

факелов совпадает с областью распределения дифракторов. Причём, ЧФ3 охватывается зоной дифракторов только частично с северного края профиля. Изображения ЧФ1 и ЧФ3 в области их совмещения с дифракторами имеет одинаковую "разряжённую" структуру.

Таким образом, частотные факелы типа ЧФ1 в спектре микросейсм ДПВ маркируют зоны с существенно нелинейными диссипативными свойствами, создающими эмиссионное излучение широкополосного шума.

В пределах ЧФ2 проявляются локальные максимумы спектральной энергии, объединённые жирной линией на рис. 1А. Наблюдаемые всплески могут быть объяснены выборочным резонансом микросейсмического шума проходящего зону выклинивания с пониженной скоростью упругих волн. При этом резонансные сигналы должны появляться на частотах возрастающих в сторону выклинивания пласта [2]. Эта спектральная картина представляет собой микросейсмическую радугу [3]. По данным сейсмической томографии такая зона действительно существует между ПК 30 и 44 профиля (рис. 1В). Эмиссионные свойства среды (кровли фундамента) в месте образования ЧФ2 и южной части ЧФ3 дополняются резонансными эффектами, способствующими концентрации спектральной энергии в локальных областях, хорошо заметных на СТИ в виде светлых пятен.

ЧФ3 проявляется в наиболее широком диапазоне частот от нуля до 25 и выше Гц. На сейсмическом разрезе здесь наблюдаются зоны нарушения корреляции отражений в осадочной толще и выклинивания слоёв на южном крыле апикальной части поднятия фундамента. ЧФ3 отображает интенсивную эмиссию микросейсмических колебаний в этом месте профиля (ПК 45-48 км), которая, вероятней всего, обусловлена действующим процессом дегазации или флюидодинамики земной коры в зоне дизъюнктивного нарушения.

Выводы.

1. Сравнение спектральных изображений среды, полученных из поля микросейсм ДПВ, с результатами сейсморазведки МОГТ показало их взаимное соответствие и связь с определёнными интегральными и локальными особенностями строения геологического разреза.

2. Спектральные параметры микросейсм и спектральные изображения разреза дополняют результаты МОГТ принципиально новой информацией о современном динамическом состоянии и нелинейных свойствах выявленных сейсморазведкой структурных объектов типа зон выклинивания, аномалий скорости, разломов и дегазации, которые представляют первоочередной интерес разведки и прогнозирования залежей углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крауфорд Ф. Волны. / БКФ. – Т. III. – М.: Наука, 1976. – 527 с.
2. Уайт Дж. Э. Возбуждение и распространение сейсмических волн. – М.: Недра. – 1986. – С. 264.
3. Кравцов Ю.А., Орлов Ю.И. Геометрическая оптика неоднородных сред. – М.: Наука, 1980. – 304 с.

ПЛОТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

В.А. Шляховский

Научно-производственная фирма "ЛАНЕФ", г. Казань, Россия

Представленные результаты, в основном, были получены в рамках выполнения исследований проекта КАПГ в 1980-90 гг. Опубликованы в серии монографий "Литосфера Центральной и Восточной Европы". Но эти публикации были посвящены либо плотностным моделям отдельных геотраверсов, либо отдельным плотностным границам (астеносфере). В

этой работе целиком уделим внимание расчетам трехмерной плотностной модели указанного региона. Разработанные технологические приемы интерпретации гравитационных аномалий были апробированы на геотраверсах.

В пределах Центральной и Восточной Европы, исходя из высокой степени ее изученности, различными методами и, прежде всего, ГСЗ [1], можно решать задачи и трехмерного моделирования. Методика гравитационного моделирования изложена и в вышеуказанных монографиях, и в отдельно посвященных статьях [2, 3 и др.].

Данные о положении границ земной коры и верхней мантии были представлены В.Б. Соллогубом в виде структурных карт поверхностей: молодого киммерийского фундамента K_0 ($0,1 \text{ г/см}^3$), дорифейского фундамента K_1 ($0,1 \text{ г/см}^3$), сейсмической границы К-М ($0,2 \text{ г/см}^3$), границы Мохоровичича ($0,2-0,3 \text{ г/см}^3$). Меньшие значения избыточной плотности на последней границе соответствуют области развития коро-мантийного слоя. Средний уровень для поверхности Мохоровичича был выбран в 42,5 км, а для дорифейского фундамента – 6 км. Суммарный прямой гравитационный эффект от этих границ показал, что наибольшие значения, естественно, принадлежат изменению рельефа поверхности Мохоровичича. Максимальные значения аномалий гравитационного поля соответствуют субширотному сокращению мощности земной коры от котловины Черного моря до Трансильванской впадины, изменяясь от 100 до $200 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$.

Суммарный гравитационный эффект границ земной коры был исключен из наблюдаемого поля. Это остаточное поле характеризуется тремя крупными гравитационными минимумами в пределах отмечаемых выше территорий. Причем, минимум Трансильванской депрессии уже, видимо, отделен от минимумов Черного моря.

В платформенной части, в основном, наблюдаются положительные аномалии, связанные пространственно с раннепротерозойскими геосинклинальными зонами. То есть, здесь явно наблюдаются эффекты от плотностных неоднородностей более основного состава, чем вмещающие породы, в пределах выделяемых зон. Отрицательные аномалии характерны для Предкарпатского прогиба, Коростенского плутона, северо-западной части Азовского моря и Кировоградского массива.

Оставшуюся аномалию подберем за счет введения кровли астеносферного слоя. В качестве исходного материала используем данные о наличии астеносферы в пределах геотраверсов [1, 4]. Сокращенная мощность литосферы характерна для западной и восточной частей Черного моря, Паннонской депрессии. Промежуточные значения наблюдаются: в пределах центральной части Предкарпатского прогиба, являющейся как бы продолжением астеносферного подъема Паннонской депрессии; на меридиане г. Николаева. Увеличенная мощность литосферы характерна, прежде всего, для территории Крымского и Таманского полуостровов. Отчетливо проявляются разграничения в мощности литосферы между подъемами Паннонской депрессии, западной и восточной частей Черного моря. Относительно увеличенная мощность литосферы характерна для Западных Карпат.

Исключим и подобранный эффект от кровли астеносферного слоя, в результате получим остаточную аномалию, источниками которой являются плотностные неоднородности литосферы (рис. 1).

В результате остаются высококонтрастные по амплитуде аномалии, подобрать которые подъемом астеносферы уже невозможно, хотя часть из них приурочена непосредственно к подъемам астеносферы. Это может свидетельствовать о том, что либо разуплотнение достигает верхних слоев земной коры, либо изменение плотности в астеносферном слое более сложное, чем заданный постоянный дефицит плотности в $0,1 \text{ г/см}^3$. Такая зона характерна для западной части Черного моря [4].

Другие аномалии приурочены к склоновым частям подъема астеносферного слоя.

Здесь вероятно образование "разломных" зон, связанных с подъемом астеносферы и изменением плотности в их пределах. Такие области отмечаются в восточной части Черного моря (располагается на западном склоне астеносферного диапира), Азовского моря (распола-

гается на восточном склоне диапира). Южно-Крымская (меридиан Ялты) расположена между окончанием двух положительных аномалий Горного Крыма.

Положительные остаточные аномалии образуют как бы единую субширотную зону, пространственно соответствующую Скифской плите (за исключением восточной части Азовского моря). По всей вероятности, источники таких аномалий представляют собой магматические каналы верхнемантийного заложения, образованные в результате растяжения литосферы (что подтверждается здесь увеличенной мощностью литосферы) и содержащие более основные, чем вмещающие, породы. Параметры таких источников мы определяли при интерпретации гравитационных аномалий Одесско-Ядловской раннепротерозойской геосинклинали [5]. В районе Крымского полуострова и западной части Азовского моря можно предполагать (по небольшой амплитуде аномалии) наличие межпластовых интрузий в пределах земной коры, что фиксируется Новоцарицынской гравитационной аномалией, и наличием высокоскоростных включений в земной коре в районе Каркинитского залива [6].

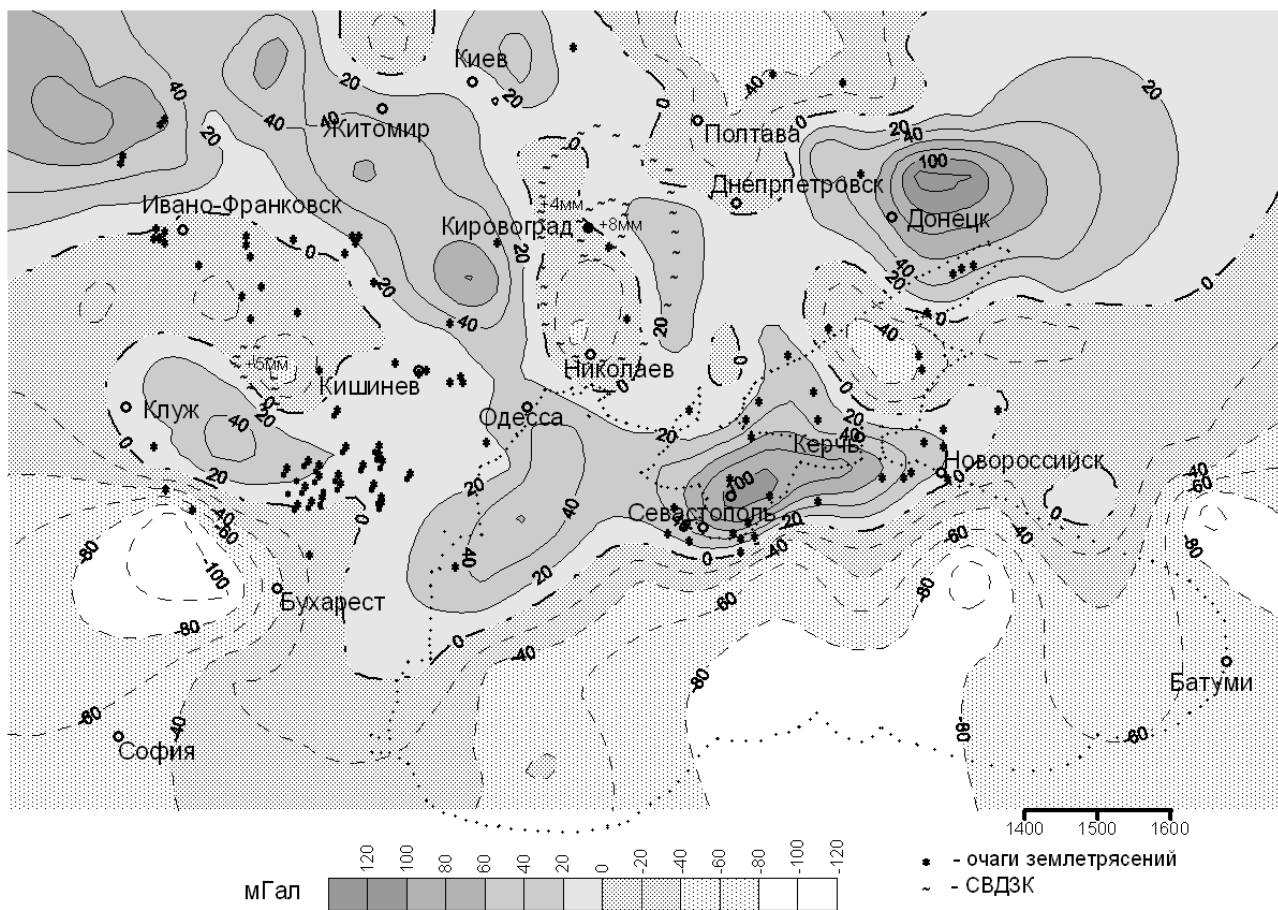


Рис. 1. Гравитационный эффект от плотностных неоднородностей литосферы

На многих тектонических схемах делалась попытка проследить разломные раннепротерозойские структуры Восточно-Европейской платформы в пределах Черноморской впадины [6, 7, 8 и др.]. При редуцировании из гравитационного поля эффектов от плотностных границ земной коры и астеносферы, можно сравнивать древние структуры платформы и более молодые (?) Черноморской впадины, исходя из приуроченности к ним определенных плотностных неоднородностей с избытком и дефицитом плотности. Если в пределах платформы раннепротерозойским геосинклиналям соответствуют области положительных остаточных аномалий (и даже наблюдаемых), то можно определить их продолжение на юг, сопоставляя их пространственное распространение и амплитуды. Как уже отмечали выше, наблюдается субширотная полоса остаточной положительной аномалии, которая на широте крайней южной точки Крыма как бы отсекает все аномалии, приуроченные к древним структурам платформы. Тем самым указывая на проблематичность их продолжения в пределы

Черного моря. Хотя можно наметить, слабовыраженное продолжение Одесско-Ядловской и Орехово-Павлоградской зон, которое характеризуется наличием на общем фоне отрицательных аномалий Черного моря, областей с относительно повышенными значениями остаточных аномалий. Так, на меридиане г. Одесса между минимумами в $-60 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ и $-100 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ есть относительное повышение до $-40 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$; между Южно-Крымским и Восточно-Черноморским минимумами в $-100 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ – относительное повышение до $-50 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$. Этим же областям соответствуют зоны относительно большей мощности литосферы, наблюдающиеся у берегов Турции и на территории Северного Причерноморья. Однако, из-за большой разницы в мощности литосферы (до 120 км) и амплитудах полученных аномалий их соединение в единую зону гипотетично. Более вероятно продолжение Одесско-Ядловской зоны не на юг, а на запад в сторону массива Добруджа и далее, вокруг Западно-Черноморского астеносферного диапира. Такая тектоническая линия полностью повторяет линию отрицательных аномалий, приуроченную к изгибам Карпат. Такое же соответствие наблюдается и в широтном плане – полоса положительных аномалий, приуроченных к Скифской плите, продолжается в пределы Трансильванской впадины, повторяя линию по оси крупных отрицательных аномалий от восточной части Черного моря к ее западной и далее, в пределы Южных Карпат.

Обратим внимание на то, что линия положительных аномалий, связанная с Одесско-Ядловской зоной, обходит Западно-Черноморский астеносферный диапир. Это может означать, что подъем астеносферы в этом районе мог происходить раньше или одновременно с формированием раннепротерозойской геосинклинали. Поэтому и не вполне ясен вопрос о возрасте Черноморской впадины, ибо тезис об отсутствии эффекта "обтекания" геосинклинальных структур докембрия каких-либо останцов океанической коры в пределах Черноморской впадины не так уж и бездоказателен [6]. Однако связывать образование Черноморской впадины исключительно с формированием астеносферного диапира не обязательно. Необходимо учитывать такой эффект взаимодействия разновозрастных структур хотя бы потому, что на суше, западнее, расположен аналогичный диапир.

Вынесем на карту остаточных аномалий очаги отмечаемых по всей территории землетрясений. Как видно из рисунка, выявленная ранее в плотностной модели сейсмофокальной области Вранча закономерность соотношения распределения плотности и очагов землетрясений по разрезу, сохраняется и по площади (сейсмичность характерна для развития "плотных" пород) [9].

Безусловно, что источники таких аномалий должны быть сопряженными, тогда и очевидна первопричина землетрясений. Как было показано, отрицательным остаточным аномалиям соответствуют современные области тектонической активности, проявляющиеся более интенсивными современными вертикальными движениями, наличием высоких тепловых потоков, аномалиями в геофизических полях и свойствах горных пород. Если такие зоны создают отрицательные аномалии высокой амплитуды (более $40 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$), то могут служить верхнемантийными подводными каналами, по которым происходит тепломассоперенос. Такой процесс не может не сопровождаться сейсмическими явлениями. Их взаимосвязь, в первом приближении, выглядит следующим образом: зоны аномально низких значений плотности (области отрицательных остаточных аномалий) – асейсмичны; сейсмической активностью характеризуются их контакты с более плотными породами.

Отрицательным гравитационным аномалиям соответствуют повышенные значения теплового потока, а в пределах Украинского кристаллического щита – отрицательная аномалия регионального магнитного поля (чтобы излишне не загружать рисунок, они не вынесены) [10, 11]. Подчеркнем, что почти во всех скважинах Кировоградского участка (район высокоамплитудной остаточной отрицательной гравитационной аномалии), наблюдается увеличение геотермического градиента с глубиной ($12-13^\circ \text{ С/км}$ в интервале глубин 100-500 м и $19-21^\circ \text{ С/км}$ на глубинах свыше 2500 м). Причем наблюдаемое уменьшение теплопроводности с глубиной не компенсирует рост градиента температуры, поэтому отмечается увеличе-

ние тепловых потоков от 35-38 до 44-46 мВт/м² [11]. Эти данные могут быть объяснены за счет существования расплавов в зоне глубинного разлома, о чем говорилось выше.

Глубинные аномалии электропроводности соответствуют краевым частям остаточных отрицательных аномалий гравитационного поля [12]. Этот факт указывает на наиболее активную область контакта зоны аномально низких плотностей (зона АНП) с более плотными породами, что происходит либо в результате асимметрии зон (к примеру, Крымской, которая не является замкнутой с юга и связана с областью существенно низких значений остаточных гравитационных аномалий (до $-2 \cdot 10^{-3}$ м/с²), соответствующих акватории Черного моря.), либо присутствием горизонтальных напряжений определенного направления, либо различным составом вмещающих пород. Вероятно, такая ситуация имеет место в пределах Николаевско-Кировоградской зоны аномалий.

Аналогичная связь геофизических полей наблюдалась и ранее. Так, в пределах Южно-Ферганской депрессии она наблюдалась при изучении так называемой Адрасман-Чустской тепловой аномалии, соответствующей глубинному разлому [13]. Разлом Сан-Андреас, так же как и другие разломы Тихоокеанского побережья, обладающие повышенной сейсмичностью, имеют зоны резких понижений скорости (плотности) продольных и поперечных волн (до 2,0 км/с) в верхней части разреза земной коры [14]. Существуют модели, где зона аномально низких скоростей прослеживается и до подошвы земной коры [15].

Используя представленные и полученные ранее результаты, можно говорить о том, что основной сейсмогенерирующей силой является изменение геодинамических условий в субвертикальных зонах литосферы, сопровождающееся соответствующими изменениями в геофизических полях и вызывающие понижение плотности и скорости распространения упругих колебаний. Поскольку геологические и геофизические исследования сосредоточены в основном только над очаговыми зонами, т.е. в стороне от основного генерирующего источника, необходимо перестроить сейсмологические системы наблюдений, дополнив их изучением зон аномально низких плотностей и скоростей. Очевидно, что изменения полей должны быть здесь максимальными, более долговременными и тогда, надо полагать, поиск предвестников землетрясений будет более успешным, чем опосредованные наблюдения над очагами.

Если сейсмогенные зоны побережий Черного и Азовских морей известны, то выделенная зона остаточных отрицательных аномалий, начинающаяся на широте мыса Тарханкут и протягивающаяся меридионально на север за г. Кировоград, требует особого внимания. Кроме приведенных выше соотношений геофизических полей, привлечены данные о современных вертикальных движениях. Несмотря на то, что зона АНП рассекает и погружающуюся часть Скифской плиты и УКЩ, именно для нее характерны положительные значения современных вертикальных движений [16], достигающие максимальных значений в районе г. Кировограда 8-10 мм/год, т.е. скорость поднятия здесь не меньшая, чем на Кавказе ("парадокс скоростей" [17]). Таким образом, по всем имеющимся данным следует предполагать здесь наличие современной области активизации. На молодой возраст аномалии электропроводности указывалось в [12]. И если ранее В.В.Белоусов [18] указывал в качестве доказательства о существовании областей активизации на платформе как самостоятельной формы развития земной коры, приводя в пример развитие системы Тянь-Шаня, то теперь то же самое, можно говорить и о выделенной Николаево-Кировоградской зоне.

Естественно ожидать здесь (на границах этой зоны), проявление сейсмической активности. Конечно, проявление ее пока еще слабое, вследствие относительно малого, по геологическим меркам, времени развития, малой мощности осадков или же их полного отсутствия. Однако уже инструментально фиксируются небольшие очаги (до 2-х баллов, данные В.Д. Омельченко).

ЛИТЕРАТУРА

1. Соллогуб В.Б. Литосфера Украины. – Киев: Наук. думка, 1986. – 184 с.

2. Шляховский В.А., Тимошенко В.И. и др. О методике составления гравитационных моделей литосферы // Геологическая интерпретация гравитационных и магнитных аномалий. – Ташкент: ФАН, 1988. – С. 138-150.
3. Шляховский В.А. Методика гравитационного моделирования литосферы // Материалы IX Международной конференции по геоинформатике. Теоретические и прикладные аспекты. – Киев: Геоинформатика, – 2010.
4. Литосфера Центральной и Восточной Европы. Молодые платформы и альпийский складчатый пояс. / Отв. ред. А.В. Чекунов. – Киев: Наук. думка, 1994. – 331 с.
5. Литосфера Центральной и Восточной Европы: Геотраверсы IV, VI, VIII / Отв. ред. Соллогуб В.Б. – Киев: Наук. думка, 1988. – 291 с.
6. Чекунов А.В. Структура земной коры и тектоника юга европейской части СССР. – Киев: Наук. думка, 1972. – 176 с.
7. Литосфера Центральной и Восточной Европы: Восточно-Европейская платформа / Отв. ред. Соллогуб В.Б. – Киев: Наук. думка, 1988. – 189 с.
8. Соллогуб В.Б., Чекунов А.В. Павловский А.И. Геолого-геофизическая реконструкция раннепротерозойского тектонического плана юга европейской части СССР // Геол. журн. – № 2. – 1975. – С. 15-22.
9. Тимошенко В.И., Шляховский В.А., Сагалова Е.А., Сологуб Н.В. Исследование геофизических полей области Вранча // Докл. АН УССР. Сер. Б. – № 7. – 1984. – С. 23-25.
10. Крутиховская З.А., Пашкевич И.К., Силина И.М. Магнитная модель и структура земной коры Украинского щита. – Киев: Наук. думка. – 216 с.
11. Кутас Р.И., Бевзюк М.И., Михайлюк С.Ф. Методика и результаты определения теплового потока на Украинском щите и его склонах // Геофиз. журн. – № 1. – 1981. – С. 22-29.
12. Бурьянов В.Б., Гордиенко В.А., Завгородняя О.В. и др. Геофизическая модель тектоносферы Украины. – Киев: Наук. думка, 1985. – 212 с.
13. Литосфера Памира и Тянь-Шаня. – Ташкент: ФАН, 1982. – 248 с.
14. Feng R., McEvilly T.V. Interpretation of seismic refraction profiling data for the structure of the San-Andreas fault zone // Bull. Seis. Soc. Am. – № 73. – 1983. – P. 1701-1720.
15. Meony W.D., Ginzburg A. Seismic measurements of the internal properties of fault zones // Pageoph. – № 1/2. – 1986. – P. 141-157.
16. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М 1:2500000 / Под ред. Ю.А. Мещерякова. – М.: ГУГК, 1973.
17. Хаин В.Е., Михайлов А.Е. Общая геотектоника. – М.: Недра, 1985. – 326 с.
18. Белоусов В.В. Активизированные зоны коры, новейшие тектонические движения и сейсмичность. – М., 1964. – 255 с.

УДК 552.321.5

ВОЗРАСТ И ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ ДАЕК И МАЛЫХ ИНТРУЗИЙ НИКЕЛЕНОСНЫХ ДОЛЕРИТОВ УКРАИНСКОГО ЩИТА И ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Л.В. Шумлянский ¹, А.Ю. Альбеков ²

¹*Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеново, г. Киев, Украина;*
²*Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия*

Никеленосные габбродолериты и родственные им породы (перидотиты, габбро, габбро-анортозиты и анортозиты) довольно широко распространены в пределах Северо-Западной части Украинского щита (УЩ) [3, 4, 5], Воронежского кристаллического массива (ВКМ) [6, 9] и Микашевичско-Житковичского горста (МЖГ) [1, 2]. Вопросы о возрасте этих образова-