

ГЕОМАГНИТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

Ю.В. Брусиловский¹, А.Н. Иваненко¹, А.Ю. Жуковин², Н.М. Цовбун²

¹ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр-т 36, г. Москва, 117997

²ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ул. Балтийская 43, г. Владивосток, 690041; e-mail: ZhukovinAU@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 26 марта 2012 г.

Рассматриваются результаты магнитометрических исследований, выполненных в комплексной геолого-геофизической экспедиции на НИС “Академик М.А. Лаврентьев” в сентябре–октябре 2010 г. Целью экспедиции было проведение геолого-геофизических работ для уточнения границ зоны деструкции в центральной части Курильской островной дуги, детализация ее структурного плана и реконструкция тектономагматических процессов, ответственных за формирование указанной зоны. Показано, что изученный район работ расположен в зоне высокой тектонической раздробленности с активным проявлением молодого магматизма преимущественно эффузивного типа. Так как район работ 2010 г. и район работ 2005–2006 гг. расположены в одной морфоструктурной зоне и находятся в сопредельных областях, можно предположить и единство тектонических процессов, формирующих всю зону в целом. Так же делается вывод о схожей природе и механизме образования источников магнитных аномалий изученного района и т.н. “магнитного пояса” в районе о. Хоккайдо.

Ключевые слова: морская градиентная магнитная съемка, магнитное поле, Курильские острова, Тихий океан, невулканическая дуга, молодой вулканизм, трансформации поля.

ВВЕДЕНИЕ

В сентябре–октябре 2010 г., Тихоокеанским океанологическим институтом ДВО РАН была проведена морская геолого-геофизическая экспедиция на НИС “Академик М.А. Лаврентьев” (рейс 52), которая являлась логическим продолжением работ, начатых в 2005 г. по изучению строения центральной части Курило-Камчатской островной дуги (рис. 1). В задачу экспедиции входило уточнение границ зоны деструкции в центральном районе Курильской дуги, детализации ее структурного плана и реконструкции тектономагматических процессов, ответственных за формирование указанной зоны. Эти задачи решались комплексом методов, куда вошли: магнитометрия, гравиметрия, непрерывное сейсмическое профилирование, батиметрия, драгирование образцов донных пород и газогеохимия. В представленной работе рассматриваются результаты магнитных съемок и их интерпретация.

ГЕОМАГНИТНАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

В морфоструктурном плане район исследований относится к центральной части Курило-Камчатской островной дуги и располагается между Курильскими о-вами (о-ва Итуруп, Уруп) и Курило-Камчатским глубоководным желобом. Этот район включает в себя приостровной борт желоба, южный фланг подводного хр. Витязя, который обычно рассматривается в качестве внешней невулканической дуги в общей системе дуга-желоб, и междуговой прогиб, отделяющий хр. Витязя от Курильских островов.

Геолого-геофизические исследования Курильской островной системы начались со второй половины XX века – с рейса НИС “Витязь” (53-й рейс ИО РАН) [2, 17]. В рейсе исследовались осадки дна Охотского моря и были получены первые сведения о подводных вулканах в районе Курильской островной дуги.

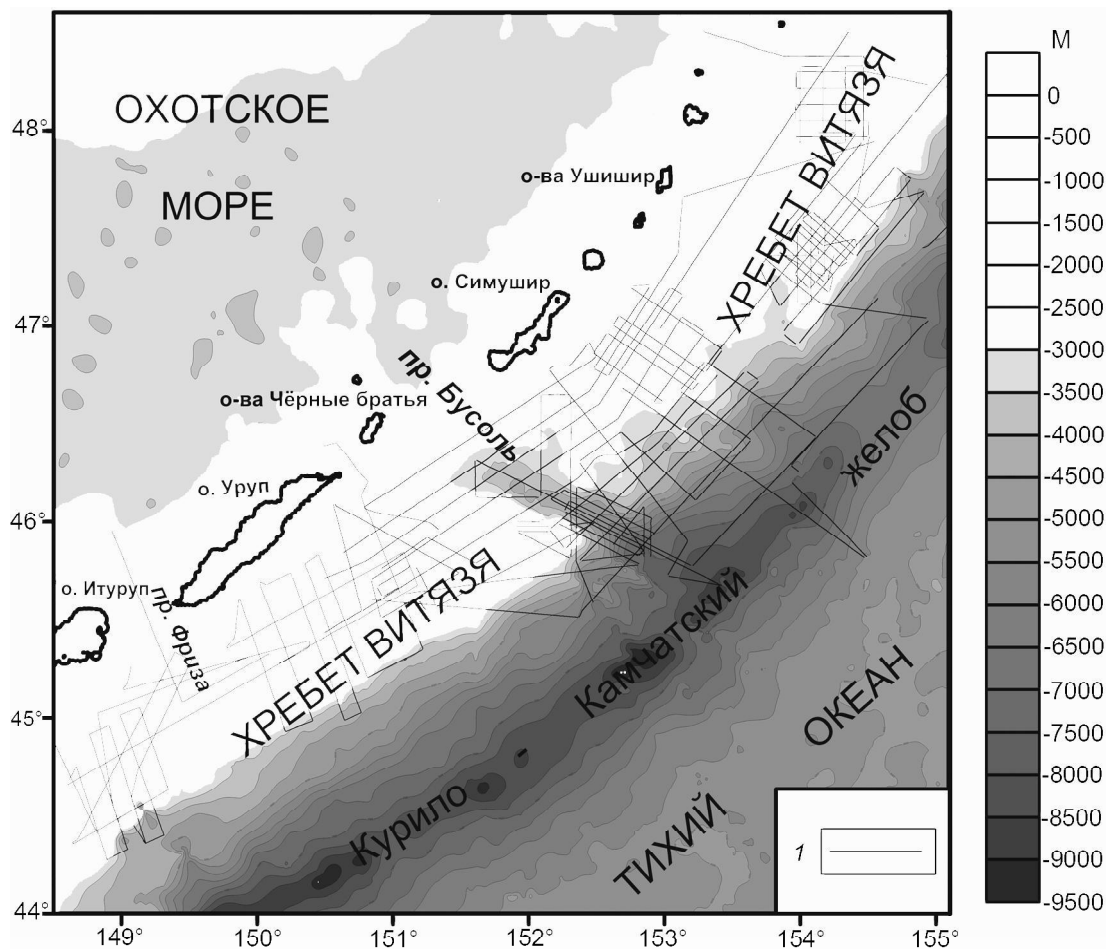


Рис. 1. Генеральное положение района исследований.

l – галсы гидромагнитной съёмки за 2005, 2006, 2010 гг.

К наиболее значимым работам по геомагнитно-му изучению центральной части Курило-Камчатской островной дуги можно отнести аэромагнитную съёмку, выполненную на высоте 2 км по сети региональных галсов в период Международного геофизического года 1957–1958 гг. [15, 16]. Ею были охвачены Курильские о-ва и прибрежная часть островной системы. С 1968 г. Институтом морской геологии и геофизики ДВНЦ АН СССР (ИМГиГ), совместно с институтом Физики Земли АН СССР начались регулярные работы по изучению Курильской островной системы в основном сейсмическими (НСП и ГСЗ), геологическими и эхолотными методами, в некоторых случаях в эти работы включались и гидромагнитные измерения. Эти исследования охватывали в основном островную систему и Охотское море. В 1970–1980 гг. Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт (САХКНИИ) провел ряд экспедиций на

НИС “Пегас”, “Морской геофизик” и “Орлик”, где выполнялось изучение вещественного состава подводных вулканов в пределах островной дуги, сопровождавшееся профильными геомагнитными съёмками [1, 3–5, 9–11]. В период 1981–1991 гг. с борта НИС “Вулканолог” Институтом вулканологии было проведено комплексное исследование подводных вулканов Курильской островной дуги [1, 14]. Отдельные региональные профили в районе Курильской островной системы были выполнены Институтом океанологии – НИС “Дмитрий Менделеев” (13- и 17-й рейсы) [6].

Основным итогом геофизической изученности можно считать “Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы”, выпущенный ВСЕГЕИ в 1978 г. [6]. Анализ геофизической изученности центральной части Курило-Камчатской островной дуги в ее фронтальной части

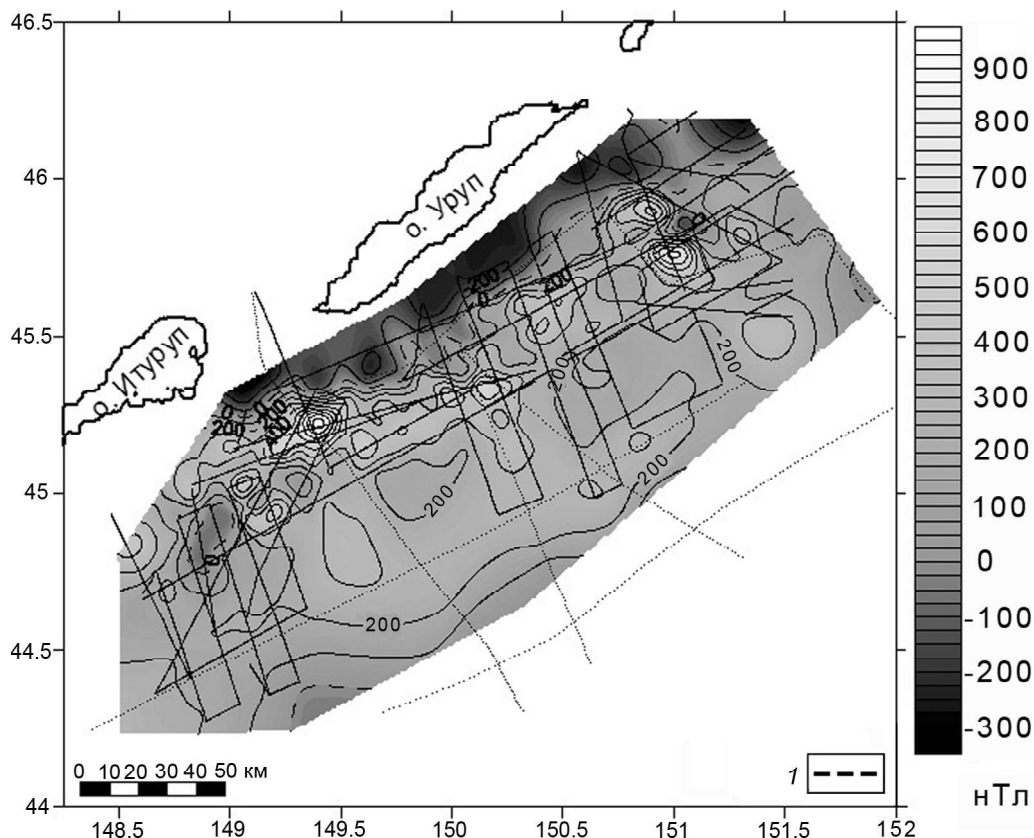


Рис. 2. Карта аномального магнитного поля на полигоне работ

1 – галсы магнитной съемки 2005, 2006, 2010 гг. и галсы магнитной съемки, взятые из Международного банка геофизических данных Geodas.

показал, что детальных геомагнитных исследований в этом регионе не проводилось. Наиболее детальные геолого-геофизические исследования в центральной части Курило-Камчатской островной дуги были выполнены в 2005, 2006 годах в экспедициях, организованных Тихоокеанским океанологическим институтом им. В.И. Ильичева ДВО РАН (ТОИ ДВО РАН) и Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН). Задачей этих экспедиций являлось изучение тектонического строения “сейсмической брешы” в центральной части Курило-Камчатской островной дуги [18].

По результатам геомагнитных съемок, выполненных в этих экспедициях, была определена система разрывных нарушений и установлено в целом блоковое строение коры, с горизонтальными размерами блоков 25–30 км. Были определены глубины до источников магнитных аномалий в пределах от 2.5 до 4.5 км с преобладанием глубин в диапазоне 3–4 км. Так же было установлено, что разрез в целом сложен слабомагнитным материалом с интегральной эффективной намагниченностью порядка 0.4–0.8 А/м [8].

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Магнитная съемка выполнялась в градиентометрическом варианте, что позволило исключить временные вариации геомагнитного поля. Датчики магнитометра буксировались на расстоянии 240 и 340 метров от кормы судна. Общий объем морской магнитной съемки, выполненной на полигоне, составил около 2200 км. Наблюдения выполнялись в комплексе с гравиметрической и сейсмической съемками по системе профилей, положение которых показано на (рис. 2).

При обработке данных использовался комплекс программ, разработанный в ИО РАН [1]. Это комплекс позволяет выполнять весь необходимый набор процедур: от распаковки данных и их фильтрации, до разделения полей и увязки опорной сети.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспедиционных измерений были обобщены с данными магнитных съемок на смежных участках 2005–2006 гг. [8, 12], и дополнены материалами, взятые из Международного банка

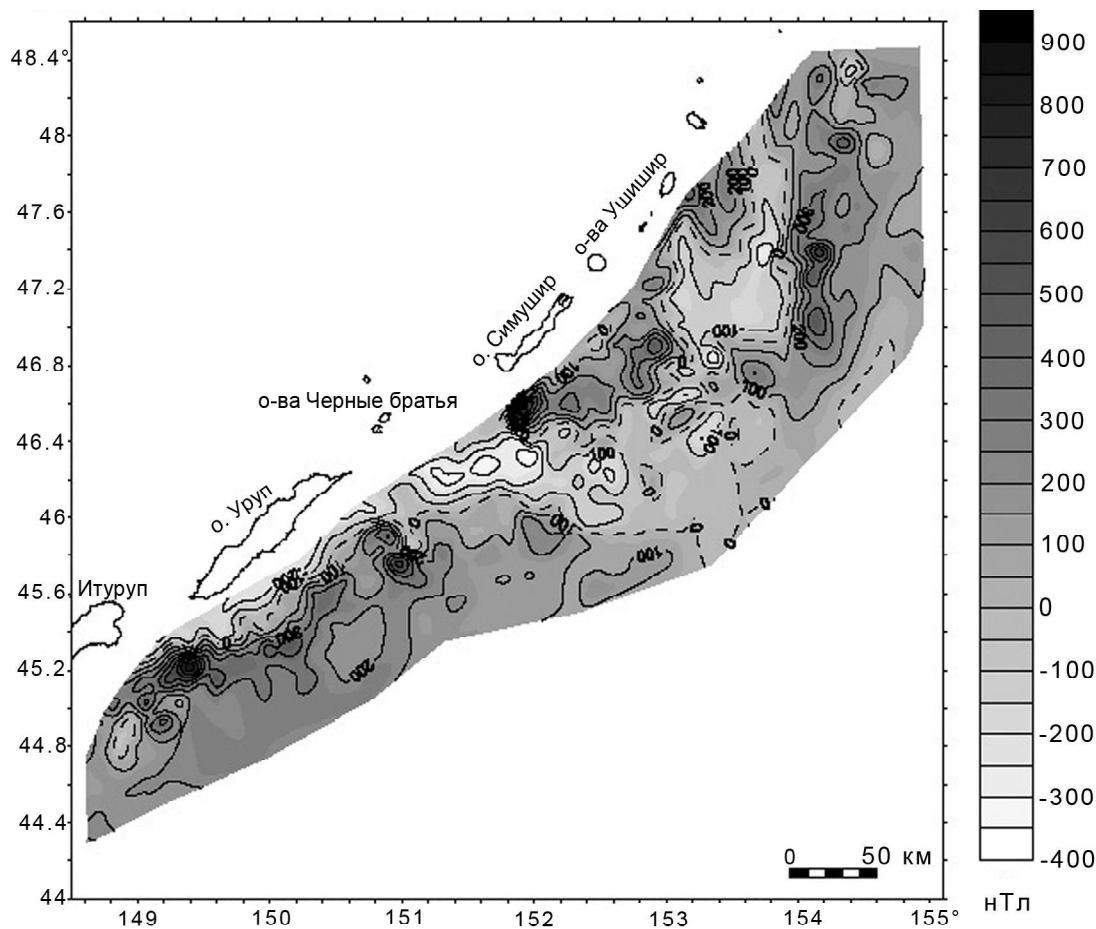


Рис. 3. Совместная карта аномального магнитного поля для центральной части Курильской островной дуги.

геофизических данных – Geodas [20]. Совместная обработка всех указанных данных значительно повысила детальность окончательной карты аномального магнитного поля, изучаемого участка (рис. 2). Среднеквадратичная ошибка после увязки всех данных составила ± 9.7 нТл. Также была построена и сводная карта аномального магнитного поля по материалам всех доступных данных, включая съемки 2005, 2006 гг для центральной части Курило-Камчатской островной дуги (рис. 3).

Анализируя магнитное поле в районе работ, нельзя не отметить его общий положительный фон, на котором отчетливо выделяется цепь интенсивных (500–1000 нТл) локальных магнитных аномалий субширотного простирания. В плане эти аномалии приурочены к хр. Витязя (рис. 1). С юго-востока зона аномалий граничит с обширной областью однородного положительного поля, раскрывающегося в сторону глубоководного желоба. С севера-запада эта зона локальных аномалий ограничена глубоким квазилинейным минимумом ЮЗ-СВ простирания, совпадающего с междуговым прогибом. На северо-вос-

токе она косо сечется интенсивной отрицательной аномалией СЗ-ЮВ простирания, протягивающейся от пролива Буссоль (рис. 1) в сторону глубоководного желоба (рис. 3).

Наиболее интенсивные локальные аномалии отмечаются в западной и в восточной частях обработанной площади. Западная, изометричной формы, с амплитудой > 1000 нТл, расположена на траверсе пролива Фриза и в плане совпадает с обширным, слабо выраженным в рельефе дна, куполообразным поднятием. Восточная аномалия приурочена к локальному расчлененному поднятию рельефа и выражена двумя интенсивными максимумами поля, смещенными относительно друг друга по долготе (левосторонний сдвиг?). Ранее здесь были драгированы и датированы молодые вулканы плиоцен-плейстоценового возраста [13].

На этапе количественной интерпретации с целью определения источников магнитных аномалий была выполнена серия площадных трансформаций магнитного поля. Она включила в себя редукцию к полюсу, расчет и построение карты аналитического сигнала, расчет и построение карт горизонтального

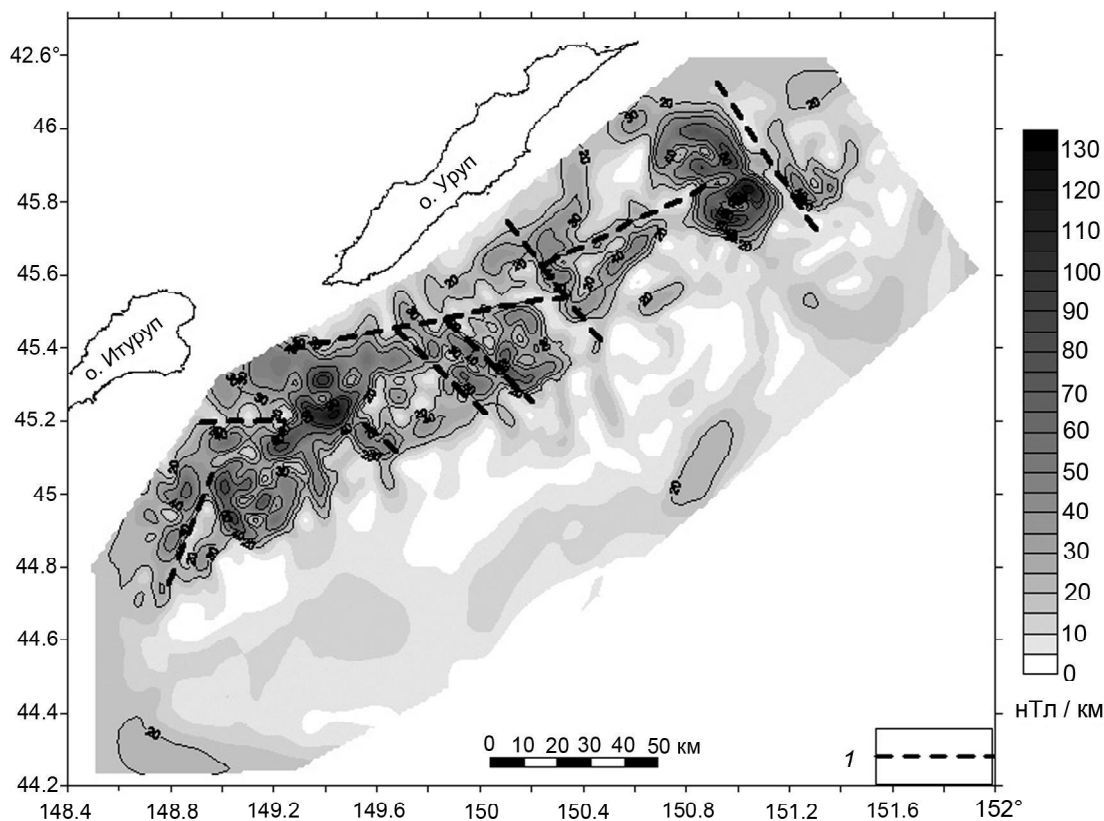


Рис. 4. Карта горизонтального градиента поля.
1 – предполагаемые основные тектонические нарушения.

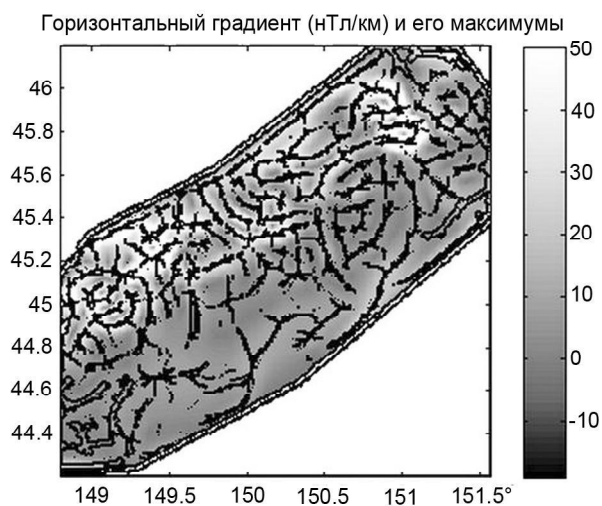


Рис. 5. Карта максимумов горизонтального градиента.

градиента поля (рис. 4) и максимумов горизонтального градиента (рис. 5). На этих картах отчетливо выделяются линейные и кольцевые структуры, скорее всего, обусловленные тектоническими границами и магматическими телами. Из совместного анализа карты горизонтального градиента и карты анали-

тического сигнала установлено, что большая часть источников локальных аномалий приурочена к зонам тектонических нарушений, или к узлам их пересечений. Ранее, при интерпретации съемки 2005 г. [8] было установлено, что к северо-востоку от грабена Буссоль тектонические линейaments ориентированы преимущественно субмеридионально, а к юго-западу – субширотно. Их преимущественно субширотное простирание сохраняется и в пределах изученного района, однако в центральной части полигона отмечается также область существенной поперечной тектонической раздробленности.

В целом, магнитное поле обработанного участка выглядит естественным аналогом и продолжением поля северной части хр. Витязя. На глобальной карте EMAG2 [19] положительные аномалии субширотного простирания протягиваются через изучаемую нами зону в сторону Малой Курильской гряды и далее на о. Хоккайдо.

На рис. 6 приведены результаты подбора источника восточной локальной аномалии по аналитическому сигналу спектральным способом с последующей нелинейной оптимизацией. Установлено, что таким источником может быть интрузивный массив, разме-

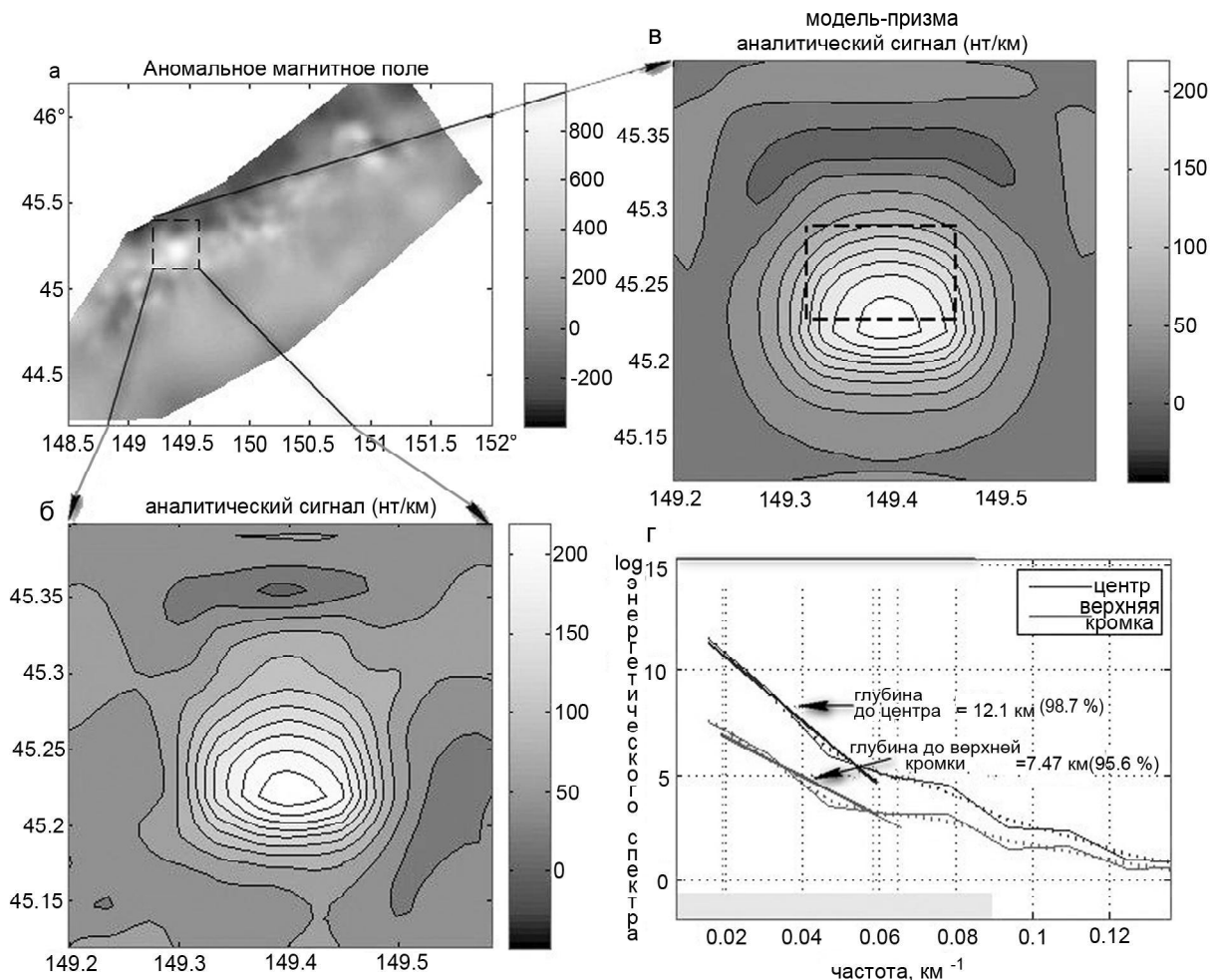


Рис. 6. Результаты подбора источника для восточной локальной аномалии.

а – карта аномального магнитного поля, б – фрагмент карты аналитического сигнала аномального магнитного поля (характерная изолированная аномалия), в – радиальный спектр изолированной аномалии с оценкой глубин до верхней кромки и центра магнитных масс, г – аналитический сигнал поля от подобранного интрузивного тела (смотри текст).

ром $11 \times 7 \times 10$ км, залегающий в интервале глубин от 7.3 до 17.5 км и сложенный породами с высокой намагниченностью (до 11.5 А/м). Интересно отметить, что в пределах о. Хоккайдо отмечается т.н. “магнитный пояс” [21], чье структурное положение по отношению к “вулканическому фронту” полностью соответствует изучаемой нами области, т.е. лежит в пределах “невулканической дуги”. Источники магнитных аномалий в пределах “магнитного пояса”, по данным Окубо и Мацунага [21], также сильномагнитны и сопоставимы с выделенными нами по размерам и параметрам залегания. Исходя из этого, напрашивается естественный вывод о близкой природе и механизме образования этих объектов. Более того, можно считать установленным тот факт, что выделенные ранее в пределах “невулканической дуги”, характерные как раз для областей проявления вулканизма, интенсивные магнитные аномалии [8], сопряжены с областями рас-

пространения здесь молодых вулканитов плиоцен-плейстоценового возраста [13]. Все это, возможно, потребует пересмотра самой концепции об отсутствии современного вулканизма во фронтальной части дуги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно сделать вывод, что район работ расположен в зоне с активным проявлением магматизма и развитой разломной тектоники. Учитывая высокие амплитуды локальных аномалий, можно предположить, что источники этих аномалий связаны с проявлениями молодого магматизма. Так как район работ 2010 г. и район работ 2005–2006 гг. расположены в одной морфоструктурной зоне и находятся в сопредельных областях (рис. 3), можно предположить и единство тектонических процессов, формирующих всю зону в целом. Район работ 2010 г., так же, как и район работ 2005–2006 гг. явля-

ется зоной с активным проявлением магматизма, преимущественно эффузивного типа [12].

Авторы выражают искреннюю благодарность проф. А.М. Городницкому и д-ру геол.-минер. наук Р.Г. Кулиничу за полезное обсуждение работы и высказанные замечания.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ-11-05-00280.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдейко Г.А., Антонов А.Ю., Вольнец О.Н. и др. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. М.: Наука, 1992. 528 с.
2. Безруков П.Л., Зенкевич Н.Л., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б. Подводные горы и вулканы Курильской островной гряды // Тр. Лаборатории вулканологии. 1958. Вып. 13. С. 71–88
3. Воробьев В.М., Кочергин Е.В., Красный М.Л. Изученность района исследований магнитометрическими методами // Геомагнитное поле окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Южно-Сахалинск: САХКНИИ. 1975. Вып. 38. С. 11–16.
4. Воробьев В.М. Магнитное поле как индикатор вещественного состава намагниченных пород (на примере подводных гор юго-востока Охотского моря) // Естественные геофизические поля дальневосточных окраинных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1977. С. 57–63.
5. Воробьев В.М. Магнитное поле // Тектоника Курило-Камчатского глубоководного желоба. М.: Наука, 1980. С. 17–20.
6. Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы / Под ред. Сергеева К.С., Красного М.Л. Л.: ВСЕГЕИ, 1987.
7. Городницкий А.М., Филин А.М., Малютин Ю.Д. Градиентная магнитная съемка в океане. М.: ВНИРО, 2004. 300 с.
8. Иваненко А.Н., Филин А.М., Горшков А.Г. и др. Новые данные о структуре аномального магнитного поля центральной части Курило-Камчатской островной дуги // Океанология. 2008. Т. 48, № 4. С. 600–614.
9. Кочергин Е.В., Павлов Ю.А., Сергеев К.Ф. Геомагнитные аномалии Курильской и Рюкю островных систем. М.: Наука, 1980. 126 с.
10. Красный М.Л., Кочергин Е.В. Общие закономерности аномального магнитного поля в северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса // Геомагнитное поле окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Южно-Сахалинск: САХКНИИ. 1975. Вып. 38. С. 98–124.
11. Красный М.Л. Геофизические поля и глубинное строение Охотско-Курильского региона. Владивосток: ДВО РАН, 1990. 162 с.
12. Кулинич Р.Г., Карп Б.Я., Баранов Б.В. и др. О структурно – геологической характеристике “сейсмической брешы” в центральной части Курильской островной дуги // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26, № 1. С. 5–19.
13. Леликов Е.П., Емельянова Т.А. Геология и вулканизм подводного хребта Витязя на Тихоокеанском склоне Курильской островной дуги//Океанология 2011. Т. 51, № 2. С. 329–343.
14. Рашидов В.А. Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский: ИВГиГ ДВО РАН, 2001. 428 с.
15. Соловьев О.Н. Аэромагнитная съемка в районе Курило-Камчатской островной дуги // Прикладная геофизика. 1961. Вып. 29. С. 168–174.
16. Соловьев О.Н., Гайнанов А.Г. Особенности глубоководного геологического строения переходной зоны от Азиатского материка к Тихому океану в районе Курило-Камчатской островной дуги // Сов. Геология. 1963. № 3. С. 113–123.
17. Строение дна Охотского моря / Под ред. Белоусова В.В., Удинцева Г.Б. М.: Наука, 1981. 176 с.
18. Федотов С.А. О закономерностях распределения сильных землетрясений Камчатки, Курильских островов и северо-восточной Японии // Тр. Института физики Земли АН СССР. Сейсмическое микрорайонирование. М.: Наука, 1965. № 36 (203). С. 66–93.
19. <http://www.geomag.org/models/emag2.html>
20. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gdas/>
21. Okubo, Y. and T. Matsunaga, Curie point depth in northeast Japan and its correlation with regional thermal structure and seismicity, J. Geophys. Res. 99(B11), 22363–22371, 1994.

Рекомендована к печати Р.Г. Кулиничем

U.V. Brusilovskiy, A.N. Ivanenko, A.U. Zhukovin, N.M. Tsovun

Geomagnetic studies of the central Kuril-Kamchatka Island arc

The results of the magnetic studies performed during the complex geological-geophysical expeditions by the scientific research vessel Academician M.A. Lavrent'ev, in September-October, 2010, are considered. The aim of the expedition was to conduct geological-and-geophysical works to specify the boundaries of the destruction zone in the central part of the Kuril island arc, its structural plan and reconstruction of tectono-magmatic processes which are responsible for the described zone formation. It is shown that the study area represents a zone of high tectonic fragmentation with active manifestation of young magmatism, mainly of volcanogenic type. Since the study area and the region of survey during 2005–2006 and 2010 are located in the same morphostructural zone and occupy the adjacent areas, one can assume the identity of the tectonic processes forming the entire part of the zone as a whole. We also make the conclusion of a possible similar origin and mechanism of formation of the source of magnetic anomalies within the investigated area and in the so-called “magnetic belt” in the Hokkaido Island area.

Key words: sea gradient magnetic survey, magnetic field, the Kuril Islands, Pacific Ocean, non-volcanic arc, young volcanism, magnetic field transformation.