур Донбасса свидетельствуют об активной связи поднадвиговых толщ карбона с перекрывающими их осадками, а также о возможных перетоках флюидов из глубоких горизонтов в более высокие.

Заключение. В результате проведенных работ получены новые данные о глубинном строении литосферы уникального прогиба в теле Восточно-Европейской платформы, которые, безусловно, важны для изучения геодинамического развития литосферы Донбасса, понимания механизма формирования структур консолидированной коры и осадочной толщи, процессов, которые происходили в земных недрах. Основные результаты сводятся к следующему.

По данным сейсмостратиграфии осадочный бассейн Донбасса, максимальная мощность которого в осевой части составляет 23 км, сложен породами девона, нижнего и среднего карбона, смятыми в складки в

результате горизонтального сжатия и последующей инверсии. Они характеризуются высокими (до 5,9 км/с) значениями скоростей распространения продольных волн.

На всех скоростных разрезах вдоль профилей, пересекающих Донбасс вкрест простирания, и горизонтальных сечениях для глубин 15–25 км по данным томографии зафиксирован высокоскоростной блок с максимальной мощностью до 15 км. На глубине 30 км скорости в нём составляют 7,0 км/с, что на 0,5–0,7 км/с выше, чем на соответствующей глубине в районах Приазовского массива УЩ и ВКМ. Эта область характеризуется значительной расслоенностью, установленной на разрезах ОГТ по резкому увеличению количества отражающих элементов.

Граница раздела М субгоризонтальная, залегает на глубине около 40 км (граничная скорость 8,0 км/с), по данным ОГТ – это широкая полоса (до 5 км) довольно интенсивных колебаний на глубине 38–43 км.

На границе кора–мантия зафиксирован слой со скоростью 7,6 км/с, который залегает непосредственно на поверхности раздела М, его мощность возрастает в юго-западном направлении вдоль оси структуры.

В процессе эволюции на пострифтовом этапе в карбоне в период интенсивного накопления осадков в Донбассе, так же как и в ДДВ, сложились благоприятные условия для образования углеводородов и формирования тектонических и литологических ловушек. Эти условия были нарушены пермским орогенезом. Разрушительные процессы обошли только северную часть бассейна и зону мелкой складчатости. Поэтому с точки зрения поисковых работ на нефть и газ наиболее перспективны северные окраины Донбасса, а также автохтонная часть разреза в пределах Северной зоны надвигов.

С точки зрения структурного фактора в складчатом Донбассе выделено достаточно ловушек. Это тектонически экранированные согласными и несогласными сбросами отдельные блоки (особенно в дорифтовом и рифтовом девонских комплексах в зоне сочленения ДСС и Приазовского массива УЩ, где они доступны бурению), отдельные приразломные антиклинальные поднятия в каменноугольном комплексе, формирование которых связано со складчатыми процессами и движениями пород по плоскостям надвигов и поддвигов, различные виды неантиклинальных ловушек, связанных с выклиниванием отдельных слоёв.

1. *Град М. DOBRE-99: Структура земної кори Донбасу вздовж профіля Мариуполь–Беловодськ / [М. Град, Д. Гринь, А. Гутерх [и др.] // Фізика Землі. – 2003. – № 6. – С. 33–43.*
2. *Евдоциук Н.И. Тектоника и перспективы нефтегазоносности Донбасу / Н.И. Евдоциук, В.Д. Омельченко, Т.Н. Галко. – Киев.: УкрДГРІ, 2002. – 86 с.*
3. *Ильченко Т.В. Некоторые аспекты эволюции Днепровско-Донецкого рифта (по данным ГСЗ) / Т.В. Ильченко // Геофиз. журн. – 1997. – Т. 19. – № 3. – С.69–81.*
4. *Ильченко Т.В. Скоростная модель земной коры и верхней мантии Донбасу и её геологическая интерпретация / Т.В. Ильченко, В.М. Степаненко // Геофиз. журн. – 1998. – Т. 20. – № 2. – С. 95–101.*
5. *Ильченко Т.В. Сейсмическая модель земной коры по профилю ГСЗ Приазовский массив – Донбас – Воронежский масив / Т.В. Ильченко // Геофиз. журн. – 1992. – Т. 14. – № 5. – С. 50–60.*
6. *Милановский Е.Е. Рифтогенез и история Земли / Е.Е. Милановский. – М: Недра, 1983. – 280 с.*
7. *Чекунов А.В. К динамике Днепровско-Донецкой рифт-синеклизы / А.В. Чекунов // Геофиз. журн. – 1994. – Т. 16. – С. 3–17.*
8. *Crustal-scale pop-up structure in cratonic lithosphere: DOBRE deep seismic reflection study of the Donbas fold belt, Ukraine / Y. Maystrenko, S. Stovba, R. Stephenson, U. Bayer, E. Menyoli, D. Gajewski, C. Huebscher, W. Rabbel, A. Saintot, V. Starostenko, H. Thybo, A. Tolkunov // Geology. – 2003. – V. 31, iss. 8. – P. 733–736. – Doi: 10.1130/g19329.1.*
9. *DOBREFraction '99 – velocity model of the crust and upper mantle beneath the Donbas Foldbelt (East Ukraine) / M. Grad, D. Gryn', A. Guterch, T. Janik, R. Keller, R. Lang, S.B. Lyngsie, V. Omelchenko, V.I. Starostenko, R.A. Stephenson,, S.M. Stovba, H. Thybo, A. Tolkunov // Tectonophysics. – 2003. – V. 371, iss. 1–4. – P. 81–110.*

Комплексна геолого-гефізична модель літосфери Донбасу і проблеми нафтогазоносності

В.Д. Омельченко, О.В. Кендзера, В.Г. Кучма

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна, e-mail: omelchenko@igph.kiev.ua, kenzera@igph.kiev.ua

За результатами сейсмічних досліджень методами ГСЗ і СГТ останніх років, а також переінтерпретації раніше отриманих матеріалів удалося повніше вивчити структурні особливості Донбасу. Побудовано сейсмошвидкісні моделі вздовж регіональних профілів. Вивчено розподіл швидкісних параметрів в осадовій товщі та консолідованій корі. Визначено перспективні, з позиції структурного фактора, області можливої концентрації вуглеводнів.

Ключові слова: осадова товща, кора, мантия, нафтогазоносність.

Complex geology-geophysical model of the lithosphere of Donbas and problems of oil-and-gas potential

V.D. Omelchenko, A.V. Kendzera, V.G. Kuchma

*Institute of Geophysics NAS of Ukraine, 32 Palladin Ave., Kyiv 03680, Ukraine,
e-mail: omelchenko@igph.kiev.ua, kendzera@igph.kiev.ua*

According to the results of the seismic studies with DSS and CDP methods in recent years, and the reinterpretation of previously obtained data we were able to more fully explore the structural features of the Donbas. The seismic velocity models along regional profiles were built. The distribution of velocity parameters in the sediment and consolidated crust was investigated. Perspective in terms of the structural factor, areas of possible hydrocarbon concentration are allocated.

Keywords: sedimentary thickness, the crust, the mantle, oil and gas potential.

Поступила в редакцію 05.06.2015 з.