

УДК 550.838.3

МОДЕЛЬ МАГНИТОАКТИВНОГО СЛОЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МЕЗЕНСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

© 2015 г. Ю.В. Брусиловский¹, В.А. Буш²

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия*

² *ЗАО ГНПП “Аэрогеофизика”, г. Москва, Россия*

По результатам интерпретации аэромагнитных съёмок масштаба 1:50000 построена модель магнитоактивного слоя восточной части Мезенской синеклизы, включающая три структурных уровня (горизонта) разного генезиса. Нижний структурный уровень, представленный линейно вытянутыми телами северо-западного простирания, совпадает с основными тектоническими нарушениями внутри фундамента и отражает рифтовый этап эволюции Мезенской синеклизы в среднем рифее. Наличие среднего и верхнего структурных уровней может быть объяснено присутствием внутри осадочного чехла даек и силлов основного состава. Так, средний уровень в плане почти полностью совпадает с крупными системами Снопинской и Усть-Выйской даек, входящими в Мезенскую трапповую провинцию, которые сформировались на позднерифейском–среднепалеозойском этапе активизации магматизма. Верхний структурный уровень представлен локальными телами самой разнообразной формы и отражает высокочастотную составляющую часть поля, связанную с расположенными в верхах осадочного чехла сильномагнитными источниками аномалий. Это позволяет предполагать, что верхний уровень сформировался на наиболее позднем этапе магматизма в позднепермское–раннетриасовое время и является верхним горизонтом Мезенского траппового поля.

Ключевые слова: Мезенская синеклиза, магнитное поле, модель магнитоактивного слоя, обратная задача, эффективная намагниченность.

Общая характеристика района исследований

Исследуемый район достаточно подробно изучен геофизическими методами, в том числе с использованием аэромагнитной съёмки. В настоящей статье представлены результаты интерпретации материалов высокоточной аэромагнитной съёмки масштаба 1:50000, выполненной в 2000–2001 гг. ЗАО ГНПП “Аэрогеофизика” в восточной части Мезенского бассейна. Карта аномального магнитного поля исследуемой территории, построенная по этим материалам, представлена на рис. 1.

Мезенская синеклиза расположена на крайнем северо-востоке Русской платформы и примыкает к надвинутому на нее Тиманскому кряжу (рис. 2). Юго-восточным ограничением синеклизы служит перпендикулярный к ней Котласский грабен. Традиционно этот регион рассматривался как область развития континентального рифейского рифтогенеза, предшествовавшего началу общего прогибания и формирования осадочного чехла Мезенской синеклизы. В пределах синеклизы выделяют серию субпараллельных палеорифтов северо-западного простирания, разделенных выступами кристаллического фундамента [Аглонов и др., 2006; Балугев и др., 2012; Балугев, 2013].

Особенностью гипсометрии кристаллического фундамента является интенсивная дизъюнктивная нарушенность; основные тектонические элементы – горсты и грабены. Амплитуды смещений по разломам (в основном по сбросам) достигают 2–4 и более километров [Аглонов и др., 2006]. Согласно результатам выполненной В.А. Цыгановым [2006] геологической интерпретации аэрогеофизических съёмок, тектоническая структура верхней части разреза кристаллического фундамента представляет собой

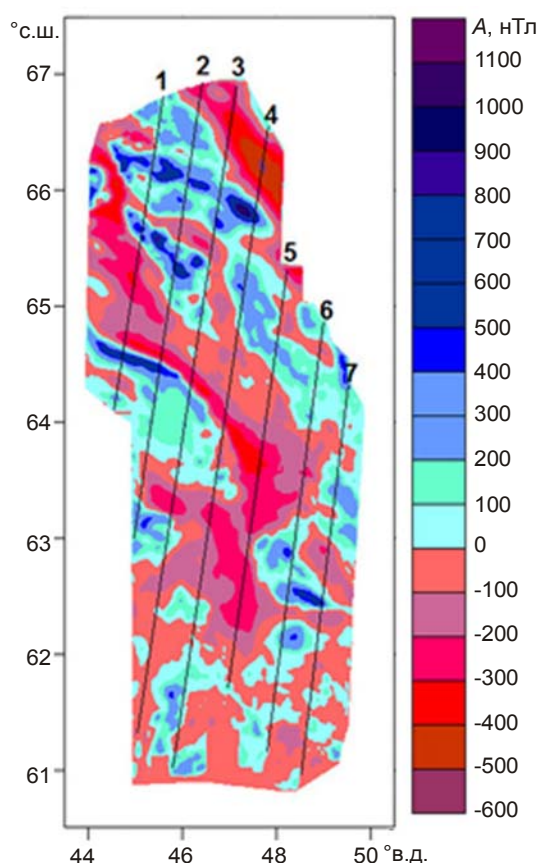


Рис. 1. Схема аномального магнитного поля Мезенской синеклизы. 1–7 – линии профилей, для которых авторами решена обратная задача в формате 2.5D

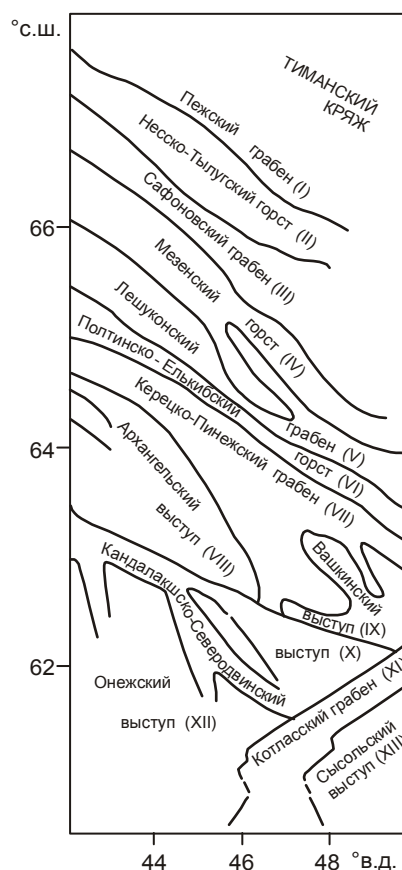


Рис. 2. Основные структурные элементы Мезенской синеклизы. I–XIII – номера структурных элементов, используемые при обсуждении в тексте

гетерогенное и гетерохронное образование, которое по генезису, составу и возрасту пород разделяется на нижнеархейские супракрустальные блоки предположительно беломорской серии саамского комплекса и верхнеархейские зеленокаменные пояса, сложенные породами лопийского комплекса. В разрезе осадочного чехла этим же автором установлено широкое развитие трапповых образований в виде даек и силлов.

Позже В.А. Буш [2009] в значительной степени дополнил работу В.А. Цыганова, впервые получив и опубликовав сведения о магматических породах основного состава, располагающихся в осадочном чехле. Им же была обнаружена и детально описана позднепалеозойская–раннетриасовая Мезенская трапповая провинция, состоящая из трапповых полей и дайкового пояса шириной до 200 км при протяженности свыше 500 км.

Методы анализа магнитного поля

Авторами был использован “грид” карты аномального магнитного поля с шагом 500×500 м, составленный по материалам высокоточной аэромагнитной съёмки масштаба 1:50000, выполненной в 2000–2001 гг. в восточной части Мезенского бассейна ЗАО ГНПП “Аэрогеофизика” (см. рис. 1).

Для оценки параметров магнитоактивного слоя применялись независимые, взаимодополняющие методы количественной интерпретации. Используемый в трехмерном

варианте пакет программ Magdepth3D, разработанный сотрудниками лаборатории геофизических полей Института океанологии РАН им. П.П. Ширшова [Иваненко и др., 2012], впервые реализован при интерпретации магнитных съемок на Каспии. В рамках этого пакета оценка глубин до верхних и нижних кромок проводится двумя способами – стохастическим (по спектру поля) и детерминистским (алгоритм так называемой “эйлеровской деконволюции”).

При анализе радиально осреднённого спектра поля установлена приуроченность верхних кромок источников поля к нескольким структурным горизонтам (уровням). Выделение спектральной составляющей каждого предполагаемого горизонта позволило оценить глубину до его верхних и нижних кромок. Проверка получаемых геометрических параметров осуществлялась подбором простых моделей источников для изолированных аномалий. Количественная характеристика изменчивости геологической среды – аномальная эффективная намагниченность – находилась с использованием алгоритма Р. Паркера и С. Хэстиса [Parker, Huestis, 1974]. Применение пакета программ Magdepth3D позволило разделить исходное поле по глубине до источника и выделить три структурных уровня (горизонта). Для каждого выделенного горизонта были рассчитаны геометрические параметры и величина эффективной намагниченности.

Для профилей 1–7 (см. рис. 2) была решена обратная задача методом подбора в формате 2.5D [Cooper, 1997]. При этом магнитоактивный слой не разделялся по вертикали, а представлялся набором вертикальных блоков с величиной эффективной намагниченности, отражающей интегральную намагниченность блока по глубине. Для уменьшения неоднозначности решения обратной задачи при оценке глубины верхних кромок привлекались имеющиеся данные о глубинах до фундамента. В частности, использовалась структурная схема кристаллического фундамента, составленная по материалам сейсморазведки КМПВ, МОГТ и результатам бурения параметрических скважин. При построении этой схемы в качестве вспомогательных использовались также гравиметрические данные [Аглонов и др., 2006]. Величина эффективной намагниченности подбиралась с учётом выполненных ранее оценок [Аглонов и др., 2006]. Подобный подход позволил авторам оценить глубину залегания верхних и нижних кромок для каждого крупного тектонического блока, его эффективную намагниченность и мощность магнитоактивного слоя.

Результаты

Результатом выполненных исследований стала модель магнитоактивного слоя Мезенской синеклизы, включающая три структурных уровня (горизонта) – нижний, средний, верхний, – каждый из которых отражает определенный этап формирования синеклизы.

Нижний структурный уровень (основание магнитоактивного слоя) представлен линейно вытянутыми телами северо-западного простирания (рис. 3, а). Верхние кромки залегают на глубине 5–7 км, нижние – 10–12 км. Величина эффективной намагниченности горизонта меняется от 4 до 6 А/м.

Сопоставление границ этого структурного уровня со схемой кристаллического фундамента, приведенной на рис. 1, показало, что они совпадают с основными разломными ограничениями, проходящими по границе палеорифтов с выступами кристаллического фундамента, и отражают рифтовый этап эволюции Мезенской синеклизы в среднем рифее [Балуев и др., 2012].

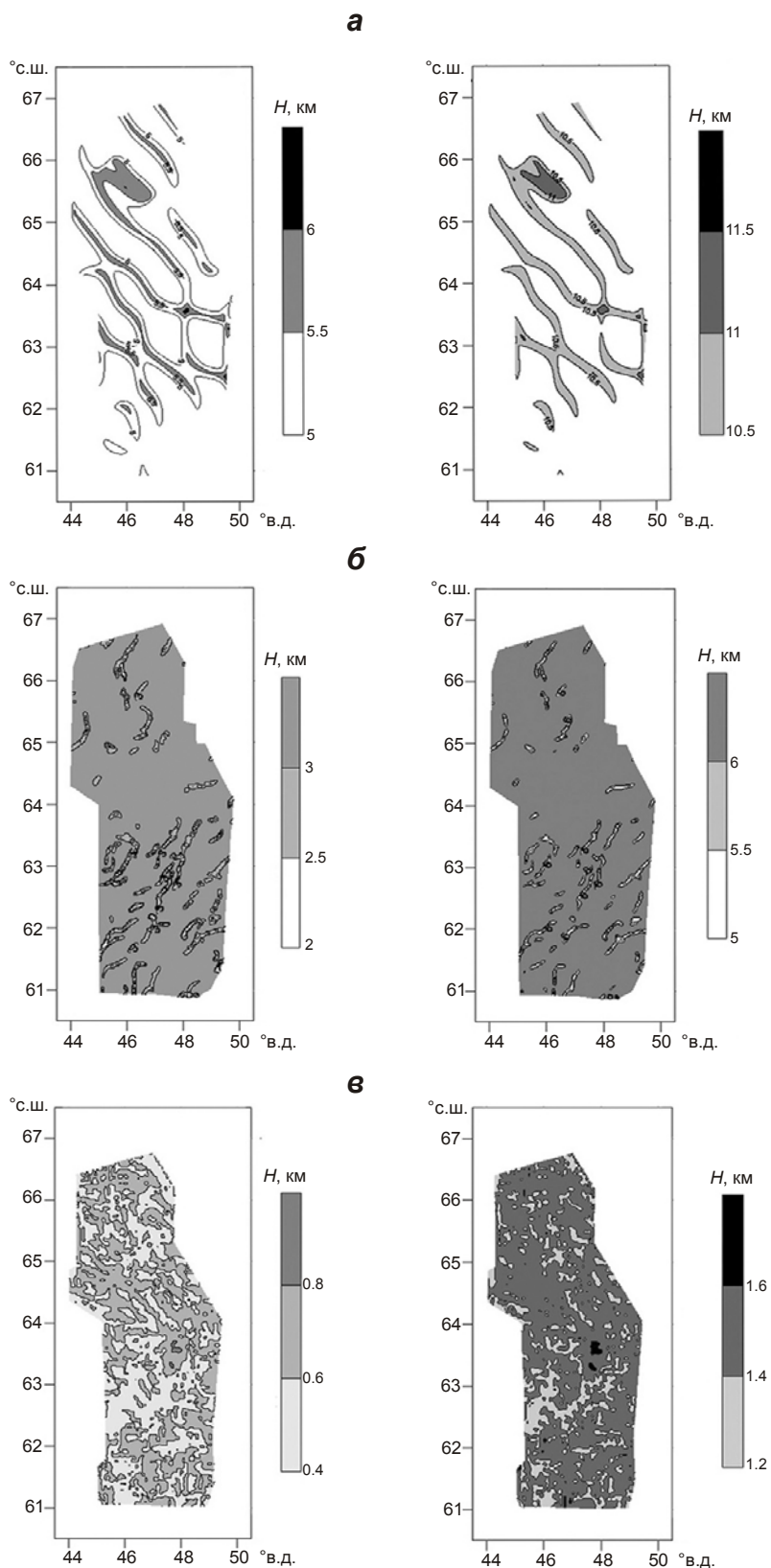


Рис. 3. Границы верхних (слева) и нижних (справа) кромок трех выделенных структурных уровней – нижнего (а), среднего (б), верхнего (в). Шкалы – глубина (H , км) до соответствующих кромок

Средний структурный уровень (рис. 3, б) соответствует глубинам от 2–4 до 5–7 км; его эффективная намагниченность составляет от 1 до 4 А/м. Протяжённость выделяемых узких линейно вытянутых локальных тел, имеющих северо-восточное простирание, меняется от первых километров до первых десятков километров (10–50 км), мощность по горизонтали – от 1 до 5–6 км. По площадному распределению локальных тел средний уровень может быть разделен на две области – северную и южную. Общая протяжённость северной составляет около 250 км при ширине 90 км, южной – около 450 км при ширине ~350 км.

Положение уровня почти полностью совпадает с положением двух крупных входящих в Мезенскую трапповую провинцию систем даек – Снопинской на севере и Усть-Выйской на юге.

Стратиграфический диапазон наиболее молодых осадочных образований, для которых может быть прогнозировано секущее положение дайковых тел, в северной (Снопинской) области оценивается как время от верхов верхнего карбона до низов казанского яруса верхней перми. Стратиграфический диапазон осадочных образований, вмещающих верхние кромки магматических тел в южной (Усть-Выйской) области, включает осадочные отложения от позднерифейских до позднекаменноугольных при наиболее вероятной локализации верхних частей даек в верхах венда. [Буш, 2009].

Верхний структурный уровень (рис. 3, в), соотносимый с интервалом глубин от 0.3–1.0 до 1.0–2.0 км, характеризуется мощностью от 0.7 до 1.0 км; эффективная намагниченность меняется в широком диапазоне – от 1.5 до 20 А/м. Этот уровень представлен локальными телами самой разнообразной формы и отражает высокочастотную составляющую часть поля, связанную с сильномагнитными источниками аномалий, которые расположены в верхней части осадочного чехла. Характеристики уровня позволяют предполагать, что он сформировался во время последнего, наиболее позднего этапа активизации магматизма и является верхним уровнем Мезенского траппового поля, возраст которого определяется как поздняя пермь, возможно, ранний триас [Буш, 2009].

Полученные при решении обратной задачи методом подбора в формате 2.5D модели магнитоактивного слоя для профилей 1–6 представлены на рис. 4 (положение профилей см. на рис. 1).

При решении обратной задачи магнитоактивный слой не делился по вертикали, а представлялся набором вертикальных блоков с подобранной геометрией и с величиной эффективной намагниченности, отражающей его интегральную намагниченность.

Сравнение полученных моделей со схемой фундамента восточной части Мезенского бассейна (см. рис. 2) наглядно подтверждает, что модели отражают сложную систему сопряжённых горстово-грабеновых структур, разделённых глубинными разломами. В областях развития отрицательных (грабеновых) структур отчётливо наблюдается значительное погружение верхних кромок магнитоактивного слоя и уменьшение его общей мощности, что отражается в магнитном поле глубокими отрицательными аномалиями. Наиболее ярко эта картина наблюдается в областях развития Керецко-Пинежского и Лешуконского грабенов, образующих единую зону растяжения и прогибания в центральной части Мезенской синеклизы.

Участки моделей, соответствующие положительным структурам, наоборот, характеризуются увеличением мощности магнитоактивного слоя.

Представленные модели магнитоактивного слоя могут быть объяснены горизонтальными растяжениями, сформировавшими единый ансамбль рифтогенных структур, с последующим заполнением терригенными и терригенно-осадочными комплексами.

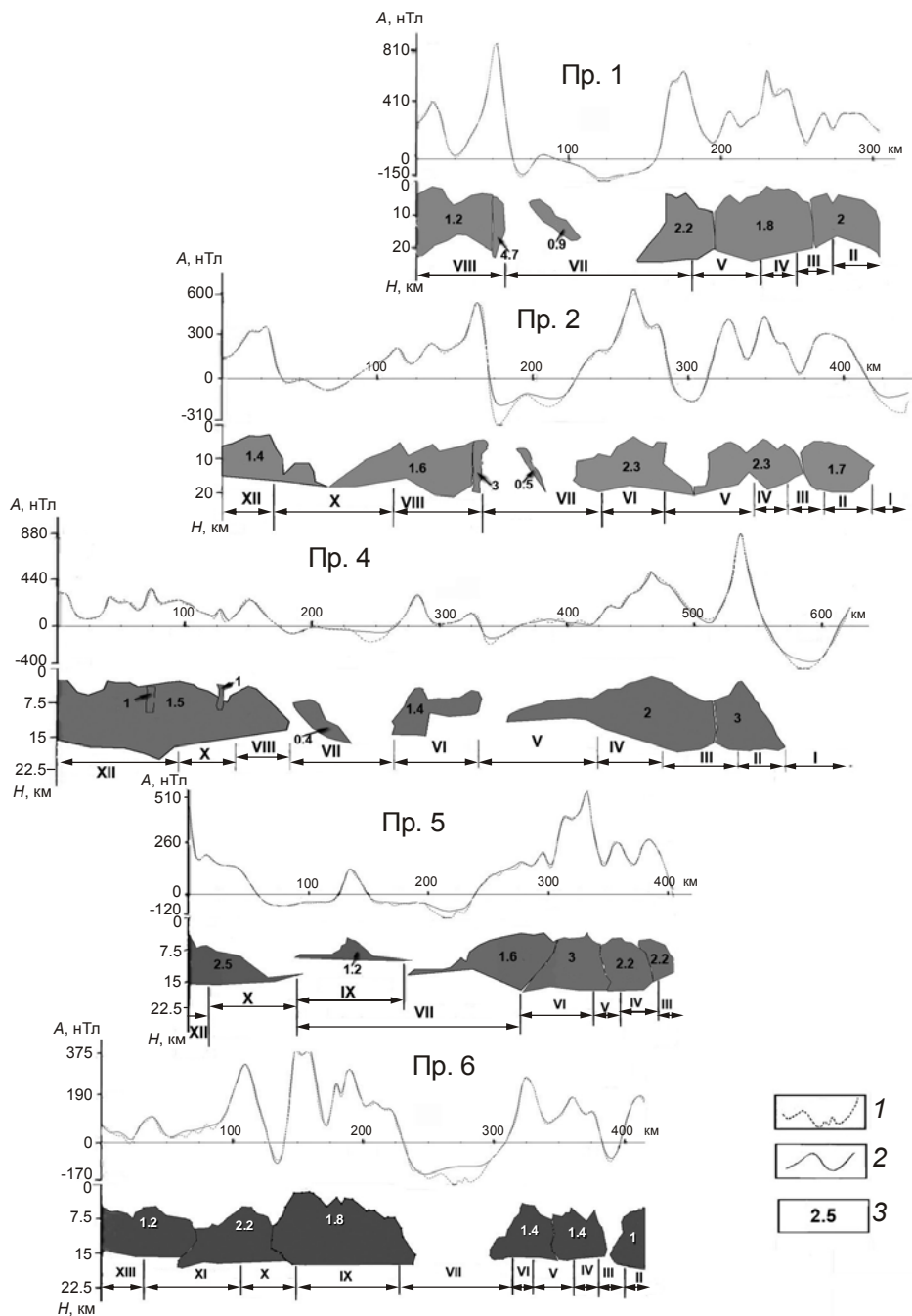


Рис. 4. Модели магнитоактивного слоя

I – наблюдаемое магнитное поле; *2* – модельное магнитное поле; *3* – значения эффективной намагниченности в А/м; I–XIII – номера структурных элементов (см. рис. 2)

Заключение

В результате проведенных исследований создана модель магнитоактивного слоя восточной части Мезенской синеклизы, включающая три структурных уровня (горизонта), отражающих определенные этапы формирования синеклизы. Формирование магнитоактивного слоя, в целом, охватывает временной интервал от среднего рифея до раннего триаса.

Нижний структурный уровень отражает рифтовый этап эволюции Мезенской синеклизы в среднем рифее с образованием единой системы субпараллельных рифтовых зон северо-западного простирания и формированием рифтогенных структур. Последнее происходило в сходных геодинамических условиях горизонтального растяжения с векторами, ортогональными их современному простиранию. В дальнейшем происходило их заполнение осадочными и терригенно-осадочными комплексами [Балуев, 2006; Балуев и др., 2012].

Средний структурный уровень сформирован в период позднерифейского-среднепалеозойского этапа активизации магматизма. Его структуры имеют преимущественно северо-восточное простирание и ортогональны структурам нижнего уровня. Можно предположить, что в этот период активизации магматизма произошла смена векторов растяжения, что явилось причиной траппового вулканизма и формирования двух крупных систем даек – Снопинской и Усть-Выйской.

Верхний структурный уровень, формирование которого связано с последним этапом активизации магматизма в позднепермское–раннетриасовое время, расположен в верхах осадочного чехла. На его основе сформировался верхний горизонт Мезенского траппового поля.

Благодарности

Авторы статьи благодарны руководству ЗАО ГНПП “Аэрогеофизика” за предоставление материалов высококачественной аэромагнитной съёмки восточной части Мезенского бассейна.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания 0149-2014-0031.

Литература

- Аплонов С.В., Бурзин М.В., Вейс А.Ф., Владимирова Т.В., Горбачёв В.И., Капустин И.Н., Коваленко В.С., Лебедев Б.А., Махоткин А.И., Рассомахин В.Я., Сапожников Р.Б., Симоненко Л.А., Сулейманов А.К., Тимошенко О.М., Тимошенкова Н.В., Фёдоров Д.Л., Хисамов Р.С., Чамов Н.П., Ченборисова Р.З., Ширококов В.Н. Геодинамика Мезенского осадочного бассейна. СПб.: Наука, 2006. 319 с.
- Балуев А.С. Геодинамика рифейского этапа эволюции северной пассивной окраины Восточно-Европейского кратона // Геотектоника. 2006. № 3. С.23–28.
- Балуев А.С. Континентальный рифтогенез севера Восточно-Европейской платформы в неогее: геология, история развития, сравнительный анализ: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. М., 2013. 48 с.
- Балуев А.С., Журавлёв В.А., Терехов Е.Н., Пржиягловский Е.С. Тектоника Белого моря и прилегающих территорий: Объяснительная записка к “Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий” масштаба 1:1500000. М.: ГЕОС, 2012. 104 с.
- Буш В.А. Трапповые и дайковые поля Мезенской синеклизы. ftp://publ@files.aerogeo.ru/New_airborne_methods_and_technologies.2009.1.pdf.
- Иваненко А.Н., Брусиловский Ю.В., Филин А.М., Шишкина Н.А. Современные технологии обработки и интерпретации магнитных данных при работах на морских месторождениях нефти и газа // Геофизика. 2012. № 3. С.60–71.
- Цыганов В.А. Новые данные о геологическом строении территории Мезенской синеклизы и ее перспективах на углеводороды (по результатам высокоточной аэромагнитной съёмки) // Георесурсы. 2006. № 1(18). С.2–9.
- Cooper G.R.J. Forward modeling of magnetic data // Comput. geosci.-computers & geosci. 1997. V. 23, N 10. P.1125–1129.
- Parker R., Huestis S. The inversion of magnetic anomalies in the presence of topography // Geophys. Res. 1974. V. 79. P.1587–1593.

Сведения об авторах

БРУСИЛОВСКИЙ Юрий Викторович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова. 117997, Москва, Нахимовский пр., д. 36. Тел.: 8(499) 124-79-49. E-mail: ura77777@rambler.ru

БУШ Вильям Артурович – доктор геолого-минералогических наук, главный геолог, ЗАО “ГНПП Аэрогеофизика”. 127287, Москва, 2-я Хуторская ул., д. 38. Тел.: 8(495) 641-12-30. E-mail: bush@aerogeo.ru

A MODEL OF THE MAGNETICALLY ACTIVE LAYER OF WESTERN MEZEN SYNECLISE

Yu.V. Brusilovsky¹, V.A. Bush²

¹ *Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

² *GNPP Aerogeophisica, Moscow, Russia*

Abstract. Basing on the results of analyzing and interpreting an airborne magnetic survey (scale 1:50000) a model of the magnetically active layer of the western Mezen syncline consisting of three structural levels (horizons) of different genesis was created. The lowest level of the structural floor is represented by linear extended bodies with northwestern extension; it coincides with tectonic disorders in the crystalline basement and reflects the rift stage of the Mezen syncline evolution. The presence of the middle and upper levels can be explained by the existence of dikes and sills of basal composition within the sedimentary cover. The middle structural level is generated by two large systems of dikes, Snopinskaya and Ust-Vyiskaya, included in the Mezen trap province. The age of those dike systems is determined as the interval from the top of Upper Carbon till the lower parts of the Kazan stage of the Upper Permian, for Snopinskaya system, and from the Riphean till Late Carbon for Ust-Vyiskaya. The upper structural level is represented by local bodies of various shapes and reflects the high frequency part of the field, connected with strong magnetic sources of anomalies, located in the upper part of the sedimentary cover. This enables us to assume that the upper level was formed during the latest phase of magmatism that established the upper level of Mezen trap field, which dates back to the Late Permian or possibly Early Triassic.

Keywords: Mezen syncline, magnetic field, model of a magnetically active layer, inverse problem, effective magnetism.