

И.Г. Захаров ¹, М.С. Кулинич ², Н.П. Лойко ²,
И.Н. Федотова ², А.М. Черняков ²

¹ Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

² ООО «Юг-Нефтегазгеология», Киев

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВДОЛЬ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ «DOBRE» И «DOBRE-2» МЕТОДОМ СПОНТАННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭМИССИИ ЗЕМЛИ

Проведены исследования глубинного строения вдоль профилей «DOBRE» и «DOBRE-2» новым геофизическим методом анализа спонтанной электромагнитной эмиссии Земли (АСЭМЭЗ). Метод АСЭМЭЗ позволил выделить и проследить горизонты излучения в земной коре и верхней мантии и их соотношение с известными границами, такими как поверхность кристаллического фундамента, поверхность Конрада и Мохо, верхняя граница астеносферы. Уточнены особенности сочленения известных крупных тектонических элементов и прослежены их «корни» на значительную глубину. Получены новые данные о строении отдельных тектонических элементов, уточнены некоторые общие принципы строения переходной зоны от древней континентальной платформы к активному складчатому поясу.

Ключевые слова: геофизические методы, земная кора, спонтанная электромагнитная эмиссия, профиль «DOBRE», переходная зона

Введение

Для исследования строения земной коры используют ряд геофизических методов. Несмотря на значительный объем полученных данных, очевидны определенные трудности интерпретации, с которыми сталкиваются исследователи, что сохраняет актуальной проблему повышения информативности и надежности результатов глубинных исследований. Возможным способом решения этой задачи является расширение комплекса геофизических методов, используемых для исследований. Одним из таких методов может стать метод анализа спонтанной электромагнитной эмиссии Земли (метод АСЭМЭЗ). Помимо определения блоков земной коры и горизонтов, метод позволяет выделять зоны тектонических напряжений, часто представленных зонами трещиноватости, а также слои с пониженной или повышенной вязкостью, которые сейчас рассматриваются как важный элемент строения и динамики коры и верхней мантии [1].

© И.Г. ЗАХАРОВ, М.С. КУЛИНИЧ, Н.П. ЛОЙКО, И.Н. ФЕДОТОВА, А.М. ЧЕРНЯКОВ, 2014

Впервые для изучения глубинного геологического строения метод был использован вдоль линий региональных профилей ГСЗ «Лозовая—Шебелинка—Старопокровка» и «DOBRE». Теоретические и методические основы метода и первые результаты исследований опубликованы на международных конференциях и в периодической научной литературе (см., например, [2—6]).

В данной работе представлены результаты, полученные методом АСЭМЭЗ вдоль линий региональных профилей ГСЗ «DOBRE» и «DOBRE-2» от северо-восточной границы Украины до центральной части акватории Черного моря. Профили пересекают склон Воронежского кристаллического массива, складчатый Донбасс, восточную часть Украинского щита и тектонические элементы Азовского и Черного морей. Изучение строения территории проводилось до глубины 100 км, отдельные элементы строения выявлены на глубинах до 180 км.

Аэросъемка по профилям проводилась в два этапа. На первом этапе отработана сухопутная часть профиля «DOBRE» от северо-восточной границы Украины через Донбасс к Азовскому морю длиной 360 км, на втором — выполнено морскую часть профиля через Азовское море и северо-восточную часть Черного моря длиной 590 км. Зона перекрытия профилей приходится на сушу и составляет 159 км. Общая длина регионального профиля АСЭМЭЗ составила 750 км.

Профильная аэросъемка проводилась с высоты 300 и 800 м. Регистрация излучения осуществлялась прибором «Астрогон» с широкополосной антенной, фиксирующей магнитную компоненту электромагнитного поля Земли в диапазоне частот 2,5—50 кГц с частотой фиксации сигнала 1 сек.

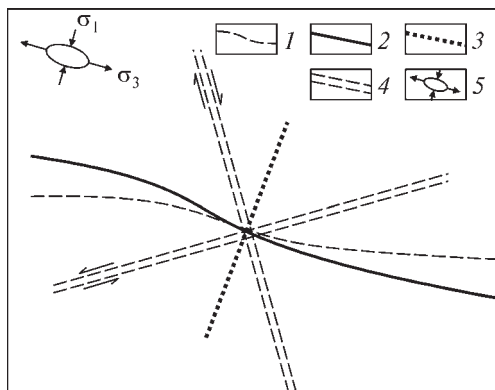
Учитывая небольшой опыт использования метода АСЭМЭЗ для исследования глубинного строения, на первом этапе проводились оценка способности метода по выделению наиболее известных элементов земной коры, на втором проводилось уточнение их строения.

Краткие сведения о методе АСЭМЭЗ

Метод АСЭМЭЗ — новый самостоятельный пассивный метод исследования земных недр, основанный на измерении спонтанной электромагнитной эмиссии Земли (СЭМЭЗ) в радиоволновом диапазоне длин волн. СЭМЭЗ — это составляющая постоянно существующего акусто-сейсмо-электромагнитного шума литосферы, которая имеет диффузионную природу и образуется при просачивании глубинных флюидов через твердотельную компоненту земных недр; подобные нелинейные процессы происходят в открытой неравновесной среде, которой и является литосфера [6]. Данное явление наблюдается в любой точке земного шара, но наиболее интенсивно оно в напряженнодеформированных областях, где образуется большое число локальных неоднородностей и дефектов горных пород.

Фронт концентрации флюида формирует всплеск комплексной диэлектрической проницаемости, рассеивание которого ведет к генерации электромагнитных и других возмущений. Распространение возмущений в активных диссипативных системах с диффузией описывается системой уравнений типа «реакция — диффузия», в которой уравнение Максвелла — лишь их составляющая [6]. Таким образом, несмотря на то, что мы имеем дело с электромагнитным явлением, распространение возмущения в земных недрах «управляется» процессами

Рис. 1. Система напряжений, возникающих при изгибе геологического слоя [11]: 1 — слой; 2, 3 — оси главных напряжений; 4 — оси касательных напряжений; 5 — эллипс деформации



диффузии, и потому к нему неприменимо понятие скин-слоя, употребляемое для характеристики дальности распространения плоской монохроматической волны в среде. Перенос возмущения возможен на всех глубинах, где можно предположить наличие

процессов диффузии, т.е., с точки зрения классической электродинамики, реализуется возможность для сверхдальнего распространения возмущения [6].

Явление СЭМЭЗ следует отличать от известного явления естественного импульсного электромагнитного поля Земли (вынужденное излучение по классификации Левшенко [7], которое представляет собой линейный электромагнитный процесс и описывается уравнениями Максвелла). Сопоставление указанных явлений приведено в работе [6].

СЭМЭЗ генерируется преимущественно в местах расположения разнообразных локальных неоднородностей (дефектов) горных пород, размерами которых по сравнению с размерами геологических объектов можно пренебречь. Исходя из этого, принято, что излучение, зарегистрированное на дневной поверхности, является суммой излучения большого числа локальных (точечных) излучателей (ЛИ). Их положение рассчитывается на основе вейвлет-преобразованного сигнала в автоматическом режиме; каждый ЛИ характеризуется интенсивностью излучения (в относительных единицах) и типом, которые определяются, соответственно, по амплитуде и форме аномалии, которую он создал на дневной поверхности. Использование в методе вейвлет-разложений исходного сигнала с применением специально подобранных базовых функций позволяет существенно увеличить число уверенно выделяемых аномалий.

Экспериментально и теоретически показано [8], что излучение (по сути, представляет собой переходное излучение, т.к. формируется за счет скачка диэлектрической проницаемости) распространяется в конусе, параметры которого не зависят от геоэлектрических характеристик разреза, т.е. глубина ЛИ пропорциональна ширине аномалии на дневной поверхности. Этот принцип определяет еще одну важную особенность метода: несмотря на то, что метод основан на явлениях геоэлектрики, он отражает, прежде всего, форму геологических тел, и условно может быть назван «геометрическим» методом разведки.

Таким образом, мы получаем положение в разрезе ЛИ, по которым проводится расчет неоднородности поля СЕМЭЗ, обычно в виде так называемого «теневого» разреза, то есть графиков изменения поля с глубиной, подсвеченных боковым освещением. Интерпретация полученных материалов базируется на тектоно-физических принципах, в первую очередь, на подобии систем напряжений сходных по форме геологических объектов [9—11]. В частности, для одного из наиболее распространенных геологических объектов — изгиба геологического слоя — характерна сложная система напряжений (рис. 1). Все геологические и

тектонические элементы, показанные на рисунке, доступны для определения методом АСЭМЭЗ.

Неоднородность поля СЭМЭЗ зависит также от состава, текстуры и физических свойств горных пород. В совокупности, все это позволяет выделять слои с определенными свойствами, в том числе флюидонасыщенные.

Результаты исследований

В целом, неоднородности поля СЭМЭЗ оказались чувствительным индикатором тектонических процессов и позволили выделить все основные элементы глубинного строения вдоль региональных профилей «DOBRE» и «DOBRE-2», известные из предыдущих работ, и выделить в них основные горизонты: поверхность кристаллического фундамента, слои консолидированной коры, границу коры и верхней мантии (поверхность Мохо), для многих блоков — поверхность астеносферы. Прослежены особенности сочленения отдельных блоков в виде сбросов, взбросо-надвигов и других типов разрывных нарушений с определением их наклона и глубины проникновения. Рассмотрим основные элементы строения отдельных тектонических блоков и переходных зон между ними с севера на юг, представленных на рис. 2.

Донецкое складчатое сооружение (ДСС) в неоднородности поля СЭМЭЗ получило четкий контур по кровле кристаллического фундамента (см. рис. 2, пример неоднородности поля показан на рис. 3), которому соответствует значительный максимум излучения. Прогиб поверхности фундамента в этом сечении имеет несколько асимметричную форму: северная его часть более ступенчатая, южная — более пологая. Максимальная глубина залегания кровли фундамента достигает 17,5 км.

Погружение поверхности фундамента происходит по системе сбросов, при этом кровля фундамента в каждом из блоков имеет наклон к центральной части ДСС. Как здесь, так и на профилях Днепровско-Донецкой впадины, мы практи-

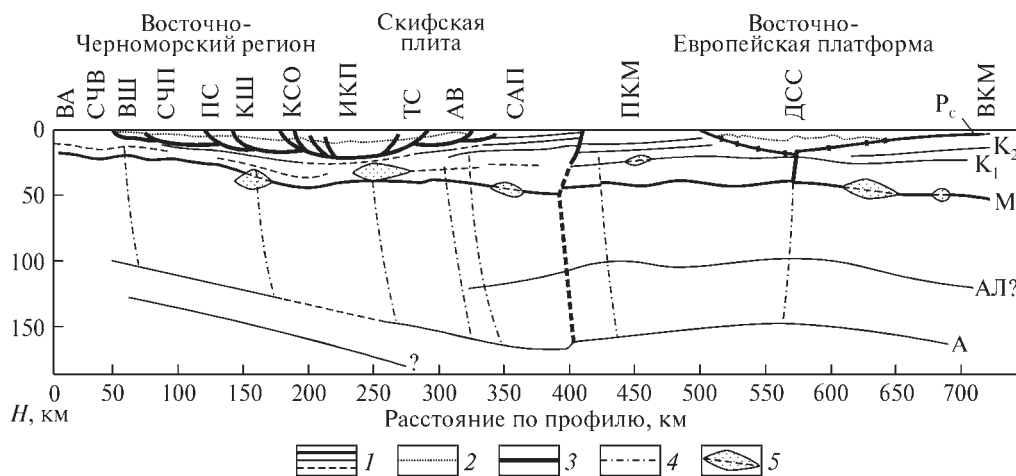


Рис. 2. Строение территории по линии профиля «DOBRE» по данным метода АСЭМЭЗ: 1 — излучающие горизонты в фундаменте и верхней мантии; 2 — излучающие горизонты в осадочном чехле; 3 — тектонические нарушения; 4 — субвертикальные неоднородности поля СЭМЭЗ; 5 — локальные зоны напряжений

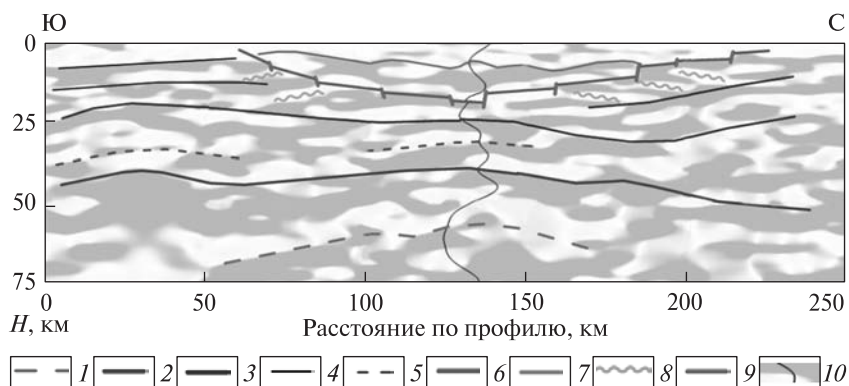


Рис. 3. Неоднородность поля СЭМЭЗ в районе расположения Донецкого складчатого сооружения с основными элементами интерпретации: 1 — поверхность в верхней мантии, соответствующая резкому скачку излучения; 2 — поверхность Мохо; 3 — поверхность Конрада; 4, 5 — слои в консолидированном фундаменте; 6 — поверхность кристаллического фундамента; 7 — слой в осадочном чехле; 8 — зона трещиноватости; 9 — разлом; 10 — неоднородность поля СЭМЭЗ в виде «теневого» разреза и эквивалентное ему изменение интенсивности излучения с глубиной в графическом виде (приведен пример для центральной части ДСС)

чески не регистрируем участков фундамента с обратным наклоном, которые иногда показывают на сейсмических разрезах (см., например, [12]). Сравнение неоднородности поля СЭМЭЗ и волнового поля показывает, что часто в подобных случаях в сейсморазведке за геологические слои принимают зону трещиноватости с упорядоченной системой трещин, формирующуюся в субгоризонтальной зоне касательных напряжений (см. субгоризонтальную ось касательных напряжений на рис. 2 и зоны трещиноватости (8) вблизи поверхности кристаллического фундамента на рис. 3).

Нижней части осадочного чехла, как и в Днепровском грабене, отвечает пониженный уровень излучения, что позволяет предположить наличие девонских соляных отложений. В центральной части зона пониженного излучения распространяется и на несколько меньшие глубины, что может свидетельствовать о возможности образования соляных штоков или «подушек».

Даже без детального анализа достаточно четко проявляются основные зоны образования надвигов в осадочном чехле.

Разломы, генетически связанные с рифтообразованием, наклонены в сторону грабена и имеют значительную глубину проникновения. Они уверенно прослеживаются в земной коре, часто до верхней мантии. Более подробно строение этого крупного тектонического элемента рассмотрено в работе [4].

В консолидированной коре под Донбассом выделяются поверхности, соответствующие известным поверхностям K_1 и K_2 и поверхности Мохо. Наши данные свидетельствуют о заметном изгибе поверхности Мохо вверх с наименьшей глубиной около 35 км под центральной частью ДСС. Более того, хотя бы слабый изгиб слоев, а также поверхностей K_1 и K_2 наблюдается практически в пределах всей консолидированной коры. Как следствие, консолидированная кора под ДСС значительно утонена, прежде всего, за счет более молодых пород. В южном направлении глубина поверхности Мохо увеличивается примерно до 40 км, на север — не менее чем до 45 км (вблизи северной границы ДСС).

Согласно геодинамической модели ДСС [13, 14], консолидированная кора под ДСС рассечена сутурой, которая погружается с юга на север. Мы не видим достаточных оснований для такой интерпретации в наших данных. В то же время, нельзя исключить наличия сутуры, погружающейся с юга на север; сходный результат получен в [15]. При этом магматизм южнее ДСС может быть связан не с данной сутурой, а с более глубокими наклонными границами на глубинах 90—150 км, на которых создаются условия для формирования расплавов различного состава [16].

Непосредственно под поверхностью Мохо наблюдается выраженный локальный минимум излучения, охватывающий несколько километров по глубине. Далее здесь и во многих других местах вдоль профиля имеет место выраженный максимум излучения на глубине 15—20 км от кровли мантии. Следующие значительные изменения интенсивности излучения с глубиной приходятся на глубины около 100—110 км. Проследить этот скачок излучения удалось лишь в пределах Донбасса и частично — в расположенном рядом Приазовском кристаллическом массиве, что может быть свидетельством того, что обнаруженная граница, скорее всего, является границей отдельного астеносферного диапира, тогда как собственно астеносфера находится значительно ниже.

Приазовский кристаллический массив (ПКМ). В целом, ПКМ на профиле отражается как горст, ограниченный глубинным разломом на юге и серией более мелких разломов со стороны ДСС. Неоднородности поля СЭМЭЗ на южной границе ПКМ прослеживаются почти на всю глубину исследования, то есть значительно ниже Мохо, что позволяет рассматривать эту зону как шовную. На дневной поверхности ей соответствует северная береговая линия Азовского моря. Однако нет оснований считать эту зону однородной по строению на всю глубину. Так, в верхней части разреза это, скорее всего, сброс амплитудой до 1 км, который, возможно, выполаживается перед поверхностью K_2 . Далее следуют субвертикальные зоны, которые на границе поверхности Мохо изменяют наклон, природу которых лишь по данным о СЭМЭЗ трудно определить. Видимо, в пределах коры это разрывное нарушение или серия разрывных нарушений, ниже — субвертикальная ослабленная зона, образованная или сильно модифицированная процессами интрузии.

Слоистое строение ПКМ уверенно прослеживается на глубинах от поверхности до K_2 (при использовании максимальной детализации — не менее 6 слоев), несмотря на определенную неоднородность по латерали, связанную, вероятно, с местами повышенного магматизма. Слои субгоризонтальные со слабым наклоном на юг. Ниже поверхности K_2 неоднородность по латерали значительно возрастает.

Поверхность Мохо имеет минимальную глубину около 35 км; у границы с ДСС она погружается до 40—42 км, на юге — до 45—47 км. Не исключено, что южная часть ПКМ протяженностью около 40 км (вдоль профиля) является отдельным блоком.

Морская часть профиля. Начиная с берега Азовского моря и далее до южного края профиля характер геологического строения исследуемой территории резко меняется, поэтому сначала дадим общую характеристику. В верхней части разреза примерно до поверхности K_2 везде преобладают серии надвигов и взбросо-надвигов с падением навстречу друг другу по обе стороны от наиболее погру-

женной части Индоло-Кубанского прогиба. Такие направленные навстречу друг другу листрические разломы вместе с субгоризонтальной зоной, к которой они выполаживаются, образуют своеобразную тектоническую «чашу» (ТЧ) от вала Шатского до Азовского вала. Субгоризонтальной зоне соответствует выраженный минимум излучения, который, особенно вблизи центральной части ТЧ, непрерывно протягивается на десятки километров. Весьма вероятно, что эта зона является значительно ослабленной зоной земной коры (волноводом [1]), которому соответствует заметное уменьшение вязкости пород.

От прогиба Сорокина до южного края Азовского вала (Тимашевская ступень) ослабленная зона систематически погружается с 8—10 км на краях до 20—22 км в центральной части тектонической «чаши» под южной частью Индоло-Кубанского прогиба. За пределами указанной территории ослабленная зона залегает почти горизонтально с незначительным погружением к центральной части ТЧ. Общими для ТЧ являются характер разрывных нарушений и залегания горизонтов: они более крутые вблизи центральной части и более пологие на краях, однако и здесь верхние части взбросо-надвигов крутопадающие.

Рассмотрим строение отдельных крупных блоков в пределах морской части профиля.

Азовский вал (АВ) и Североазовский прогиб (САП). Наши данные подтверждают существующие мнения об АВ как о большой тектонической пластине, надвинутой по Главному Азовскому взбросо-надвику на южную погруженную часть Восточноевропейской платформы (ВЕП) [17, 18]. Его сводовая часть является фронтальной частью этой тектонической пластины, за которой начинается Североазовский прогиб. Толщина пластины под сводовой частью АВ составляет около 8 км (до локального минимума излучения, который можно отождествить с ослабленной зоной, по которой происходило перемещение пород). Образование АВ именно в этом месте было обусловлено, видимо, тем, что консолидированный фундамент здесь имеет выступ. Судя по форме многочисленных аномалий, это зона палеомагматизма, прослеживающаяся до глубины около 150 км.

Поверхность Мохо под АВ постепенно погружается на север, однако, можно предположить и наличие слабого изгиба.

САП, безусловно, является переходной зоной между ВЕП и Скифский плитой. В частности, здесь прослеживаются границы, которые постепенно погружаются на юг: одна из наиболее четких границ (протофундамента?) погружается с 6 км вблизи края ВЕП до 10 км на юге САП, что свидетельствует о САП как о прямом продолжении ВЕП. В то же время, в верхней части разреза присутствуют надвиги (подробно не исследовались), характерные для Скифской плиты.

Мощность земной коры в этой переходной зоне возрастает почти до 50 км с увеличением к северу.

Тимашевская ступень (ТС) является отдельным блоком между Индоло-Кубанским прогибом и АВ, ограниченным двумя надвигами одного направления падения. Начиная с ТС, ослабленная зона (на глубине 10—12 км) становится субгоризонтальной со слабым подъемом на север.

Индоло-Кубанский прогиб (ИКП) обладает выражено асимметричной формой. Наиболее четко его контуры прослеживаются по ослабленной зоне с низким уровнем излучения, систематически погружающейся с глубины 11—12 км на границе с Тимашевской ступенью до 20—22 км под центральной осью ИКП

(вблизи южной береговой линии Азовского моря). Эта зона является корнями листрических разломов, наличие которых предполагалось уже много лет назад [19]. Разломы (взбросо-надвиги) более пологие к северу от центральной части ИКП и субвертикальные к югу от нее. Наклон слоев в южной части ИКП также заметно больше, чем в северной. Вблизи центральной части на глубинах около 8 и 15 км фиксируются два скачка интенсивности излучения. Первый из них, возможно, является подошвой палеоцен-эоценового комплекса пород, второй — поверхностью докембрийского фундамента. Другие границы менее выражены.

Выделение поверхности Мохо под ИКП несколько неоднозначно. Наиболее заметный скачок излучения приходится на глубину 40—41 км, однако, выше и ниже фиксируется несколько близких слоев, прослеживающихся по латерали на некоторое расстояние. Возможно, мы имеем здесь расширенный коро-мантыйный слой.

Неоднородности поля СЭМЭЗ на южной границе ИКП прослеживаются почти на всю глубину разреза, что позволяет рассматривать ее как шовную зону между Скифской плитой и восточной частью Крымской складчатой области.

Восточная (погруженная) часть Крымской складчатой области (КСО) образована густой сетью крутых взбросо-надвигов, корни которых также приходятся на упомянутую выше ослабленную зону. Геологические горизонты имеют наклон до 35 градусов — наибольший наклон на всем профиле. Поверхность Мохо погружается на глубину до 50 км, самая глубокая точка находится под Керченским полуостровом.

Прикерченский участок шельфа (КШ) по строению аналогичен строению КМА, однако амплитуды нарушений и крутизна складок значительно меньше.

Прогиб Сорокина (ПС) является краевой частью единой системы взбросо-надвигов, образующих центральную часть тектонической «чаши» и, таким образом, тесно связанных между собой геологической историей. Кровля пород фундамента находится в интервале глубин 15—19 км с наклоном поверхности в северном направлении.

Вал Шатского (ВШ) и Северочерноморское поднятие (СЧП) являются южным ответвлением системы взбросо-надвигов с субгоризонтальной ослабленной зоной, самый большой из которых разделяет ВШ и Северочерноморскую впадину. ВШ является фронтальной частью этой пластины (покрова) и, таким образом, в определенной степени, «отражением» Азовского вала, однако со значительно большей толщиной осадочного слоя. Как и в районе АВ, под ВШ фиксируются субвертикальные зоны неоднородности поля, связанные, возможно, с процессами магматизма.

Толщина земной коры в этой зоне значительно уменьшается и под ВШ составляет около 20 км при наличии небольшого локального поднятия непосредственно под валом. Аналогично (согласно) залегают другие слои фундамента, верхний из которых (поверхность докембрийского фундамента?) фиксируется на глубине 7—8 км.

Общие закономерности глубинного строения. Рассмотрим некоторые общие черты строения земной коры и верхней мантии вдоль профиля АСЭМЭЗ, которые выходят за пределы отдельных блоков.

Почти на всем протяжении морской части профиля (с юга до северной части Азовского моря) поверхность Мохо систематически погружается на север с

периодическим ступенеобразным подъемом (прежде всего, на границе КСО и ИКП, перед АВ) и при наличии других осложнений, которые, однако, не разрушают общей тенденции. Такое погружение можно рассматривать как свидетельство постепенного пододвигания субокеанической плиты под континентальную с постепенной ее переработкой. Тенденция постепенного погружения поверхности Мохо нарушается в континентальной части профиля, прежде всего, из-за изменения ее глубины под ДСС, а также из-за наличия отдельных блоков УЩ и ВКМ.

Везде под поверхностью Мохо наблюдается зона пониженного уровня излучения толщиной несколько километров. Ниже поверхности Мохо примерно на 20 км проходит поверхность в верхней мантии, которая характеризуется заметным или даже значительным ростом интенсивности излучения. В некоторых местах именно эта поверхность является более выразительной, чем поверхность Мохо. Аналогичный горизонт в верхней мантии, иногда называемый вторым, или двойным Мохо, был зафиксирован ранее (см., напр., [1, 16, 20, 21]).

Еще одна более глубокая граница (поверхность астеносферы?) в пределах профиля постепенно погружается от Северочерноморской впадины до южной границы ВЕП со 100 до 170 км при наличии локальных аномалий, от которых почти вверх с постепенным отклонением на юг протягиваются зоны неоднородностей поля СЭМЭЗ. Они, скорее всего, являются зонами магматизма. Соответственно, неоднородности вблизи нижнего края этих субвертикальных зон можно рассматривать как гипоцентры магматизма. Отметим, что их глубина соответствует глубинам возникновения расплавов по результатам комплексного анализа и моделирования соответствующих процессов [16].

От южного края ВЕП граница в верхней мантии на глубине более 100 км, видимо, разделяется на две, одна из которых продолжает погружаться, другая — поднимается вверх. Первую можно сопоставить с собственно астеносферой, вторую — с отдельным астеносферным диапиром.

Значительным нарушениям вблизи поверхности кристаллического фундамента часто отвечают субвертикальные зоны, которые прослеживаются даже в верхней мантии. Наиболее мощными из них являются зоны на южном краю ВЕП и Скифской плиты. Однако, по ряду признаков, их нельзя рассматривать как сплошное нарушение, проникающее глубоко в мантию. Основной причиной различия их свойств с глубиной может быть слоистая неоднородность коры и верхней мантии со значительными изменениями реологических свойств. Различным глубинам отвечают, пожалуй, различные процессы, а их соответствие в пространстве обусловлено непрерывным воздействием глубинных процессов на земную кору.

Заключение

Проведенные исследования глубинного строения вдоль профилей «DOBRE» и «DOBRE-2» новым геофизическим методом анализа спонтанной электромагнитной эмиссии Земли показали его информативность. Метод АСЭМЭЗ позволил выделить и проследить горизонты излучения и их соотношение с известными границами, такими как поверхность кристаллического фундамента, поверхность Конрада и Мохо, верхняя граница астеносферы. Установлены или уточнены особенности сочленения известных крупных тектонических

элементов и прослежены их «корни» на значительную глубину. Получены новые данные о строении отдельных тектонических элементов, уточнены некоторые общие принципы строения переходной зоны от древней континентальной платформы к активному складчатому поясу.

Разломы, генетически связанные с рифтообразованием Донбасса, направлены навстречу друг другу и имеют значительную глубину проникновения. Южная часть ДСС более однородная, северная — разделена на ряд крупных ступеней. В центральной части ДСС фундамент находится на глубине 17,5 км. Горизонты излучения в земной коре и верхней мантии выпуклые, минимальная глубина поверхности Мохо составляет около 35 км.

Приазовский кристаллический массив на профиле АСЭМЭЗ выглядит как горст, ограниченный глубинными разломами противоположного направления. С южной стороны «корни» этих разломов прослеживаются на глубину более 100 км, однако, характер этой границы с глубиной меняется (разрывное нарушение, ослабленная зона и др.).

Для Азово-Черноморской части профиля АСЭМЭЗ установлена сетка направленных друг к другу разломов, которые вместе с субгоризонтальной зоной их выполаживания на глубине до 22 км создают сложную тектоническую «чашу», составленную из большого числа блоков (покровов). Краевыми элементами этой «чаши» являются вал Шатского и Азовский вал, наиболее глубокая часть приходится на южный край ИКП. Зона выполаживания характеризуется заметным снижением интенсивности излучения, что указывает на снижение ее вязкости.

Блоки (покровы) в пределах «чаши» имеют достаточно схожие черты структурно-тектонического строения: системы разломов являются границами тектонических пластин, надвинутых друг на друга, что привело к формированию структурных валов во фронтальных и локальных прогибах в периферических частях блоков.

Сравнение результатов геофизических исследований по данным методов ГСЗ и АСЭМЭЗ показывает, что последний существенно дополняет информацию о глубинном геологическом строении при малом времени выполнения полевых работ (несколько дней) и отсутствии ограничений в поверхностных условиях работ (суша, море, переходные зоны).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Каракин А.В., Курьянов Ю.А., Павленкова Н.И.* Разломы, трещиноватые зоны и волноводы в верхних слоях земной оболочки. — М.: ВНИИгеосистем, 2003. — 220 с.
2. *Богданов Ю.А., Коболев В.П., Русаков О.М., Захаров И.Г.* Геополаритонное зондирование газоносных структур северо-западного шельфа Чёрного моря // Геология и полезные ископаемые мирового океана. — 2007. — № 4. — С. 37—61.
3. *Богданов Ю.А., Захаров И.Г., Кулинич М.С., Лойко Н.П.* и др. Отображение геологических объектов разного ранга в сигнале спонтанной электромагнитной эмиссии Земли: Азово-Черноморский полигон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа. Сб. докладов VIII межд. конф. «Крым-2009». — Симферополь, 2009. — С. 83—96.
4. *Старостенко В.И., Лукин А.Е., Коболев В.П., Русаков О.М.* и др. Модель глубинного строения Донецкого складчатого сооружения и прилегающих структур по данным региональных геофизических наблюдений // Геофизический журнал. — 2009. — Т. 31, № 4. — С. 44—68.

5. Шуман В.Н., Коболев В.П., Богданов Ю.А. и др. Спонтанное электромагнитное излучение на акваториях: новый эксперимент и приложения // Геофизический журнал. — 2011. — Т. 33, № 4. — С. 33—49.
6. Шуман В.Н., Коболев В.П., Старостенко В.И., Буркинский И.Б. и др. Метод анализа спонтанной электромагнитной эмиссии Земли: физические предпосылки, полевой эксперимент, элементы теории // Геофизический журнал. — 2012. — Т. 34, № 4. — С. 40—61.
7. Левшенко В.Т. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы литосферного происхождения: Автореф. Дисс. Докт. физ.-мат. наук. М.: ОИФЗ РАН, 1995. — 36 с.
8. Шуман В.Н., Богданов Ю.А. Электромагнитная эмиссия литосферы: пространственная структура и возможные механизмы генерации // Геофизический журнал. — 2008. — Т. 30, № 6. — С. 39—50.
9. Фрохт М.М. Фотоупругость. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. — М.: Л.: Гостехтеоретиздат, 1948. — 432 с.
10. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. — М.: Наука, 1975. — 536 с.
11. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М. Прогноз зон вторичной трещиноватости на основе данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования // Геология нефти и газа. — 1999. — № 11—12. — С. 31—40.
12. Атлас геологического строения и нефтегазоносности Днепровско-Донецкой впадины. — Киев, УкрНИГРИ, 1984. — 190 с.
13. Юдін В.В., Артеменко В.М. Нова збалансована модель Складчастого Донбасу. Сучасний металогенічний прогноз // Мінеральні ресурси України. — 1996. — № 2. — С. 14—16.
14. Юдин В.В. Геодинамика Южного Донбасса. — Киев: УкрГГРИ, 2003. — 92 с.
15. Бродский А.Я., Шайдаков В.А., Шлезингер А.Е., Штунь С.Ю. Строение верхней мантии и консолидированной коры в зоне сочленения кряжа Карпинского и Астраханского выступа // Доклады АН. Сер. Геол. — 1993. — Т. 333, № 3. — С. 341—343.
16. Буалло Г. Геология окраин континентов. — М.: Мир, 1985. — 145 с.
17. Попков В.И. Складчато-надвиговые дислокации в осадочном чехле Азовского моря // Геотектоника. — 2009. — № 4. — С. 84—93.
18. Юдин В.В. Предскифский краевой прогиб // Геодинамика и нефтегазоносные системы Черноморско-Каспийского региона. — Симферополь: Таврия-Плюс, 2001. — С. 177—183.
19. Паталаха Е.И. К проблеме листрических разломов // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1986. — № 11. — С. 113—120.
20. Лысынчук Д.В., Коломиец Г.В., Козленко М.В., Козленко Ю.В. и др. Интерпретация сейсмических данных вдоль профиля КМПВ — ГСЗ Синельниково — Чугуев // Геофизический журнал. — 2013. — Т. 35, № 6. — С. 165—173.
21. Оровецкий Ю.П., Красовский С.С., Калюжная Л.Т., Куприенко П.Я. Строение и эволюция земной коры Приднепровского палеосвода Украинского щита // Геофизический журнал. — 1994. — Т. 19, № 4. — С. 61—69.

Статья поступила 03.07.2014

І.Г. Захаров, М.С. Кулініч, Н.П. Лойко, І.Н. Федотова, А.М. Черняков

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕМНОЇ КОРИ УЗДОВЖ РЕГІОНАЛЬНИХ ПРОФІЛІВ «DOBRE» ТА «DOBRE-2» МЕТОДОМ СПОНТАННОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕМІСІЇ ЗЕМЛІ

Проведено дослідження глибинної будови уздовж профілів «DOBRE» і «DOBRE-2» новим геофізичним методом аналізу спонтанної електромагнітної емісії Землі (АСЕМЕЗ). Метод АСЕМЕЗ дозволив виділити і простежити горизонти випромінювання в земній корі і верхній мантиї та їх співвідношення з відомими границями, такими як поверхня кристалічного фундаменту, поверхня Конрада і Мохо, верхня границя астеносфери. Уточнено особливості зчленування відомих великих тектонічних елементів і простежено їх «коріння» на значну глибину. Отримано нові дані про будову окремих тектонічних елементів, уточнено деякі загальні принципи будови перехідної зони від стародавньої континентальної платформи до складчастого пояса.

Ключові слова: геофізичні методи, земна кора, спонтанна електромагнітна емісія, профіль «DOBRE», перехідна зона.

I.G. Zacharov, M.S. Kulinich, N.P. Loyuko, I.N. Fedotova, A.M. Chernyakov

STUDY OF THE EARTH'S CRUSTAL STRUCTURE ALONG THE «DOBRE»
AND «DOBRE-2» REGIONAL PROFILES USING THE METHOD
OF THE EARTH'S SPONTANEOUS ELECTROMAGNETIC EMISSION

The investigations of the deep structure along profiles «DOBRE» and «DOBRE-2» using new geophysical method for Earth's spontaneous electromagnetic emission analysis (MESEMEA) are performed. The MESEMEA allows tracing and identifying the horizons of spontaneous radiation in the Earth's crust and upper mantle and their relationship with known boundaries such as the surface of the crystalline basement, Conrad and Moho surfaces, upper boundary of the asthenosphere. Joint features of known large tectonic elements are refined and their «roots» to a considerable depth are traced. New data on tectonic elements structure are obtained; some of general principles of the transition zone structure from the early continental platform to the active fold belt are specified.

Key words: *geophysical methods, Earth's crust, spontaneous electromagnetic emission, profile «DOBRE», transition zone.*