

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА РЕГИОНАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ И ГРАВИТАЦИОННЫХ АНОМАЛИЙ МОНГОЛО-ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Л.В. Витте, А.Н. Василевский

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

Представлена интерпретация региональных гравиметрических и магнитометрических данных с использованием новых геодинамических и геолого-тектонических построений. Комплексный анализ этих данных позволил подтвердить глубинную природу процессов, сформировавших крупнейшие магматические ареалы и пояса восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Региональные магнитные и гравитационные аномалии, литосфера, щелочной магматизм, магматические ареалы, региональные разломы, рифтогенные структуры, плюмы.

GEOLOGIC NATURE OF REGIONAL MAGNETIC AND GRAVITY ANOMALIES IN THE MONGOL-TRANSBAIKALIAN PROVINCE OF THE CENTRAL ASIAN FOLD BELT

L.V. Vitte and A.N. Vasilevsky

Regional gravity and magnetic anomalies are interpreted with regard to new geodynamic, geological, and tectonic schemes. Integrated analysis of these data confirms the deep origin of the processes which have created the largest igneous areas and zones of the eastern Central Asian Fold Belt.

Regional magnetic and gravity anomalies, lithosphere, alkaline magmatism, igneous areas, regional faults, rift structures, plumes

ВВЕДЕНИЕ

Центрально-Азиатский складчатый пояс (ЦАСП) представляет собой крупнейшую структуру, которая при ширине до тысячи километров простирается в субширотном направлении на несколько тысяч километров на территории России, Монголии и Китая. По современным представлениям формирование пояса является результатом длительной и сложной эволюции Палеоазиатского океана, существование последнего охватывает период времени более 700 млн лет [Ярмолюк, Коваленко, 2003; Проблемы..., 2005; Ярмолюк и др., 2005].

В настоящее время получены новые геологические данные по глубинной геодинамике, тектонике и магматизму, позволившие переосмыслить многие традиционные представления о геологическом строении и характере эволюции Центрально-Азиатского складчатого пояса. Эти концепции базируются на анализе процессов становления и структурно-вещественной эволюции не только коры, но и всей литосферы Земли. Для решения задач такого масштаба необходим комплексный подход с привлечением новых геофизических данных, в том числе магнитных и гравитационных карт, полученных по материалам спутниковых съемок.

В данной работе использованы результаты новых геолого-петрологических, тектонических и геохронологических исследований монголо-забайкальской части Центрально-Азиатского складчатого пояса, в том числе крупных разновозрастных магматических ареалов и поясов, а также новые геофизические данные, полученные по результатам спутниковых съемок, позволившие изучить особенности глубинного строения этих структур и существенно уточнить геолого-тектонические и геодинамические построения.

Показано, что формирование крупнейшего Монголо-Забайкальского пояса развития щелочного магматизма мезозойского возраста связано с глубинными внутриплитными (плюмовыми) процессами, исключительно интенсивно проявившимися в пределах Алданского массива, Хинганского пояса и Прибайкалья. Геофизические данные позволяют предполагать большую глубину этих процессов, вовлекающих в сферу перераспределения практически все вещество земной коры и верхов мантии. Количественные расчеты параметров намагничивания и глубин нижних кромок массивов щелочных гранитов показывают особенно высокие значения намагничивания нижней части коры и верхов мантии.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследования относится к внутриматериковой зоне новейшей тектонической активизации, охватившей огромные пространства Центральной Азии. Процессы активизации выразились общим воздыманием Центральной Азии, блоковыми движениями по глубинным разломам, формированием сводовых и глыбовых поднятий и впадин, а также интенсивным щелочно-базитовым вулканизмом и высокой сейсмичностью.

Основная проблема совместной геолого-геофизической интерпретации — установление корреляции между региональными геофизическими особенностями (гравитационным и магнитным полем, неоднородностями коры и верхней мантии, сейсмичностью и т.д.) и проявлениями тектономагматической деятельности в верхних горизонтах коры (типы приповерхностных структур, размещение разломов, особенности неотектонических движений, состав и распределение продуктов новейшего вулканизма и т.д.). Установление связей между наблюдаемыми явлениями — ключ к пониманию природы глубинных процессов.

Учитывая региональные свойства и глубинность процессов, сформировавших крупнейшие геологические структуры Центрально-Азиатского складчатого пояса, а также особенности проявления новейших процессов, обусловленных состоянием мантии, для геофизической характеристики строения земной коры и верхней мантии нами были использованы карты региональной длинноволновой компоненты изостатических аномалий и осредненные аномалии Фая как источники информации о плотностных неоднородностях в коре и особенно в верхней мантии [Артемьев, 1966; Зорин, Турутанов, 2004].

В данной работе мы используем результаты геолого-петрологических, тектонических и геохронологических исследований о геологическом строении и эволюции ЦАСП, формировании крупнейших магматических ареалов и поясов в пределах восточной, монголо-забайкальской его части и приводим геофизическую характеристику этих структур, отражающую особенности состава земной коры и верхней мантии.

Для целей региональной интерпретации была взята модель литосферного магнитного поля NGDS-720, гармоника 16—720 (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/geomag.shtml>), что соответствует длинам волн от 2500 до 56 км [Nemant, Maus, 2005]. Проработка деталей региональных аномалий здесь несколько более деликатная, чем в ранних моделях, использованных для геологической интерпретации [Nemant, 2003]. Мы применяли также модель аномального магнитного поля EMAG2, построенную по спутниковым, аэромагнитным, морским и наземным магнитным съемкам [Maus et al., 2009], с детальностью 2 угл. мин. Высокие гармоники этого магнитного поля позволяют уверенно сопоставлять его с полями, полученными наземной съемкой м-ба 1:1 000 000 [Nemant et al., 2007].

Предшественники изучали крупные особенности регионального (литосферного) магнитного поля и связь их также с крупными разновозрастными структурами континентов и океанов. Наша методика интерпретации предполагает исследование особенностей состава земной коры Центрально-Азиатского складчатого пояса, обусловленных как процессами ее формирования, так и более молодыми глубинными тектономагматическими процессами ее преобразования.

Исследуемая территория в периоды средневерхнепалеозойской и мезозойской активизаций характеризовалась исключительно интенсивной и специфической по составу магматической деятельностью, вызванной процессами не регионального, а планетарного масштабов [Занвилевич и др., 1985; Ярмолюк, Коваленко, 2003]. Она была локализована в пределах зон проницаемости, выраженных крупными протяженными системами глубинных региональных разломов, контролировавших становление магматических комплексов высокой щелочности как в Монголо-Забайкальской, так и Алтае-Саянской провинциях ЦАСП [Витте, 1981]. Отмечается согласованность во времени магматических событий в обрамлении и внутреннем поле платформы.

Тесная корреляция крупных положительных аномальных зон магнитного поля с региональными структурами, контролирующими проявления щелочного магматизма, объясняется генетической связью щелочных комплексов и минералов окисного железа [Маракушев, 1999; Шарапов и др., 2008]. Петрологические данные указывают на глубинный характер этих процессов, в ходе которых основные петрогенные элементы (SiO_2 и К) вносились в кору из мантии. Использование карт высокочастотной и низкочастотной составляющих магнитного поля позволяет уверенно проводить анализ неоднородностей корового и мантийного уровней глубинности и их связей с вещественными неоднородностями литосферы.

Гравитационное поле, используемое в работе (модель DNSC08 [Andersen et al., 2008]), основано на комплексной модели EGM2008 [Пигин, Березина, 2008], улучшенной за счет данных спутниковой альтиметрии. Использование аномалий Фая с различными радиусами осреднения (400, 200 и 100 км) позволяет оценить характер распределения плотности в мантии, нижней и верхней частях земной коры. Использование длинноволновых (региональных) изостатических аномалий позволяет получить представление о плотностных неоднородностях на различных уровнях в коре и мантии, связанных с плюмовым магматизмом.

МОНГОЛО-ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Геофизическая граница между Алтае-Саянской и Монголо-Забайкальской провинциями может быть проведена по слабовыраженной зоне градиентов поля силы тяжести (региональные изостатические аномалии), подчеркнутой поясом интенсивных положительных магнитных аномалий корового и мантийного уровней глубинности (рис. 1, 2). Они прослеживаются через Озерную зону Монголии, Тувино-Монгольский массив к Сибирскому кратону. Положительные магнитные аномалии, характеризующие эти структуры, связаны с длительным развитием в их пределах глубинного щелочного и ультращелочного магматизма [Козаков и др., 2002, 2003]. В поле аномалий Фая, осредненных с радиусом 400 км (рис. 3), эта граница практически совпадает с выделенной на карте низкочастотных магнитных аномалий (см. рис. 2). Для рассматриваемой пограничной структуры типична большая мощность литосферы (100—110 км) и земной коры (57—60 км) по сравнению с районами Центральной Монголии [Зорин и др., 1988].

Основную роль в оформлении структуры земной коры монголо-забайкальской части складчатого пояса играли позднепалеозойские и мезозойские процессы, инициируемые воздействием на литосферу Северо-Азиатского суперплюма [Ярмолюк, Коваленко, 2003; Добрецов, 2003]. В составе этой провинции выделены три магматических ареала, ядерные части которых слагают крупнейшие батолиты Центральной Азии: Ангаро-Витимский, Хангайский и Хэнтей-Даурский (рис. 4).

Наиболее крупный Ангаро-Витимский батолит в центральной своей части сложен гранитоидами, отвечающими двум главным комплексам — баргузинскому (умеренно кислых, типично коровых интрузивных гранитов) и зазинскому (умеренно щелочных лейкогранитов и кварцевых сиенитов) [Цыганков и др., 2007]. Образование гранитов баргузинского комплекса на первом этапе (340—320 млн лет) протекало в коллизионной обстановке и было связано с подъемом мантийных расплавов, которые в условиях сжатия не поднимались выше уровня низов коры, но обеспечивали ее анатектическое плавление. Источниками образования гранитоидов баргузинского комплекса служили существенно коровые метатерригенные протолиты. На втором этапе (310—270 млн лет) в условиях пассивного растяжения были сформированы гранитоиды разного состава. Их многообразие определяется гетерогенностью фундамента, состоящего из блоков разного состава, а также различным участием мантийных магм в генерации кислых расплавов. В центральных частях батолита присутствуют многочисленные дайки щелочных габброидов, а также синплутонические интрузии базитов [Ярмолюк, Кузьмин, 2012].

Мезозойский этап характеризовался активным участием магм мантийного происхождения, с которыми связано формирование большей части щелочных гранитов Монголо-Забайкальского щелочно-гранитоидного пояса [Занвилевич и др., 1985]. Он прослеживается через Алданский щит, накладывается на юго-центральную часть Ангаро-Витимского батолита и далее через Юго-Восточное Прибайкалье в пределы Северной Монголии. Пояс представляет собой протяженную зону (более 2000 км) концентрации глубинных разломов, контролирующую размещение рифтовых структур и щелочных интрузивных и эффузивных образований мантийного происхождения. В средней и поздней перми щелочной магматизм проявился в северо-монгольской части рифтового пояса, а в позднем триасе, юре и мелу — в забайкальской его части, включая Алданский щит [Ярмолюк и др., 2001].

Монголо-Забайкальский пояс в региональном магнитном поле выражен широкой и протяженной зоной насыщенности положительными аномалиями сложной формы и различной интенсивности в высокочастотном спектре (см. рис. 1) и крупными положительными интенсивными аномалиями, вытянутыми вдоль пояса, — в низкочастотном спектре (см. рис. 2). Наиболее интенсивные положительные магнитные аномалии тяготеют к Алдано-Становой области и Юго-Восточному Прибайкалью.

Крупные преобразования земной коры Алданского архейского массива связаны с двумя эпохами: позднеархейско-раннепротерозойской, результатом которой была полная денудация верхней части разреза коры [Худолей и др., 2007], и мезозойской, выразившейся становлением в глубокоденудированной коре щелочных магматических комплексов.

Магматические ассоциации мезозойского возраста формировались в течение нескольких этапов, охватывающих интервал времени от триаса до позднего мела [Максимов, Угрюмов, 1971; Ярмолюк, Коваленко, 1995]. Они широко развиты в пределах щита и принадлежат щелочно-габброидной формации, представленной исключительно разнообразными по составу щелочными магматическими образованиями: меланократовыми пироксеновыми сиенитами, щелочными и нефелиновыми сиенитами главной фазы, ийолитами, ургитами, калиевыми базальтоидами, щелочными гранитами и др. Магматический процесс в пределах Алданского массива завершается в поздней юре и мелу становлением высокощелочных, насыщенных кремнеземом пород, связанных с плюмовыми процессами в соседнем краевом вулканическом поясе Большого Хингана.

Таким образом, Алданский массив в мезозое характеризовался длительностью и многоэтапностью магматизма, преемственностью его вещественного состава, выраженным высокой щелочностью и сов-

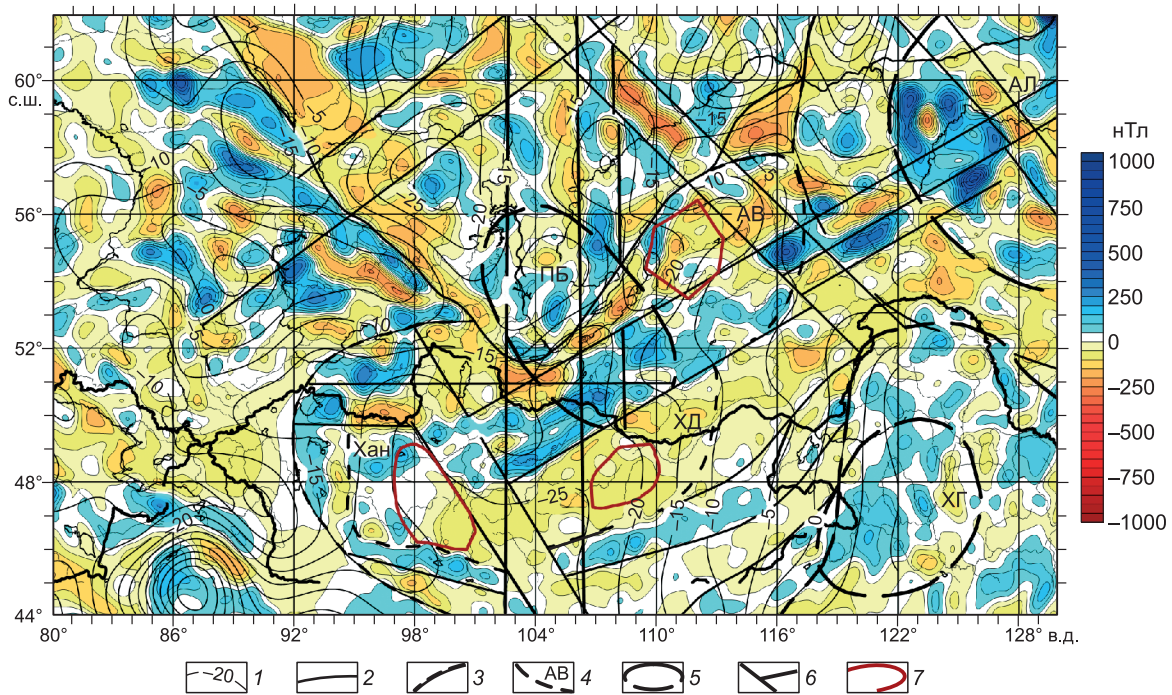


Рис. 1. Региональные магнитные аномалии мантийного уровня глубинности (низкочастотный спектр), совмещенные с длинноволновыми изостатическими аномалиями.

1 — изолинии напряженности изостатических аномалий; 2 — граница Сибирского кратона, 3 — граница раздела Монголо-Забайкальской и Алтае-Саянской провинций ЦАСП, 4 — границы магматических ареалов: АВ — Ангаро-Витимский, ХД — Хэнтей-Даурский, Хан — Хангайский, ПР — Прибайкальский, АЛ — Алданский, ХГ — Хинганский; 5 — граница ареалов развития мезозойского плюмового магматизма; 6 — глубинные рифтогенные разломы; 7 — проекции стволочных частей молодых (кайнозойских) плюмов, по [Зорин, Турутанов, 2004].

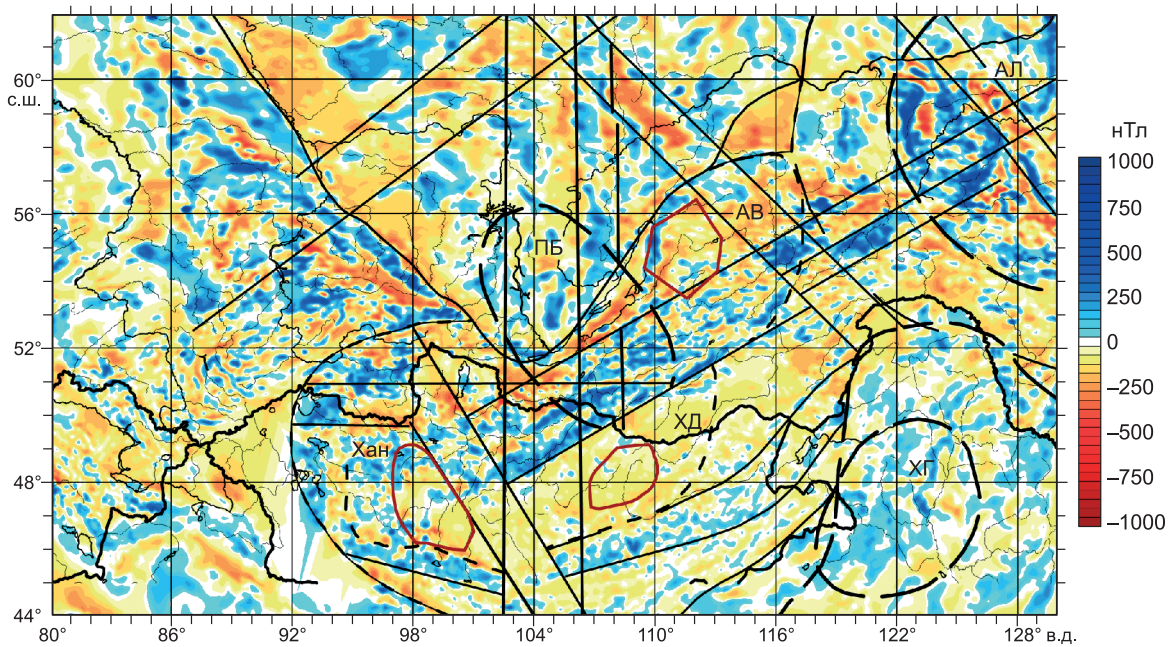


Рис. 2. Региональные магнитные аномалии корового уровня глубинности (высокочастотный спектр).

Усл. обозн. см. на рис. 1.

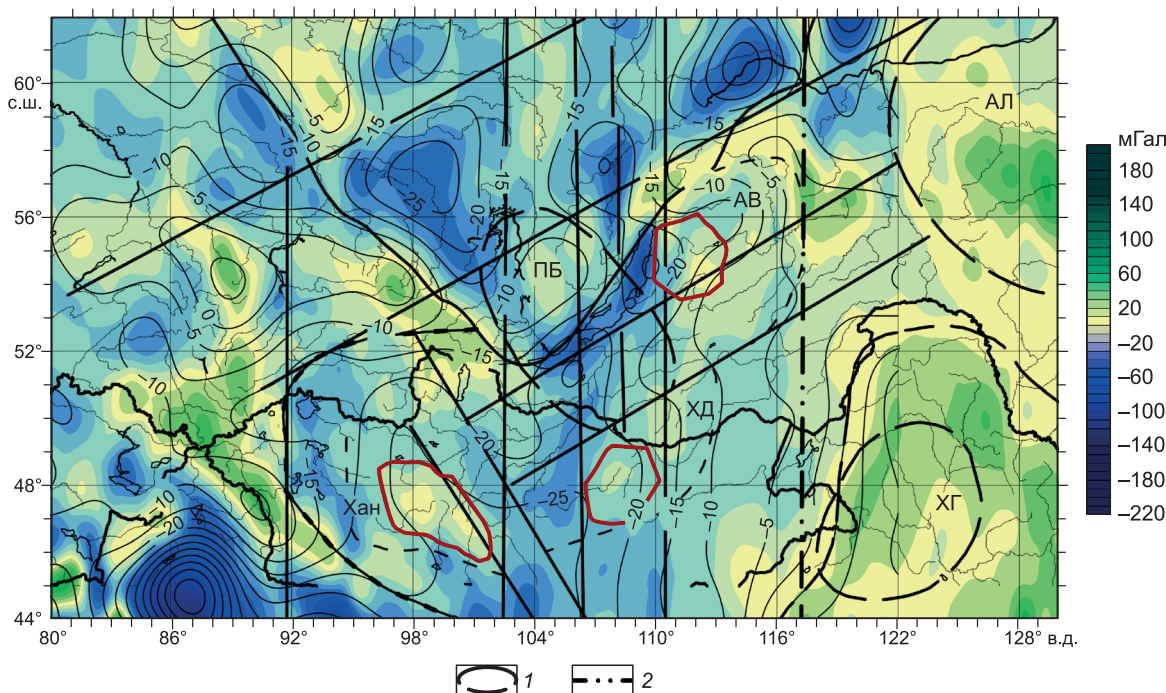


Рис. 3. Гравитационные аномалии (редукция Фая, радиус осреднения 400 км), совмещенные с длинноволновыми изостатическими аномалиями (Монголо-Забайкальская провинция).

1 — глубинные границы мезозойских плюмов; 2 — предполагаемая глубинная (восточная) граница проявления молодых (кайнозойских) процессов. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

мещенностью площадей развития. Эти обстоятельства позволили предположить плюмовую природу мезозойского магматизма в пределах Алданского архейского массива [Ярмолюк, Коваленко, 1995].

Высоочастотный спектр магнитного поля Алданского массива представлен сложным сочетанием интенсивных положительных и отрицательных аномалий, отражающих характер неоднородностей верхней части земной коры (см. рис. 1).

Низкочастотная составляющая магнитного поля центральной части Алданского щита (модель NGDS-720, см. рис. 2) представлена сочетанием крупных изометричных и линейных положительных и отрицательных аномалий. Высокая интенсивность как положительных, так и отрицательных магнитных аномалий объясняется наличием в составе земной коры сильномагнитных щелочных магматических комплексов, сформированных в несколько этапов, в периоды как прямой, так и обратной полярности.

Расчеты аномалий (по картам вертикальной составляющей) показали большие глубины (30—40 км) нижних кромок намагнитченных объектов в пределах Алданского щита [Витте, Мосиенко, 1977; Крутиховская и др., 1984], высокую намагнитченность всего разреза коры с максимальными значениями (более $6000 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ) в нижней ее половине (23—40 км [Витте, 1989]).

Расположенному южнее Алданского щита ареалу развития магматизма высокой щелочности краевого пояса Большого Хингана свойственны также интенсивные низкочастотные положительные магнитные аномалии, что подтверждает глубинный характер магматизма здесь и его плюмовую природу (см. рис. 2). Плюмовый щелочной магматизм Алданского щита на заключительной стадии своего развития в поздней юре и мелу был тесно связан с плюмовыми процессами в соседнем краевом вулканическом поясе Большого Хингана. Масштабы проявления плюмовой активности в пределах Большого Хингана и Алданского щита хорошо выражены в глубинных аномалиях Фая, где эти два плюма образуют практически единую аномальную область, характеризующуюся интенсивными положительными гравитационными аномалиями, свидетельствующими о высоком положении плотных масс головных частей обоих плюмов. Об интенсивности плюмовых процессов в Алданском и Хинганском ареалах свидетельствуют также и высокоамплитудные магнитные аномалии, связанные со щелочным характером магматизма. Эти два ареала хорошо выражены на карте вертикальной составляющей аномального магнитного поля модели NGDS-720 (гармоники 16—720), высокоинтенсивными глобальными аномалиями (рис. 5).

В поле гравитационных аномалий Фая с радиусом осреднения 400 км Алданский и Хинганский плюмовые магматические ареалы выражены обширными максимумами силы тяжести интенсивностью

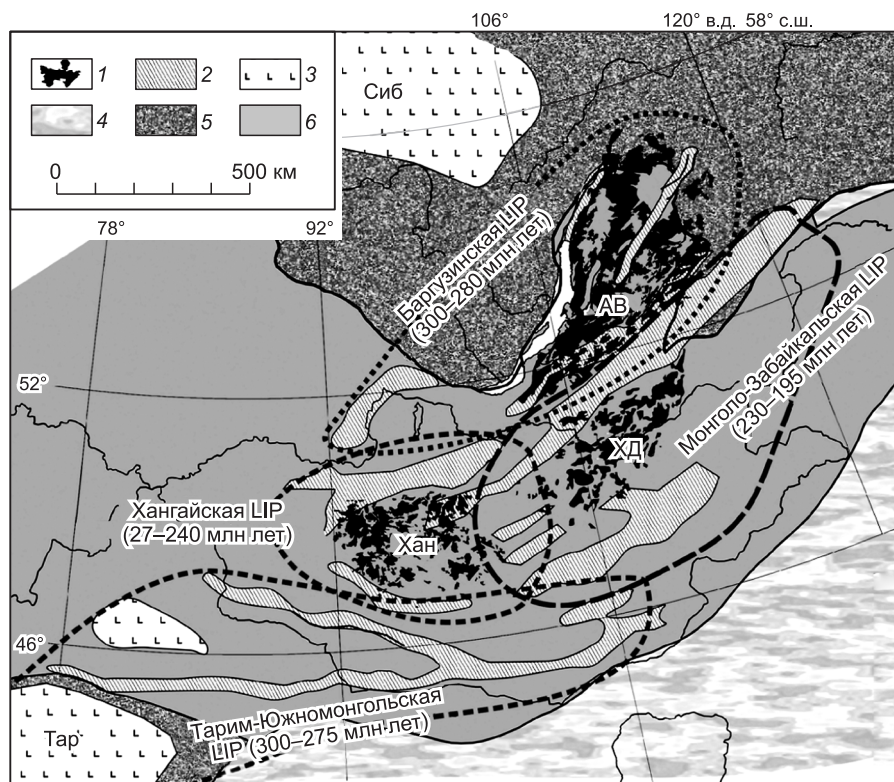


Рис. 4. Схема размещения позднепалеозойско-раннемезозойских крупных изверженных областей (LIP) Северной Азии [Ярмолюк, Кузьмин, 2012].

1 — границы батолитов; 2 — зоны развития грабенов и рифтогенного магматизма; 3 — траппы Сибирской платформы и Тарима; 4 — комплексы океанического бассейна; 5 — кратоны; 6 — складчатое обрамление кратонов. Трапповые провинции: Сиб — Сибирская, Тар — Таримская; батолиты: АВ — Ангаро-Витимский, Хан — Хангайский, ХД — Хэнтэй-Даурский.

до 60 мГл (см. рис. 3), что показывает высокую плотность мантии под плюмами на достаточно больших глубинах.

Формирование Алданского плюма и внедрение глубинных магм сопровождалось развитием систем молодых глубинных рифтогенных разломов: восток—северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простираний.

Они прослеживаются на большие расстояния как в восточную часть Сибирского кратона и далее в северо-восточном направлении, так и в пределы складчатых систем южного его обрамления (см. рис. 1, 2).

Эта система глубинных рифтогенных разломов контролирует Монголо-Забайкальский щелочно-гранитоидный пояс. В поле высокочастотных магнитных аномалий, отвечающих коровому уровню глубинности (см. рис. 1), для рассматриваемого пояса типичны преимущественно положительные магнитные аномалии различной интенсивности, размеров и формы, отвечающие особенностям развития щелочного магматизма в верхней части разреза коры. В поле низкочастотных аномалий, характеризующем мантийный уровень глубинности, Монголо-Забайкальский пояс выражен интенсивными протяженными положительными аномалиями, прослеживающимися от Алдано-Становой области в пределы Центральной Монголии (см. рис. 2).

Наиболее сильно намагничены магматические комплексы алдано-становой и прибайкальской частей Монголо-Забайкальского пояса, что объясняется плюмовым характером магматизма здесь [Ярмолюк, Коваленко, 1995; Витте и др., 2009]. Прибайкальский ареал развития щелочного магматизма охватывает южную часть Байкальской региональной положительной аномалии, включающей также и ареалы щелочного магматизма южной части Иркутского амфитеатра. Как показывают количественные расчеты интенсивных магнитных аномалий в пределах этих ареалов, высокомагнитные щелочные магматические породы распространены практически в пределах всего разреза коры [Витте, 1989; Витте и др., 2009].

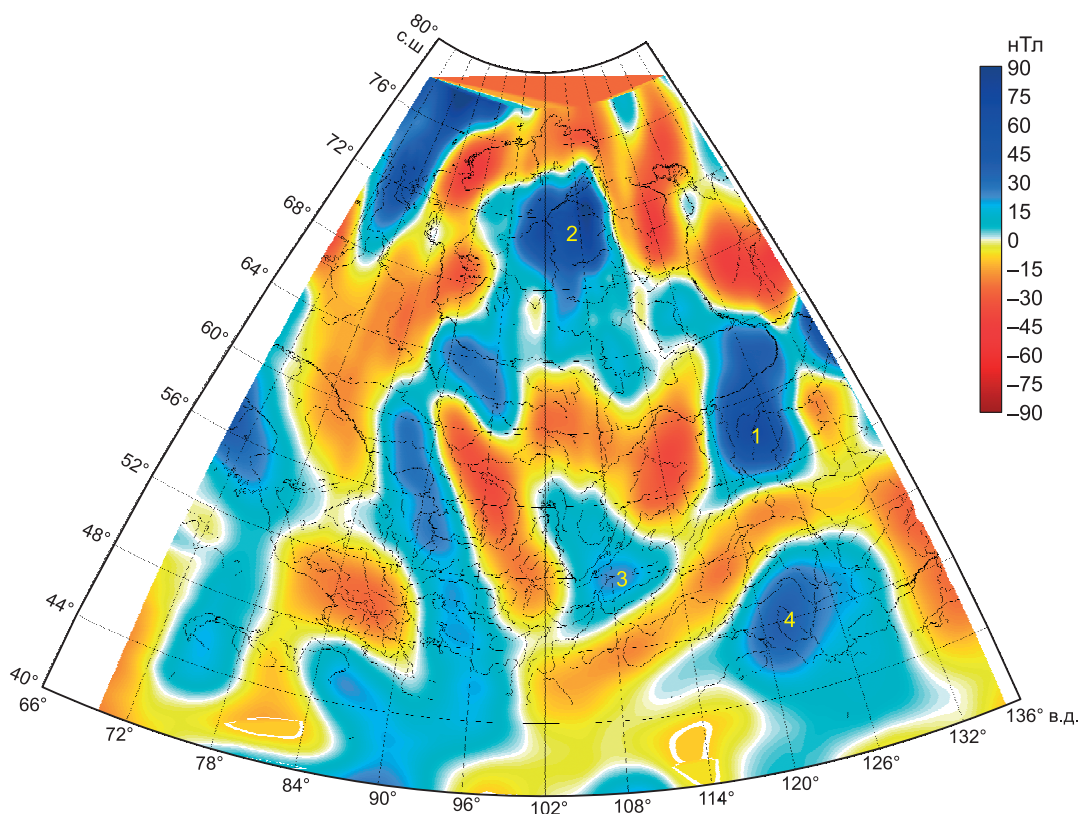


Рис. 5. Глубоко осредненные спутниковые магнитные аномалии Сибирского кратона и его складчатого обрамления (наши данные).

Номера спутниковых аномалий: 1 — Алданская, 2 — Анабарская, 3 — Прибайкальская, 4 — Хинганская.

Таким образом, формирование крупнейшей зоны проявления глубинного мезозойского щелочного магматизма, контролируемого рифтогенными разломами северо-восточного простирания, связано с образованием двух крупных плюмовых магматических ареалов — Алданского и Прибайкальского.

Рассматриваемая крупнейшая зона развития мезозойского глубинного щелочного магматизма накладывается на раннепалеозойские структуры Енисейско-Саяно-Байкальского складчатого пояса, что, по-видимому, имело следствием увеличение здесь мощности литосферы до 125 км [Зорин, Турутанов, 2004] и слабое проявление молодых процессов рифтогенеза. К полосе градиентов мощности литосферы (75—125 км) приурочены краевые глубинные рифтогенные разломы, отделяющие рассматриваемую область развития мезозойского щелочного магматизма от молодого (неоген-четвертичного) Саяно-Байкальского сводового поднятия, осложненного Байкальской рифтовой зоной.

Южнее рассмотренной региональной зоны развития мезозойского щелочного магматизма располагается Хэнтэй-Даурский гранитный батолит также мезозойского возраста (см. рис. 1, 2, 4). Он приурочен к одноименному поднятию и сложен гранитоидами широкого спектра составов, от гранодиоритов до лейкогранитов, в подчиненном количестве распространены габбро и диориты.

Южное обрамление Хэнтэй-Даурского батолита выражено системой прогибов, в строении которых участвуют субщелочные породы вулканических (базальт-трахит-трахидацитовые, базальт-командитовые) и plutonic гранитоидных ассоциаций. Распространение пород контролируется протяженным поясом разломов и сопряженных с ними впадин северо-восточного простирания.

В магнитном поле с радиусом осреднения 50 км (см. рис. 2) пояс выражен единой протяженной слабоинтенсивной магнитной аномалией.

К западу от Хэнтэй-Даурского батолита располагается Хангайский зональный магматический ареал позднепалеозойского возраста, сложенный крупными массивами гранодиоритов, габбро и габбро-диоритов (см. рис. 4). Хангайский батолит в поле низкочастотных магнитных аномалий (см. рис. 2) выражен слабоинтенсивными положительными аномалиями простой формы, осложняющими также слабоинтенсивный отрицательный региональный фон с минимальными значениями напряженности в

районе проекции стволочной части кайнозойского плюма. В поле высокочастотных магнитных аномалий (см. рис. 1) Хангайскому батолиту отвечают сложные, мозаичные аномалии разного знака, отражающие широкое развитие относительно слабомагнитных и немагнитных гранитоидных комплексов. Хэнтэй-Даурский и Хангайский батолиты располагаются в области обширной региональной, отрицательной изостатической аномалии, которой соответствует также региональная, отрицательная аномалия магнитного поля (см. рис. 2)

В поле гравитационных аномалий Фая с радиусом осреднения 400 км (см. рис. 3) между Хангайским и Хэнтэйским кульминациями рельефа, к которым приурочены проекции стволочных частей кайнозойских плюмов, выделяется сложная субмеридиональная зона низких значений напряженности гравитационного поля (порядка 60 мГл), контролируемая системой региональных глубинных разломов. Из Центральной Монголии зона гравитационных минимумов прослеживается к северу, включает интенсивные минимумы силы тяжести Южно-Байкальской и Северо-Байкальской котловин и прилегающие участки Иркутского амфитеатра (см. рис. 3).

Установленная термальность неоднородность мантии в пределах Байкало-Монгольской области с максимальными значениями геотермического градиента в пределах Центральной Монголии и Южного Прибайкалья [Глебовицкий и др., 2007] находится в соответствии с приведенными выше региональными геофизическими характеристиками Хангайского и Хэнтэй-Даурского магматических ареалов, высоким положением (75 км) астеносферного выступа здесь и хорошо выраженными кульминациями рельефа, к которым приурочены горизонтальные сечения стволочных частей кайнозойских плюмов [Зорин, Турутанов, 2004].

Обширный минимум аномалий Фая окаймляет с северо-востока Саяно-Байкальское сводовое поднятие, выраженное максимумами силы тяжести. Природа минимумов здесь, по мнению Ю.А. Зорина, определяется существованием под складчатой областью, расположенной между Сибирским кратоном и докембрийским блоком Монголии, перед началом рифтогенеза сравнительно невысокого выступа астеносферы, апикальная часть которой приурочена к широкой шовной зоне между каледонидами и платформой [Зорин, Турутанов, 2004].

На рассматриваемой карте аномалий Фая с радиусом осреднения 400 км, а также на совмещенной с нею карте региональных изостатических аномалий (см. рис. 3) хорошо видно возрастание значений гравитационного поля в восточном направлении, что соответствует снижению интенсивности молодых процессов в этом направлении. Восточная граница распространения молодых процессов активизации может быть проведена по глубинным региональным разломам субмеридионального направления, разделяющим крупные блоки земной коры: Алдано-Становой и Сино-Корейский с дорифейским возрастом фундамента и мезозойским возрастом преобразования коры и складчатых систем каледонского возраста, в пределах которых проявились интенсивно новейшие процессы активизации и рифтогенеза. Эти крупные блоки имеют существенно различные геофизические характеристики на рассматриваемом глубинном срезе (см. рис. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совместный анализ геолого-петрологических, тектонических, геохронологических, а также геофизических данных, полученных по результатам спутниковых съемок крупных магматических ареалов Монголо-Забайкальской провинции Центрально-Азиатского складчатого пояса, позволяет сделать следующие выводы.

Формирование крупнейшего Монголо-Забайкальского пояса проявления мезозойского глубинного щелочного магматизма, контролируемого рифтогенными разломами северо-восточного простирания, связано с развитием двух крупных ареалов плюмового магматизма также мезозойского возраста — Алданского и Прибайкальского. Глубинный характер плюмового магматизма и его щелочная специфика хорошо выражены на карте региональных магнитных аномалий с большим радиусом осреднения.

Рассматриваемая крупнейшая зона развития мезозойского глубинного щелочного магматизма накладывается на раннепалеозойские структуры Енисейско-Саяно-Байкальского складчатого пояса, что, по-видимому, имело следствием увеличение здесь мощности литосферы до 125 км и слабое проявление молодых процессов рифтогенеза.

В поле гравитационных аномалий Фая с радиусом осреднения 400 км плюмовые магматические ареалы (в особенности Алданский и Хинганский) выражены обширными максимумами силы тяжести интенсивностью до 60 мГл, что показывает высокую плотность мантии под крупными плюмами на достаточно больших глубинах.

Особенности региональных геофизических характеристик ареалов плюмового магматизма позднепалеозойского (Хангайский батолит) и мезозойского (Хэнтэй-Даурский) возрастов определяются в значительной степени расположением их в области активного развития новейших процессов активизации.

Геофизические данные (региональные изостатические аномалии и аномалии Фая с большим радиусом осреднения, см. рис. 3) позволяют выделить область наиболее интенсивного проявления новейших процессов. На востоке ее граница может быть проведена по глубинным региональным разломам субмеридионального простирания, разделяющим крупные массивы коры, различающиеся по возрасту ее формирования и преобразования, — Алдано-Становой и Сино-Корейский с дорифейским возрастом фундамента и мезозойским возрастом преобразования коры и каледонский блок (структуры Енисейско-Саяно-Байкальского пояса), в пределах которого проявились молодые процессы активизации.

Северо-западная и юго-восточная границы рассматриваемого пояса щелочного плюмового магматизма мезозойского возраста проходят по глубинным рифтогенным разломам, совпадающим с зонами градиентов мощности литосферы. С северо-запада рассматриваемый мезозойский пояс граничит с Саяно-Байкальским сводовым поднятием, осложненным Байкальской рифтовой системой. Юго-восточная граница прослеживается по северному фасу молодых горных поднятий Центральной Монголии, формирование которых связано с воздействием плюмов на подошву литосферы.

Работа выполнена при поддержке междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 76.

ЛИТЕРАТУРА

Артемьев М.Е. Изостатические аномалии силы тяжести и некоторые вопросы их геологической интерпретации. М., Наука, 1966, 136 с.

Витте Л.В. Типы континентальной земной коры и история их развития. Новосибирск, Наука, 1981, 209 с.

Витте Л.В. Магнитная модель Центральной провинции Алданского щита. Новосибирск, 1989, 38 с. (Препринт/ИГиГ СО АН СССР; № 8).

Витте Л.В., Мосиенко Б.А. О природе магнитных аномалий Алданского щита // Геология и геофизика, 1977 (3), с. 125—129.

Витте Л.В., Василевский А.Н., Павлов Е.В. Региональные магнитные и гравитационные аномалии Сибирского кратона и их геологическая природа // Геофизический журнал, 2009, т. 31, № 6, с. 1—40.

Глебовицкий В.А., Никитина Л.П., Салтыкова А.К., Пушкарев Ю.Д., Овчинников Н.О., Бабушкина М.С., Ащепков И.В. Термальная и химическая неоднородность верхней мантии Байкало-Монгольского региона // Петрология, 2007, т. 15, № 1, с. 61—92.

Добрецов Н.Л. Мантийные плюмы и их роль в формировании анорогенных гранитоидов // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (12), с. 1243—1261.

Занвилевич А.Н., Литвиновский Б.М., Андреев Г.В. Монголо-Забайкальская щелочно-гранитоидная провинция. М., Наука, 1985, 231 с.

Зорин Ю.А., Турутанов Е.Х. Региональные изостатические аномалии силы тяжести и мантийные плюмы в южной части Восточной Сибири (Россия) и в Центральной Монголии // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (10), с. 1248—1258.

Зорин Ю.А., Балк Т.В., Новоселова М.Р., Турутанов Е.Х. Толщина литосферы под Монголо-Сибирской горной страной и сопредельными регионами // Физика Земли, 1988, № 7, с. 33—42.

Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Хаин Е.В., Ковач В.П., Бережная Н.Г., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В. Этапы и тектоническая обстановка формирования кристаллических комплексов ранних каледонид Озерной зоны Монголии // Геотектоника, 2002, № 2, с. 80—95.

Козаков И.К., Ковач В.П., Ярмолюк В.В., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Загорная Н.Ю. Коробразующие процессы в геологическом развитии Тувино-Монгольского массива: Sm-Nd изотопные и геохимические данные по гранитоидам // Петрология, 2003, т. 11, № 5, с. 491—511.

Крутиховская З.А., Елисеева С.В., Марковский В.С. Исследование региональных магнитных аномалий древних щитов // Исследование региональных магнитных аномалий платформенных областей. Киев, Наук. думка, 1984, с. 89—96.

Максимов Е.П., Угрюмов А.Н. Мезозойские магматические формации Алданского щита // Советская геология, 1971, № 7, с. 107—119.

Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. Новосибирск, Наука, 252 с.

Пигин А.П., Березина С.В. Глобальная модель геоида EGM2008, предварительный анализ, 2008, http://www.credo-dialogue.com/getattachment/06877820-f46e-4cf9-8fc6-cc073312a641/global_naya-model_-geoida-EGM2008.aspx.

Проблемы тектоники Центральной Азии. М., ГЕОС, 2005.

Худолей А.К., Сирс Д., Чемберлен К., Мак Лиин Д., Прокопьев А.В., Ковач В.П., Загорная Н.Ю., Кропачев А.П., Серкина Г.Г. Эволюция восточной окраины Сибирской платформы в протерозое по данным U-Pb и Sm-Nd изотопно-геохронологических исследований рифейско-нижнекембрийских толщ Сетте-Дабана // *Фундаментальные проблемы геотектоники*. Т. II. М., ГЕОС, 2007, с. 335—338.

Цыганков А.А., Матуков Д.И., Бережная Н.Г., Ларионов А.Н., Посохов В.Ф., Цыренов Б.Ц., Хромов А.А., Сергеев С.А. Источники магм и этапы становления позднепалеозойских гранитоидов Западного Забайкалья // *Геология и геофизика*, 2007, т. 48 (1), с. 156—180.

Шарапов В.Н., Мазуров М.П., Перепечко Ю.В. Модельный анализ трапповых мантийно-коровых рудно-магматических систем Сибирской платформы // *Геология и геофизика*, 2008, т. 49 (12), с. 1205—1226.

Ярмолюк В.В., Коваленко В.И. Позднемезозойский-кайнозойский внутриплитный магматизм Центральной и Восточной Азии (природа, динамика развития, вулканическая опасность) // *Геология и геофизика*, 1995, т. 36 (8), с. 132—141.

Ярмолюк В.В., Коваленко В.И. Глубинная геодинамика, мантийные плюмы и их роль в формировании Центрально-Азиатского складчатого пояса // *Петрология*, 2003, т. 11, № 6, с. 556—586.

Ярмолюк В.В., Кузьмин М.И. Позднепалеозойский и раннемезозойский редкометалльный магматизм Центральной Азии: этапы, области и обстановки формирования // *Геология рудных месторождений*, 2012, т. 54, № 5, с. 375—399.

Ярмолюк В.В., Литвиновский Б.А., Коваленко В.И., Бор-мин Джань, Занвилевич А.Н., Воронцов А.А., Журавлев Д.З., Посохов В.Ф., Кузьмин Д.В., Сандмирова Г.П. Этапы формирования и источники щелочно-гранитоидного магматизма Северо-Монгольско-Забайкальского рифтового пояса в перми и триасе // *Петрология*, 2001, т. 9, № 4, с. 350—380.

Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Козловский А.М., Воронцов А.А., Саватенков В.В. Позднепалеозойская-раннемезозойская рифтовая система Центральной Азии: состав и источники магматизма, закономерности формирования и геодинамика // *Проблемы тектоники Центральной Азии*. М., ГЕОС, 2005, с. 197—236.

Andersen O.B., Knudsen P., Berry P. The DNSC08 ocean wide altimetry derived gravity field. Presented at EGU-2008, Vienna, Austria, 2008, 14 p.

Hemant K. Modelling and interpretation of global lithospheric magnetic anomalies. Digital dissertation. Berlin, 2003, 137 p. <http://www.diss.fuberlin.de/2003/270/indexe.html>.

Hemant K., Maus S. Geological modeling of the new CHAMP magnetic anomaly maps using a geographical information system technique // *J. Geophys. Res.*, 2005, v. 110, B12103, doi 10.1029/2005JB003837.

Hemant K., Thebault E., Manda M., Ravat D., Maus S. Magnetic anomaly map of the world merging satellite, airborne, marine and ground-based magnetic data sets // *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2007, v. 260, p. 56—71.

Maus S., Barckhausen U., Berkenboese H., et al. EMAG2: a 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements // *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 2009, v. 10, Q08005, doi:10.1029/2009GC002471.

*Рекомендована к печати 21 февраля 2013 г.
Н.Л. Добрецовым*

*Поступила в редакцию
7 сентября 2012 г.*