

ских хребтов, протянувшихся на 60 тыс. км. [9]. При этом объем ежегодного вулканизма составляет всего 2-3 км³. Этот факт – наиболее яркое доказательство того, что источником поступления воды как в стадии формирования астеносферы в палеозое и большей части мезозоя, так и в ходе ее разгрузки во время глобального кайнозойского вулканизма являлся не сам вулканизм, а дегидратация низов земной коры, опустившейся в результате дегазации и вулканизма в разуплотненное пространство астеносферы [7].

По завершению активной фазы глобального вулканизма, в будущем следует ожидать продолжения подъема уровня Мирового океана, увеличения массы воды до $1,5 \times 10^{24}$ г и площади океана до 400×10^6 км². После этого начнется снижение скорости поступления эндогенной воды. По всей вероятности, такое уменьшение будет проходить по закону, аналогичному ее поступлению во время океанизации, но с обратным знаком, что и зафиксировано графиком:

$$V(t) = ae^{-ct} + b,$$

где t – млн. лет, a, b и c – коэффициенты, определяемые с графика $V(t)$.

Оценим продолжительность существования кайнозойского океана, приняв в качестве средней площадь $S = 300 \times 10^6$ км².

Ежегодные потери на фотолит при этом составят:

$$300 \times 10^6 \text{ км}^2 \times 2,5 \times 10^7 \text{ г/км}^2 \cdot \text{год} = 7,5 \times 10^{15} \text{ г/год}$$

Время, в течение которого фотолит ликвидирует современный океан определится из следующего уравнения:

$$1,5 \times 10^{24} \text{ г} / 7,5 \times 10^{15} \text{ г/км}^2 \cdot \text{год} = 2 \times 10^8 \text{ год}$$

Таким образом, громадный и глубоководный океан, покрывающий две трети поверхности Земли, при прекращении поступления эндогенной воды, исчезнет с земной поверхности всего за 200 млн. лет.

У Земли больше нет и не будет в дальнейшем ресурсов, используя которые, мог бы повториться глобальный вулканизм и его производная – современный Мировой океан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кесарев В.В. Эволюция вещества селенной. М.: Атомиздат, 1976. 182 с.
2. Мархинин Е.К. Вулканы и жизнь. М: Мысль, 1980. 196 с.
3. Менард Г.У. Геология дна Тихого океана. М.: Мир, 1966. 273 с.
4. Океанология. Геология океана / Под ред. Моница А.С., Лисицина А.П. М.: Наука, 1980. 464 с.
5. Орленок В.В. Физические основы эволюции перисферы Земли. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1980. 248 с.
6. Орленок В.В. Палеогеография Мирового океана позднего фанерозоя // Тихоокеанская геология. 1983. № 4. С. 83-100.
7. Орленок В.В. Физика и динамика внешних геосфер. М.: Недра, 1985. 185 с.
8. Орленок В.В. К расчету баланса эндогенных поступлений и фотолитических потерь земной гидросферы // ДАН СССР, 1987. т. 296. № 5. С. 1191-1196.
9. Орленок В.В. История океанизации и доокеанического прошлого Земли // Океанизация Земли – альтернатива неомобилизма: Сб. научн. Ст. / Отв. Ред. В.В. Орленок. – Калининград: Изд-во КГУ, 2004. С. 54-87.
10. Резанов И.А. Жизнь и космические катастрофы. М.: АГАР, 2003. 235 с.
11. Салоп Л.И. Геологическое развитие Земли в докембрии. Л.: Недра, 1982.
12. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 530 с.

МАГНИТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОН СОЧЛЕНЕНИЯ КРУПНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР БАЛТИЙСКОГО И УКРАИНСКОГО ЩИТОВ

Орлюк М.И., Пашкевич И.К., Елисеева С.В.

Институт геофизики им.С.И.Субботина НАН Украины, г. Киев, Украина, earth@ijph.kiev.ua

Многочисленными комплексными геолого-геофизическими исследованиями Восточно-Европейской платформы показано, что неоднородность (как по вертикали так и по горизонтали) строения и состава является важнейшей особенностью земной коры.

Глубинные неоднородности определяют основные закономерности строения и динамики тектоносферы, магматизма, генерации и размещения полезных ископаемых. Сведения о любых геофизических глубинных неоднородностях часто свидетельствуют, в частности, о существенно различном тектоническом районировании структур на разных этапах земной коры. Несовпадение, например, глубинных сейсмических неоднородностей с принятым приповерхностным геологическим строением вообще достаточно широко проявлено в пределах Восточно-Европейской платформы. Неоднократно отмечалось [1-5 и др.], что в ряде случаев уже на глубинах ниже 10-20 км положение, размер, конфигурация разломов и сейсмических неоднородностей практически перестает совпадать с

тектоническими структурами верхнего этажа. Различия возрастают с увеличением глубинности изучаемых особенностей среды. Это относится, например, к сочленению Кировоградского блока и Одесско-Тальновской зоны Украинского щита, к западному продолжению рифейского этажа Днепровско-Донецкого палеорифта, к юго-восточному ограничению Вольно-Оршанского палеорифта и др. [1]. Подобное явление отмечено на значительных площадях Балтийского щита, где сейсмические «блоки и мегаблоки...не всегда коррелируются с геотектонической зональностью и даже крупными элементами строения супракрустальных комплексов» [2].

Изучение магнитных неоднородностей разных этажей литосферы, в свою очередь, является составной частью исследования связи верхних и нижних горизонтов коры и ее геодинамики.

Многолетний опыт изучения методики и анализа результатов исследования магнитного поля Земли, особенно для площадей докембрийских щитов, показали, что в состав его входят локальные и региональные аномалии. Как известно [6,3,7], первые связаны с магнитными образованиями верхней части земной коры до глубин 5-10 км. Геологическая природа этих источников связана с породами разнообразного состава и возраста и, соответственно, характеризуется широким диапазоном намагниченности.

Объяснение природы региональных магнитных аномалий (РМА) невозможно без анализа структуры и прогноза состава глубинных частей земной коры с привлечением данных о мощности земной коры в целом и отдельных ее горизонтов, плотностных неоднородностях, геотермических и геодинамических обстановках, в которых формировались крупные намагниченные блоки. Поэтому для Восточно-Европейской платформы выполнена геолого-магнитная типизация земной коры [8,9,3,7], включающая, в частности, анализ аномального, регионального, спутникового магнитного полей, результаты двух- и трехмерного моделирования магнитного, теплового и гравитационного полей, форм рельефа раздела Мохо, мощности отдельных этажей, геологические данные, результаты петрофизических исследований пород докембрия и другие материалы. В результате типизации выделен эволюционный ряд магнитных неоднородностей (от ядер древнейшей консолидации к переработанным ядрам, затем к неоднородностям полигенно-полихронного формирования, включая активизированные краевые части щитов, до наложенных платформенных впадин). При этом в теле Восточно-Европейской платформы концентрация глубинных магнитных неоднородностей неравномерна, при максимальном их количестве на юго-западе. Для каждого типа глубинных неоднородностей установлены специфические соотношения геологического строения верхней части коры с различными характеристиками глубинных ее частей. Особенно показательны изменения мощности и степени базальтоидности земной коры в ряду неоднородностей от более древних к более молодым [3,10].

Соотношения локальных и региональных магнитных аномалий и аномалий, полученных со спутника с целью сравнительной характеристики глубинных магнитных неоднородностей Украинского и Балтийского щитов рассмотрены в работе [7]. Обращает на себя внимание как различное положение щитов в теле платформы, так и различие в типах неоднородностей. Серия наиболее крупных глубинных магнитных неоднородностей полигенно-полихронного формирования в восточной части Балтийского щита трассируется как трансрегиональный тектонический шов от северной границы Восточно-Европейской платформы, через центральную ее часть до меридиональных структур Украинского щита и южной границы платформы. Как сквозная «надструктурная» зона она пересекает вкрест простирания 2 положительные и 1 отрицательную спутниковые аномалии, разделяя платформу на две крупные области. Эти области отличаются по структуре верхней и нижней частей коры, степени основности, составу и истории развития [5,7]. При этом возрастной диапазон пород, вызывающих локальные аномалии на Балтийском щите, значительно шире, чем на Украинском, а интенсивность намагничения локальных источников – значительно ниже.

Значения намагниченности источников региональных магнитных аномалий Балтийского щита не превышают 3.8 А/м, а магнитные неоднородности относятся, главным образом, к средней части коры [5,11]. В разрезе коры Балтийского щита выделяются многочисленные несогласия в наклонах отражающих площадок, повышенная, по сравнению с Украинским щитом, сейсмическая расслоенность, наличие раздела К-М и мощной линзы коромантийной смеси, что само по себе является показателем активизации литосферы этого региона. В связи с этим, меньшая глубинность и намагниченность источников региональных магнитных аномалий Балтийского щита может объясняться большей степенью активизации земной коры в его пределах, геодинамической обстановкой края платформы и срывами пластин земной коры на различных этапах ее формирования, которые привели к многократному изменению имеющихся здесь древних образований и формированию новых в его краевых частях [4,7].

Классическим примером явного несоответствия контуров и ориентировки РМА общему простиранию локальных источников является Петрозаводская РМА. При ярко выраженной северо-западной ориентировке локальных аномалий, соответствующей общему простиранию раннепротерозойских образований, слагающих Онежский синклинорий, региональная аномалия имеет четкое перпендикулярное к ним северо-восточное (субширотное) простирание. При этом вклад поверхностных, практически немагнитных, маломощных (от 2 до 4 км) источников в региональное магнитное поле практически отсутствует, что со всей очевидностью указывает на глубинный характер объекта [3].

Одним из наиболее интересных объектов по анализируемой проблеме связи поверхностных структур с глубинными является зона сочленения Карельской и Беломорской провинции. Вдоль геотраверса I, пересекающего

эти блоки, построена техслоенная магнитная модель [5,3]. Главный вклад в региональное магнитное поле вносят породы среднего слоя до глубин 25-30 км, с намагниченностью 1.5-3.8 А/м. При этом намагниченность выше- и нижежащих слоев существенно ниже (для верхнего слоя до глубины 8-12 км она составляет 0.1-0.6 А/м; нижнего – от 25-30 км до поверхности Мохо – < 0.7 А/м). Отличительной особенностью этой зоны сочленения крупных блоков Балтийского щита является тесная связь региональных магнитных аномалий с крупными мантийными разломами, повышенная сейсмическая расслоенность нижней части коры, наличие мощной (до 12 км) линзы коромантийной смеси при дисконформном наклоне отражающих площадок в верхней и средней частях по отношению к погружающемуся до 50 км разделу Мохо. Такие структурные особенности могут являться следствием переработки коры в периоды термальной активизации. Существование мощной единой линзы переходного слоя под Енской РМА Беломорского блока и Пяозерской РМА Карельского блока, с одной стороны, может свидетельствовать о возможно общем глубинном магнитном источнике, а с другой стороны о наиболее молодом – палеозойском – процессе активизации древнего щита [4], связанном с развитием Кандалакшского грабена и активизацией участков коры в направлениях, субпараллельных грабену и северо-восточной границе Восточно-Европейской платформы. Отметим, что для этого района характерна максимальная скорость вертикальных движений и активная сейсмичность в восточной части Балтийского щита.

Показано [3,10,12], что в пределах Украинского и Балтийского щитов выделен единый класс региональных магнитных аномалий, отвечающий коровым магнитным неоднородностям земной коры, сформированным в режиме растяжения литосферы, а современная их морфология и соотношение со структурами различных этажей коры связаны с тектоническим положением и тепловым режимом.

В качестве примера зон сочленения наиболее крупных участков земной коры в теле Восточно-Европейской платформы охарактеризуем вкратце сочленение Сарматского и Фенноскандинавского магнитных (и тектонических) сегментов, фиксирующихся спутниковыми аномалиями Magsat [13]. В магнитном отношении зона отвечает сочленению высокомагнитного сегмента Сарматии с двумя сегментами Фенноскандии – со средней намагниченностью 1.0-1.5 А/м и практически немагнитному. Вдоль этой зоны отмечается несогласие докембрийских структур Украинского щита и Белорусского массива. Магнитная модель земной коры вдоль белорусско-украинской части геотрансекта EUROBRIDGE [13,14] показала наличие источников в верхней (с верхними ограничениями на глубинах 0,0–4,5 и нижними 3,5–15,0 км и намагниченностью 0,5–4,0 А/м) и нижней частях земной коры. Глубинные источники имеют намагниченность 1,0–3,5 А/м. Мощность коры Фенноскандии в целом меньше (до 40 км), чем Сарматии (до 56 км). Аномальная сейсмическая зона, уходящая в расслоенную мантию, является собственно границей Фенноскандии и Сарматии и северо-западной границей Осницко-Микашевичского вулканического пояса. При этом пространственное положение источников магнитных аномалий и величины их намагниченности подтверждают или не противоречат предполагаемой субдукционной природе зоны сочленения Сарматии и Фенноскандии [14].

Исследованиями последних лет в связи с появлением сейсмически качественных материалов по геотрансектам EUROBRIDGE и DOBRE и построением трехмерных магнитных моделей крупных регионов [12] усовершенствована методика интерпретации магнитных аномалий с целью построения пространственных и пространственно-временных (4D) магнитных моделей земной коры [14]. На количественном уровне показана обусловленность регионального и спутникового поля коровыми источниками. Для Восточно-Европейской платформы поле от магнитных источников, с верхними ограничениями в среднем на глубинах 10 км и нижними на 30-55 км с намагниченностью 0.5-4.0 А/м, удовлетворяют приземному полю (ΔT)_a и аномальному полю Magsat.

Таким образом, исследования магнитного поля и пространственно-временного распределения глубинных магнитных неоднородностей разноранговых структур являются одними из базовых элементов при создании комплексных геолого-геофизических моделей, геодинамических (эволюционных) реконструкций и петролого-тектонических построений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чекунов А.В., Гарецкий Р.Г., Ильченко Т.В. и др. Глубинное строение и геодинамика Украинского, Белорусского и Воронежского выступов докембрия и разделяющих их впадин // Глубинное строение и геодинамика кристаллических щитов Европейской части СССР. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1992. С. 6-19.
2. Изучение глубинного строения восточной части Балтийского щита и прилегающих акваторий сейсмическими методами / Под. Ред. Н.В.Шарова. Апатиты: Изд. Кольского филиала АН СССР, 1986. 116 с.
3. Магнитная модель литосферы Европы / Отв. ред. Г.И.Каратаев. Киев: Наук. думка, 1990. 168 с.
4. Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы 1, П, У / Отв. ред. В.Б. Сологуб. Киев: Наук. Думка, 1987. 168 с.
5. Глубинное строение и сейсмичность Карело-Кольского региона / Под ред. Н.В.Шарова. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. 353 с.
6. Крутиховская З.А., Пашкевич И.К., Силина И.М. Магнитная модель и структура земной коры Украинского щита. Киев: Наук. Думка, 1982. 216 с.

7. Пашкевич И.К., Орлюк М.И., Елисеева С.В., Мозговая А.П. Сравнительная характеристика глубинных магнитных неоднородностей Балтийского и Украинского щитов // Глубинное строение и геодинамика кристаллических щитов Европейской части СССР. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1992. С. 19-29.
8. Каратаев Г.И., Пашкевич И.К. Геолого-Математический анализ комплекса геофизических полей. Киев: Наук. думка, 1986. 166 с.
9. Пашкевич И.К., Каратаев Г.И., Апирубите Р.А. и др. Типизация земной коры по комплексу геолого-геофизических данных // Литосфера Центральной и Восточной Европы. Восточно-Европейская платформа. Киев: Наук. думка, 1989. 186 с.
10. Петромагнитная модель литосферы / Отв. ред. Д.М.Печерский. Киев: Наук. думка, 1994. 175 с.
11. Крутиховская З.А., Негруца В.З., Елисеева С.В. Историко-геологические предпосылки возникновения региональных магнитных аномалий восточной части Балтийского щита // Геофиз. журн., 1983. № 3. С. 10-19.
12. Пашкевич И.К., Орлюк М.И., Елисеева С.В. и др. 3D магнитная модель земной коры Украинского щита и ее петролого-тектоническая интерпретация // Геофиз. журн., 2006. Т. 28. № 5. С. 7-17.
13. Пашкевич И.К., Орлюк М.И., Елисеева С.В. Региональные магнитные аномалии: решение фундаментальных и прикладных задач // Геофиз. журн., 1996. Т. 18. № 6. С. 3-17.
14. Орлюк М.И. Пространственные и пространственно-временные магнитные модели разноранговых структур литосферы континентального типа // Геофиз. журн., 2000. Т. 22. № 6. С. 148-165.

СВЯЗЬ ГЕОСТРУКТУР ГЛАВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗЕМЛИ

Орловецкий Ю.П., Коболев В.П.

Институт геофизики НАН Украины, г. Киев, Украина, kobil@igph.kiev.ua

В связи с внедрением сейсмической томографии, технически стала возможной корреляция геоструктур главных поверхностей Земли – геоида, мантии и субъядра для целей теоретической геотектоники [5]. В частности эта операция может быть использована при решении задачи о реальности перемещения литосферных плит.

Априори принималось: миграция литосферных плит, к тому же усугубленная их вращением, полностью исключает согласованность тектонических планов геоструктур поверхностей, в частности верхней мантии (раздела М) и субъядра Земли, по причине залегания между ними верхней астеносферы – ложа литосферных плит – по которому они, согласно одноименной гипотезе, должны перемещаться.

При изучении закономерностей глобального масштаба удобнее пользоваться генерализованными моделями. С целью оконтуривания планетарных геотектонических структур, унаследованных и подчеркиваемых гравитационным полем Земли, проведена генерализация карты эквипотенциальной поверхности силы тяжести, или геоида [4]. Для этого на карте в виде точек фиксировались пересечения изолиний его высот с географическими параллелями. Отклонение каждой точки от географической параллели, нанесенной на карту, откладывалось в едином масштабе с целью обозначения ее абсолютной величины: выше параллели – положительной, ниже – отрицательной (рис.,а). В итоге на пяти географических параллелях установлены соответствующие ряды положительных и отрицательных высот геоида. Их корреляция по знаку позволила выделить на поверхности геоида шесть регулярно знакопеременных зон: I-III – глобальные низменности, IV-VI – такие же возвышенности. Из них зоны I-III характеризуются отрицательными значениями высот в пределах 1–100 м при средневзвешенной величине около 80 м, а зоны IV-VI имеют превышения от 10 до 60 м при средневзвешенном значении около 15 м. Превышение в 5 и более раз средневзвешенных отрицательных отклонений от положительных дает основание говорить о таком же преобладании современных погружений поверхности геоида над его воздыманиями. Регулярность смены знака заставляет думать о компенсационной природе погружений. Несмотря на сложную конфигурацию выявленных глобальных структур, обнаруживается общая тенденция ориентировки их большинства, близкая к меридиональной. Из указанной закономерности выпадают только южные части зон IV и V с диагональной СЗ-ЮВ ориентировкой.

Общие субмеридиональные направления домезозойских палеомагнитных экваторов в низких широтах современных координат близки к простираниям древних срединно-океанических хребтов [6]. Такое их положение позволяет отнести аналогичные направления тектонического плана поверхности геоида к реликтовым, а СЗ-ЮВ ориентировку считать новообразованием. Субмеридиональное заложение геоструктур геоида произошло в докембрии, активно подновлялось в палеозое и к настоящему времени обрело современные очертания. Это, в свою очередь, свидетельствует о чрезвычайной геодинамической консервативности физически гетерогенной системы геоида и исключает его мобильность в домезозойскую эру.

По свидетельству Н.Я. Кунина, «достигнутая к настоящему времени плотность сейсмической информации по рельефу H_m вполне достаточна для корректных суждений об основных чертах поверхности мантии» [3]. Им же отмечаются два главных экстремума в рельефе: 8-15 км – океаническая кора и 30-50 км – континентальная кора. Отношение величины наибольшего погружения поверхности мантии к наименьшему составляет те же, что и в модели геоида, пять с лишним раз.