



УДК 550.83: 553.521

**ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ХЭНТЭЙ-ДАУРСКОГО ГРАНИТОИДНОГО ПЛУТОНА (МОНГОЛИЯ–РОССИЯ) ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ**© **Е.Х. Турутанов**<sup>1</sup>Институт земной коры СО РАН,  
661033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.Иркутский государственный технический университет,  
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Определение формы и размеров Хэнтэй-Даурского гранитоидного плутона выполнено с помощью гравитационных (декомпенсационных) аномалий силы тяжести, вычисленных по специально разработанной в лаборатории комплексной геофизики ИЗК СО РАН (г. Иркутск) методике. Горизонтальные размеры плутона составляют 50÷300×900 км, площадь проекции батолита на земную поверхность достигает 140000 км<sup>2</sup>, его мощность (толщина) превышает 20 км (при средней величине в 5÷7 км), объем тела – около 850000 км<sup>3</sup>. По всем геометрическим параметрам этот плутон сопоставим с крупнейшими гранитоидными батолитами Земли.

Ил. 14. Библиогр. 17 назв.

*Ключевые слова: Монголия; аномалия силы тяжести; гранитный плутон; форма; размеры.***KHENTEI-DAUR GRANITOID PLUTON (MONGOLIA-RUSSIA) DEEP STRUCTURE BY GRAVITY DATA****E. Kh. Turutanov**Institute of the Earth's Crust SB RAS,  
128 Lermontov St., Irkutsk, 661033, Russia.Irkutsk State Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The shape and size of Khentei-Daur granitoid pluton is determined through gravity (decompensation) anomalies of the gravity force calculated by the procedure, which has been specially developed in the Laboratory of Complex Geophysics at IEC SB RAS (Irkutsk). The horizontal dimensions of the pluton are 50÷300×900, the area of batholith projection on the Earth's surface reaches 140000 km<sup>2</sup>, its power (thickness) is greater than 20 km (with the average size of 5÷7 km), the volume of the body is about 850000 km<sup>3</sup>. By all geometrical parameters, the pluton is comparable to the largest granitoid batholiths on the Earth.

14 figures. 17 sources.

*Keywords: Mongolia; gravity anomaly; granite pluton; shape; dimensions.***Введение**

Гранитообразование представляет собой сложный эндогенный процесс, конечным результатом которого является формирование огромного объема пород кислого состава (SiO<sub>2</sub>>53%). Мировой опыт изучения гранитоидов показал, что наиболее полно разнообразие их составов и условий образования проявляется в батолитах, в которых сосредоточен основной объем фанерозойских гранитоидов. Гранитоидные батолиты представляют собой крупные, уплощенные по вертикали интрузивные тела мезоабиссальной фации глубинности, с которыми зачастую связаны промышленные месторождения полезных ископаемых. Происхождение громадных гранитоидных батолитов относится к числу наиболее дискуссионных вопросов геологии, геохимии и петрологии магматических пород. Решить эти вопросы можно только комплексно, с привлечением сведений о возрасте гранитов и метаморфических событий, а также геофизических данных о глубинной морфологии гранитных тел, позволяющих судить об

объемах гранитоидного магматизма и масштабах геодинамических процессов. В Монголо-Сибирском регионе такие данные получены с помощью гравиметрии [2–4; 7; 8; 10; 11; 15; 16].

Определение формы и размеров крупных плотностных неоднородностей верхней части земной коры гравиметрическим методом сопряжено с рядом специфических особенностей. Гравитационное влияние глубинных масс, компенсирующих крупные плотностные неоднородности верхней части земной коры, заметно снижает величины аномалий силы тяжести, наблюдаемых над такими геологическими объектами. В результате при интерпретации гравитационных аномалий происходит уменьшение вертикальной мощности (толщины) геологических тел. Для объектов шириной в несколько километров подобным искажением поля силы тяжести можно пренебречь, но когда горизонтальные размеры плотностных неоднородностей превышают 50–100 км, интенсивность аномалий может измениться весьма значительно, что приведет к

<sup>1</sup>Турутанов Евгений Хрисанфович, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией комплексной геофизики ИЗК СО РАН, доцент кафедры технологии геологической разведки ИргТУ, тел.: 89086611976, e-mail: tur@crust.irk.ru  
Turutanov Evgeny, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Head of the Laboratory of Complex Geophysics at IEC SB RAS, Associate Professor of the Department of Geological Prospecting Technology of ISTU, tel.: 89086611976, e-mail: tur@crust.irk.ru



неверной оценке объема геологических тел [3; 4; 12]. Именно к таким телам относится Хэнтэй-Даурский плутон, латеральные размеры которого составляют многие сотни километров.

Для интерпретации гравиметрических данных нами были использованы гравитационные декомпенсационные аномалии. Это изостатические аномалии силы тяжести, трансформированные особым способом, в которых элиминированы не только влияния компенсации топографического рельефа, но и гравитационные эффекты предпологаемой локальной компенсации плотностных неоднородностей верхней части земной коры [3; 12]. Физический смысл таких аномалий заключается в том, что они освобождены от гравитационного воздействия компенсационных масс и практически не содержат региональный фон, обусловленный особенностями глубинного строения, то есть в них в наиболее «чистом» виде отражается гравитационное влияние крупных геологических объектов, расположенных в верхней части земной коры [3; 12; 16].

По специальной методике [3; 12; 15] была построена карта декомпенсационных аномалий силы тяжести Монголо-Сибирского региона (рис. 1). Согласно этой карте, Хэнтэйский (Монголия) и Даурский (Россия) синклинии отмечаются интенсивными отрицательными аномалиями силы тяжести, амплитуда которых сопоставима и достигает  $-40$  мГал. Эти аномалии целиком совпадают с площадями выходов Хэнтэйских и Даурских гранитоидов, что позволяет считать последние аномалиеобразующими объектами.

Количественная интерпретация гравитационных минимумов была выполнена в предположении, что все они соответствуют влиянию крупных гранитоидных плутонов, и осуществлялась методом подбора

(проб и ошибок) с помощью инверсии декомпенсационных аномалий способом наименьших квадратов при аппроксимации геологических тел ограниченными по простиранию трехмерными горизонтальными призмами с вертикальными сечениями, имеющими форму многоугольников, по программе для полигональных призм [13; 17]. Во всех вариантах интерпретации удалось согласовать наблюдаемое и теоретическое гравитационное поле со среднеквадратическим отклонением не более  $\pm 2$  мГал. Хэнтэй-Даурский батолит сложен известково-щелочными гранитоидами (227–207 млн лет) [5]. Средняя плотность гранитоидов для различных массивов, слагающих Хэнтэй-Даурский плутон, практически одинакова и с учетом заполнения части порового пространства водой, как и для других крупных гранитоидных тел Монголо-Сибирского региона, принята равной  $2,62 \text{ г/см}^3$  [1; 4]. Средняя плотность вмещающих осадочных и осадочно-вулканогенных метаморфизованных толщ на большей части территории исследований соответствует интервалу  $2,66\text{--}2,82 \text{ г/см}^3$  [1; 4]. Учитывая вышесказанное, средняя величина недостатка плотности гранитов принята равной  $-0,1 \text{ г/см}^3$ . Для территории Хэнтэй-Даурского поля гранитоидов построены модели его глубинного строения по 30 интерпретационным разрезам, в том числе двум комплексным, по которым использовались гравиметрические, магнитометрические и сейсмологические (включая данные ГСЗ) материалы.

#### Хэнтэйский регион (Монголия)

Гравитационное поле в районе Хэнтэйского нагорья имеет сложный характер, большие градиенты и интенсивность (рис. 2). По этой причине для выявления особенностей его морфологии число интерпретационных профилей было доведено до 18.

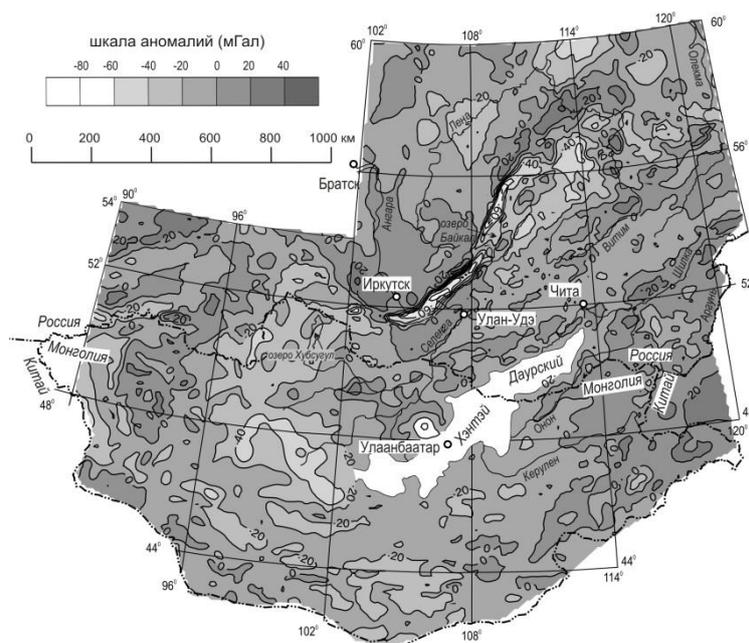
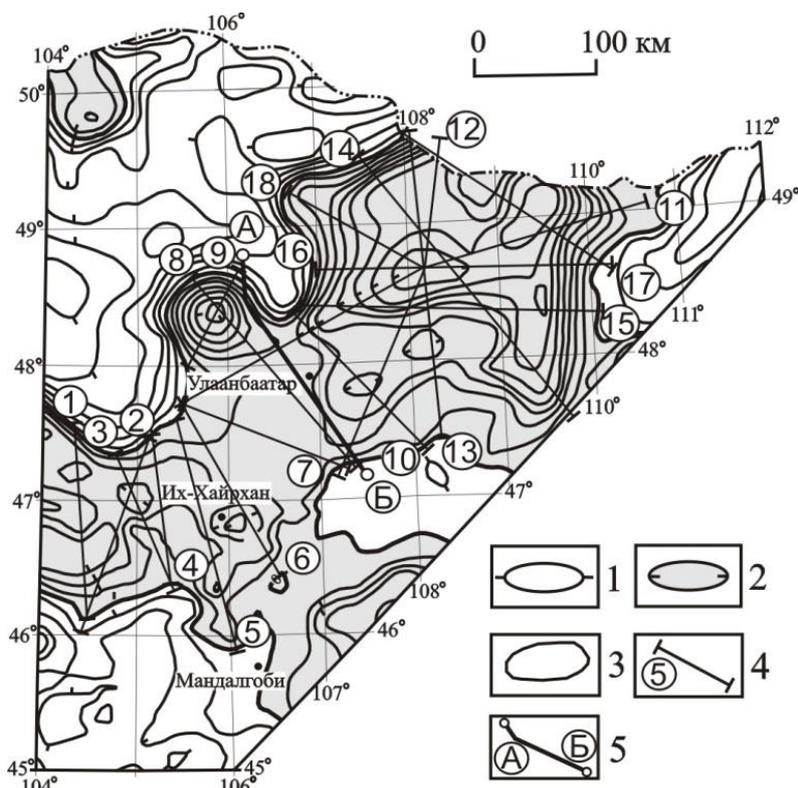


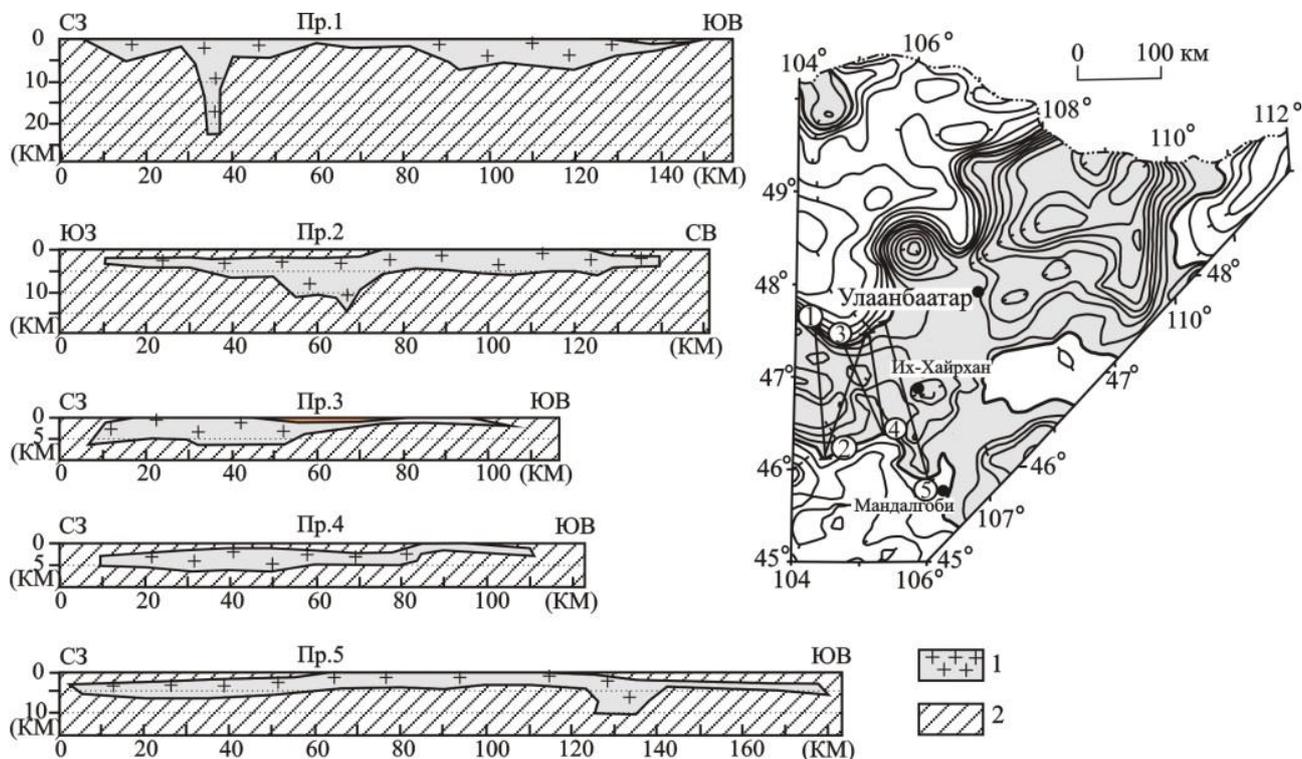
Рис. 1. Карта декомпенсационных аномалий силы тяжести Монголо-Сибирского региона (сечение изоаномал через 20 мГал) и расположение Хэнтэй-Даурского плутона (по [17] с изменениями). Белым цветом обозначена область отрицательных аномалий, наблюдаемых над Хэнтэй-Даурским плутоном



**Рис. 2. Гравитационные (декомпенсационные) аномалии района Хэнтэйского поля гранитоидов (по [10]):**  
 1 – положительные аномалии силы тяжести; 2 – отрицательные аномалии силы тяжести; 3 – изоаномалы силы тяжести (сечение через 5 мГал); 4 – интерпретационные профили; 5 – комплексный интерпретационный профиль (фрагмент Байкало-Монгольского геофизического трансекта, отрезок АБ)

Интерпретация геолого-геофизических данных по Хэнтэйскому региону осуществлена по 19 расчетным

профилям, из которых один – комплексный (см. рис. 2–6).



**Рис. 3. Интерпретационные профили 1–5 в районе Хэнтэйского поля гранитоидов:**  
 1 – гранитоиды;  
 2 – вмещающие породы земной коры со средней плотностью 2,67 г/см<sup>3</sup>

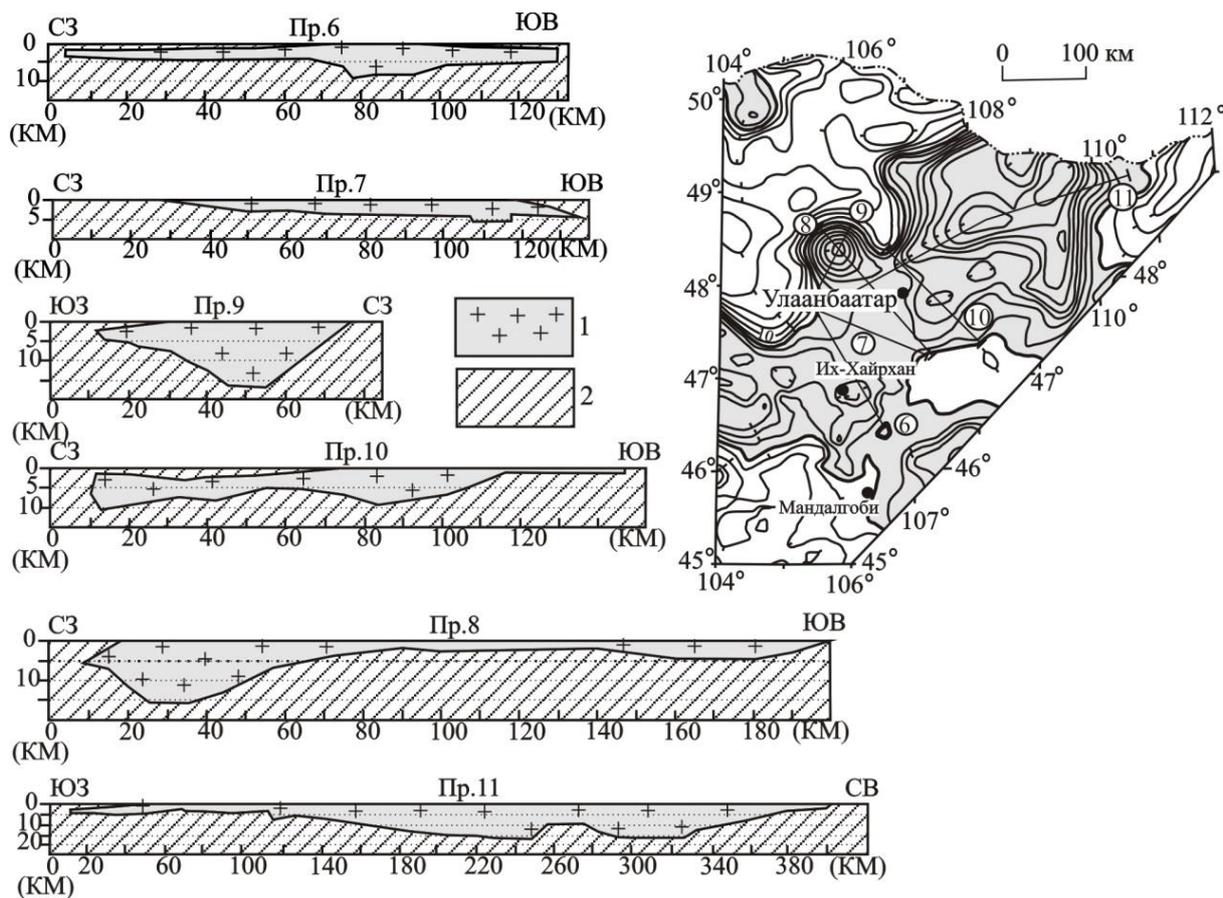


Рис. 4. Интерпретационные профили 6–11 в районе Хэнтэйского поля гранитоидов: 1 – гранитоиды; 2 – вмещающие породы земной коры со средней плотностью  $2,67 \text{ г/см}^3$

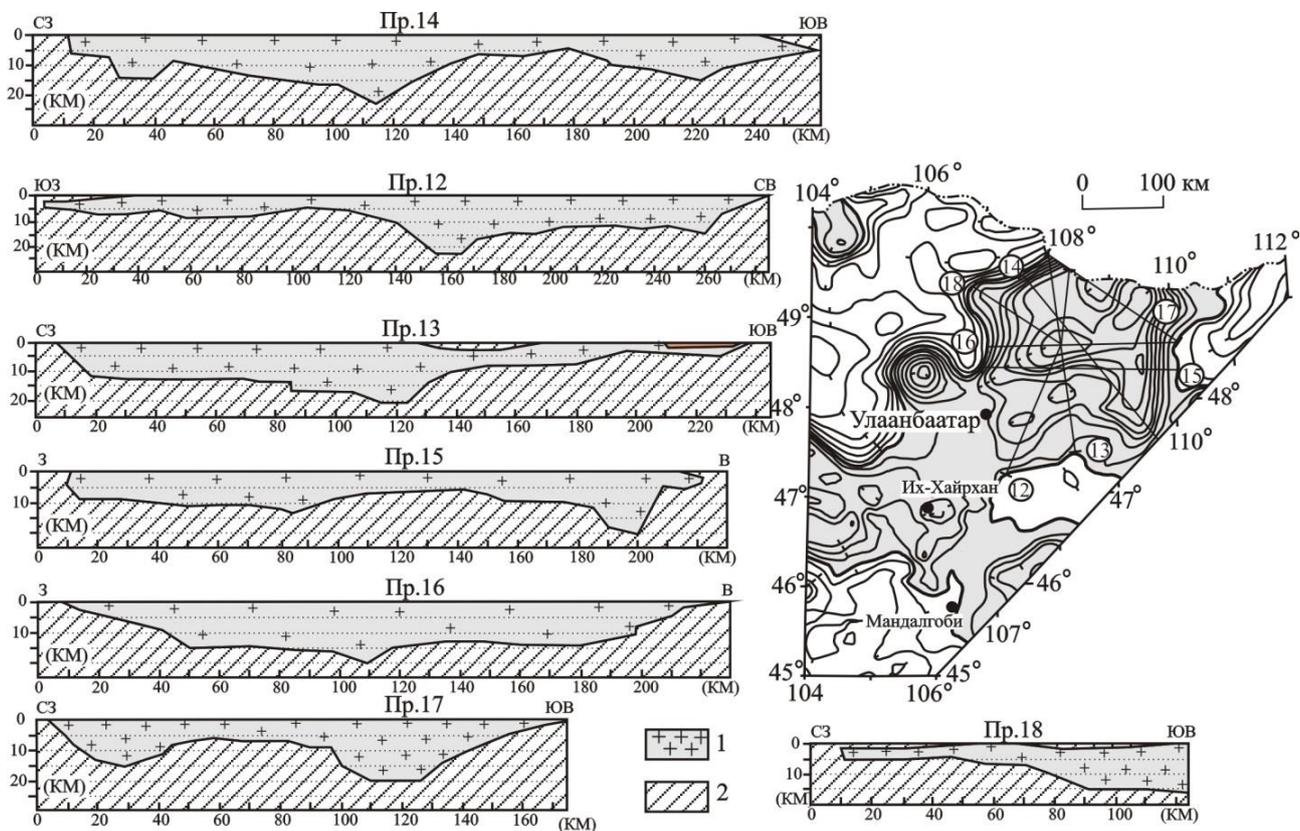


Рис. 5. Интерпретационные профили 12–18 в районе Хэнтэйского поля гранитоидов (по [10] с изменениями): 1 – гранитоиды; 2 – вмещающие породы земной коры со средней плотностью  $2,67 \text{ г/см}^3$

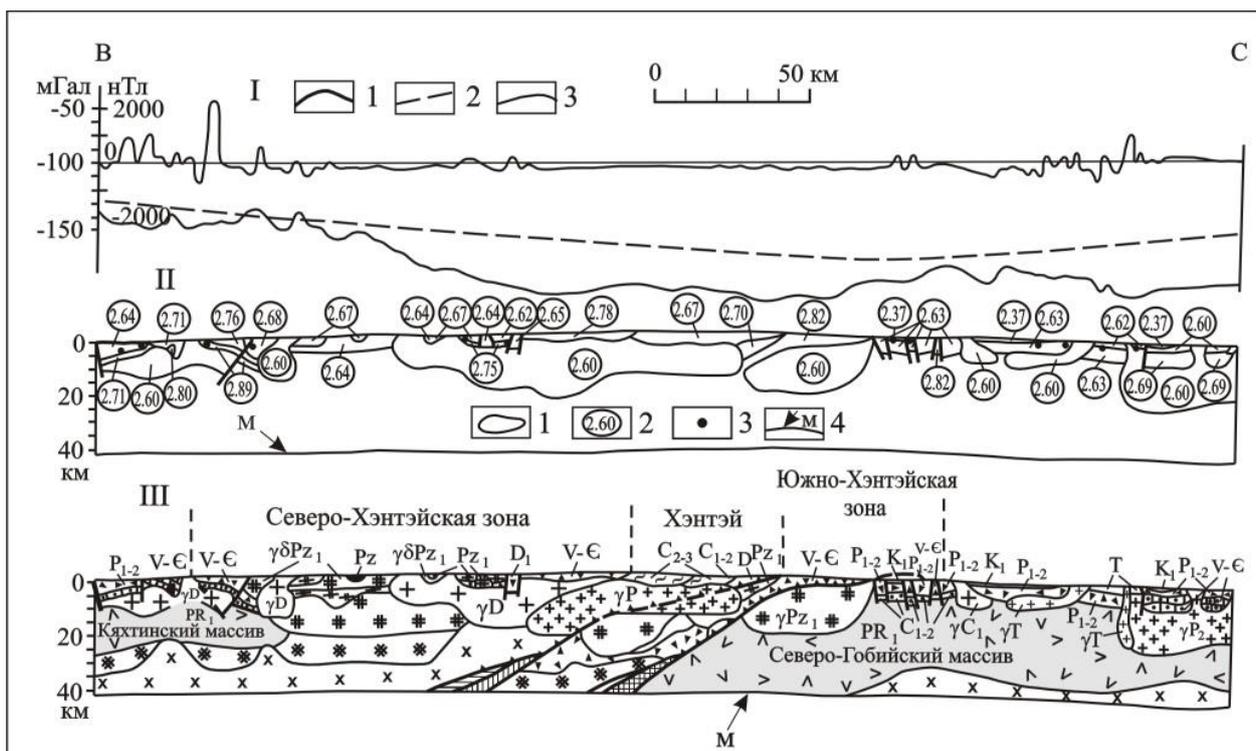


Рис. 6. Район пересечения Хэнтэйских гранитоидов Байкало-Монгольским трансектом, секция ВС (по [2]):

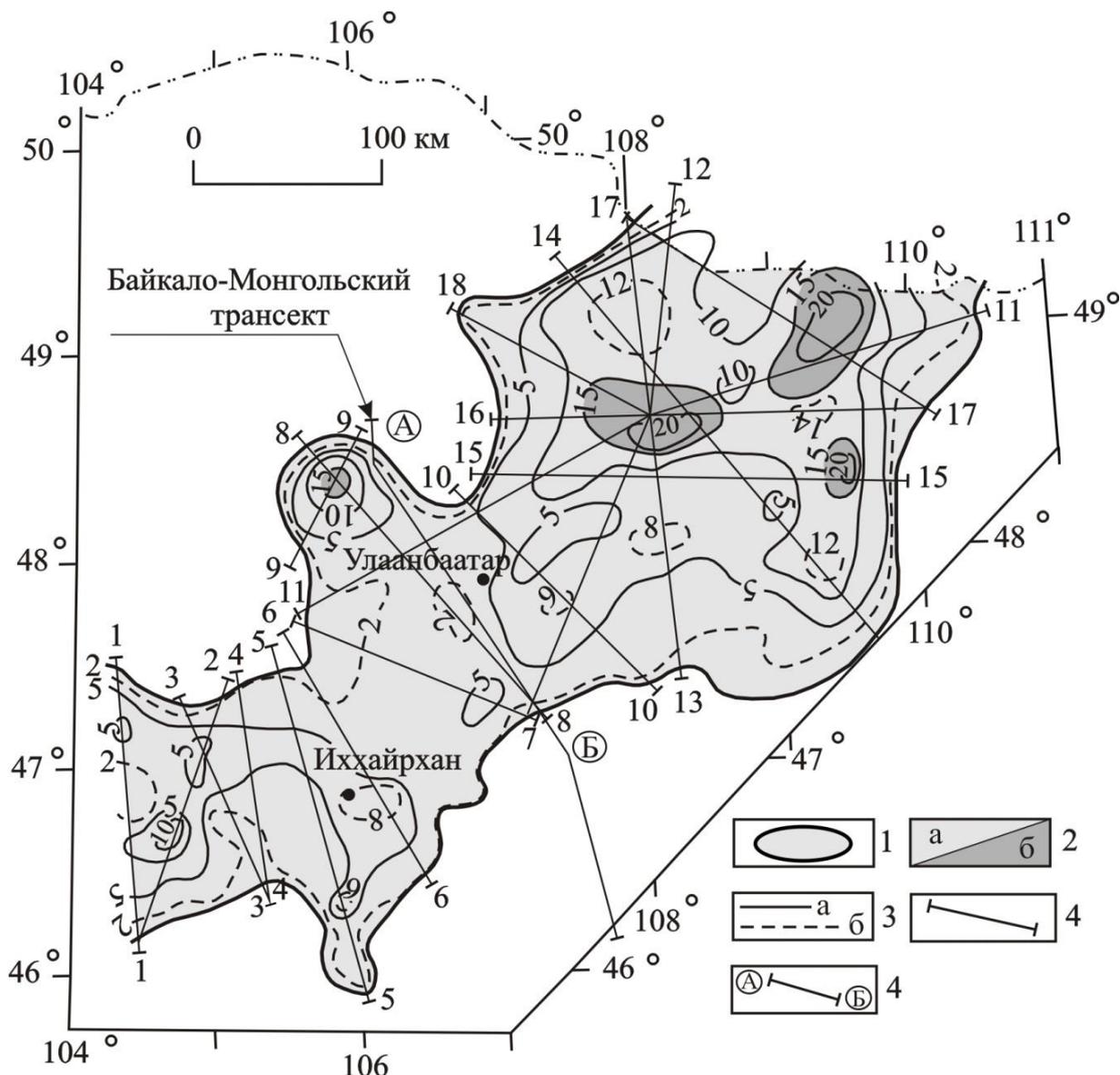
I – геофизические аномалии: 1 – гравитационные аномалии Буге; 2 – региональные гравитационные аномалии (разность между 1 и 2 представляет собой декомпенсационные аномалии, отражающие плотностную неоднородность верхней части земной коры); 3 – магнитные аномалии ( $\Delta T_a$ ). II – геофизический разрез: 1 – контуры тел, создающих декомпенсационные гравитационные аномалии; 2 – значения средневзвешенных плотностей геологических тел,  $г/см^3$ ; 3 – центры тяжести магнитных объектов; 4 – раздел Мохоровичича.

III – трансект. Формации континентальных рифтов и «горячих пятен» (1–5): 1 – позднекайнозойские кластические отложения с прослоями базальтов, 2 – позднемезозойские кластические и вулканогенно-осадочные отложения, 3 – позднепалеозойско-раннемезозойские вулканиты бимодальной серии с горизонтами кластических отложений, 4 – позднепалеозойско-раннемезозойские щелочные граниты и сиениты, 5 – основные интрузии того же возраста. Формации предгорных и межгорных прогибов орогенных этапов (6, 7): 6 – юрские континентальные отложения краевой части Сибирской платформы, 7 – среднеактивные окраины континентов (8–19): 8–10 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи позднепалеозойско-раннемезозойского (8), среднепалеозойского (9) и позднепротерозойско-раннепалеозойского (10) этапов; 11–13 – гранитоиды позднепалеозойско-раннемезозойского (11), среднепалеозойского (12) и позднепротерозойско-раннепалеозойского (13) этапов; 14–16 – основные и средние интрузии позднепалеозойско-раннемезозойского (14), среднепалеозойского (15) и позднепротерозойско-раннепалеозойского (16) этапов; 17–19 – осадочные отложения преддуговых и задуговых прогибов позднепалеозойско-раннемезозойского (17), среднепалеозойского (18) и позднепротерозойско-раннепалеозойского (19) этапов. Океанические формации (20–25): 20–22 – офиолиты позднепалеозойско-раннемезозойского (20), среднепалеозойского (21) и поздне-протерозойско-раннепалеозойского (22) этапов; 23–25 – глубоководные осадки позднепалеозойско-раннемезозойского (23), среднепалеозойского (24) и позднепротерозойско-раннепалеозойского (25) этапов. Шельфовые формации (26–28): 26 – среднепалеозойский шельф Палеотетиса, 27 – осадочный чехол Сибирской платформы (поздний протерозой – ранний палеозой). Докембрийская континентальная кора платформы и микроконтинентов (29–30): 29 – не расчлененные по составу, 30 – со значительными объемами основных пород. Разломы (31–33): 31 – сбросы и разломы неустановленной природы, 32 – надвиги, 33 – сдвиги (обозначен левосторонний сдвиг)

На рис. 6 показано разделение гравитационного поля при интерпретации на две составляющие. Первая составляющая представляет собой влияние изостатической компенсации как топографических масс, так и плотностных неоднородностей верхней части земной коры. Вторая составляющая определяется как разность между аномалиями Буге (с поправкой за рельеф) и влиянием суммарной компенсации. Она и представляет собой гравитационное влияние плотностных неоднородностей верхней части земной коры.

На основе данных геолого-геофизической интерпретации построена карта толщины Хэнтэйского поля

гранитоидов (рис. 7). Результаты количественных расчетов показали, что все крупные и ряд других, более мелких гранитных массивов, расположенных в пределах полосы пониженных значений гравитационного поля, на глубине сливаются в единое интрузивное тело. Площадь его проекции на земную поверхность составляет около  $100000 \text{ км}^2$ . Плутон протягивается на расстояние свыше 500 км при ширине, изменяющейся от 100 до 300 км. Его вертикальная мощность (толщина) изменяется по простиранию от 2 до 20 км, составляя в среднем 5–7 км.



**Рис. 7. Карта толщины гранитоидов Хэнтэйского региона (по [10] с изменениями): 1 – площадь проекции гранитоидов на земную поверхность; 2 – мощность (толщина) гранитоидов: а – от 0 до 15 км, б – свыше 15 км; 3 – изолинии толщины гранитоидов: а – основные, б – дополнительные; 4 – линии интерпретационных разрезов; 5 – линия Байкало-Монгольского трансекта, участок АБ**

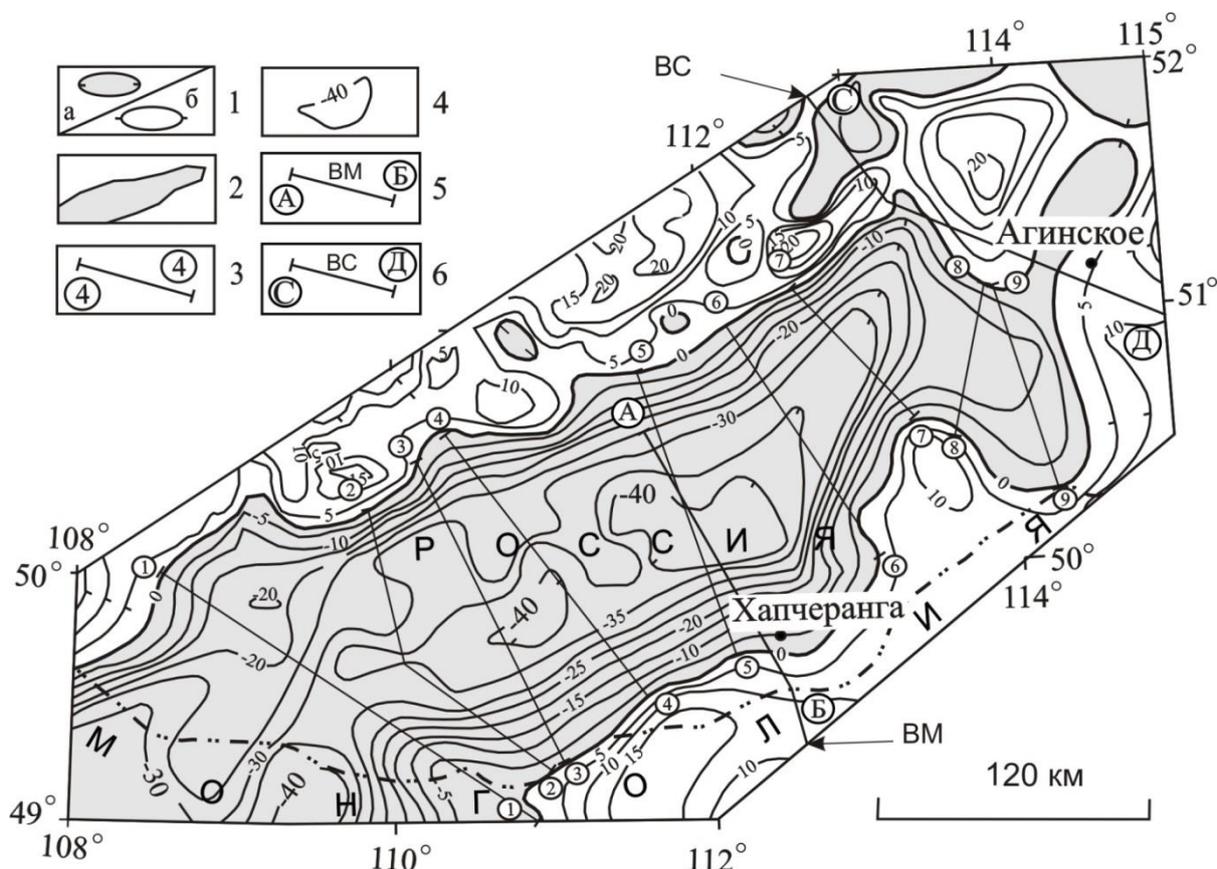
В целом интрузивное тело представляет огромную пластину со сложно построенной подошвой и субгоризонтальной кровлей. Конфигурация формы плутона подчиняется сети крупных разломов, на пересечении которых отмечается его максимальная толщина.

**Даурский регион (Россия)**

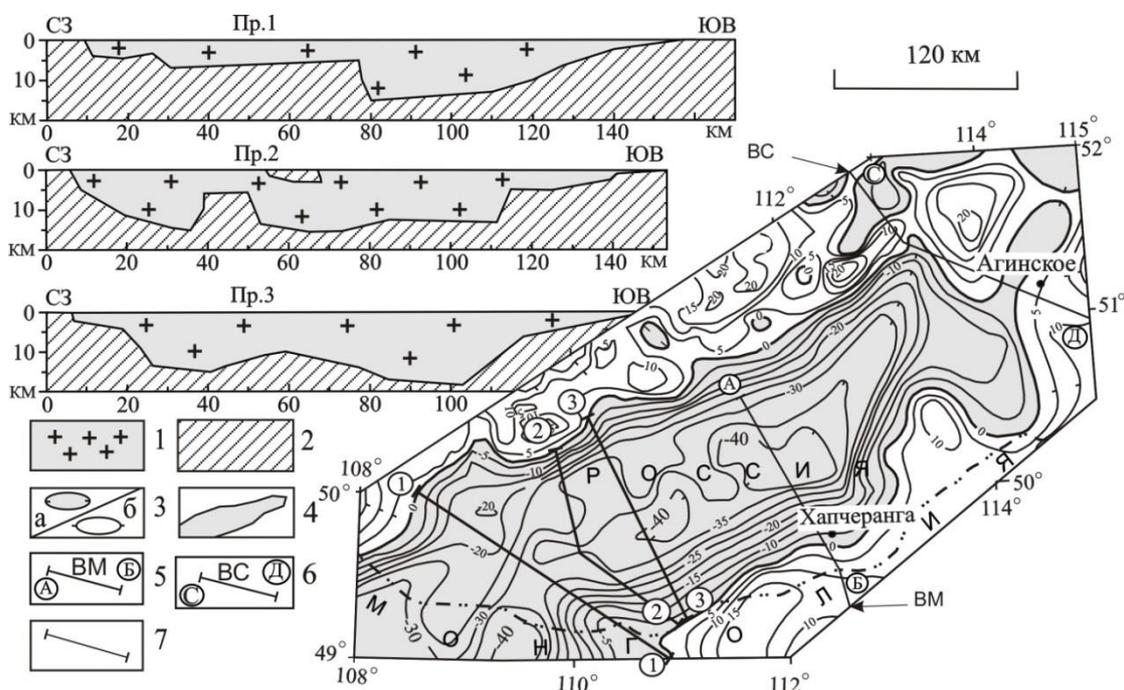
Гравитационное поле в районе Даурского синклинория имеет более спокойный характер по сравнению с полем Хэнтэйского региона. Оно также характеризуется высокой интенсивностью, но область экстремальных отрицательных значений занимает существенно большую площадь (рис. 8). Представление о форме и размерах гранитоидов на глубине получено методом подбора. Интерпретация геолого-геофизических данных осуществлена по 11 расчетным профилям, из которых два – комплексных (см. рис. 8–12).

Результаты интерпретации на участке сегмента СД Восточно-Сибирского трансекта не приводятся (ввиду их отсутствия), поскольку интенсивность гравитационной отрицательной аномалии на этом отрезке чрезвычайно мала.

На основе данных выполненной интерпретации построена карта толщины Даурского поля гранитоидов (рис. 13). Оказалось, что гранитоиды на глубине сливаются в единое интрузивное тело. Площадь его проекции на земную поверхность составляет около 40000 км<sup>2</sup>. Плутоны протягиваются на расстояние свыше 400 км при ширине, изменяющейся от 50 до 150 км. Его вертикальная мощность (толщина) изменяется по простиранию от 2 до 20 км, составляя в среднем 5–7 км. Форма плутона контролируется крупными разломами, в местах пересечения которых отмечается его максимальная толщина.



**Рис. 8. Гравитационные (декомпенсационные) аномалии в районе Даурского поля гранитоидов (по [11]):**  
 1 – аномалии силы тяжести: а – отрицательные, б – положительные; 2 – область отрицательных аномалий силы тяжести, связанных с гранитоидным плутоном; 3 – интерпретационные профили; 4 – изоаномалы силы тяжести (сечение через 5 Мгал); 5–6 – фрагменты комплексных геофизических интерпретационных разрезов: ВМ – Восточно-Монгольского (секция АБ), ВС – Восточно-Сибирского (секция СД)



**Рис. 9. Интерпретационные профили 1–3 в районе Даурского поля гранитоидов:** 1 – Даурские гранитоиды; 2 – вмещающие породы земной коры со средней плотностью 2,67 г/см<sup>3</sup>; 3 – аномалии силы тяжести: а – отрицательные, б – положительные; 4 – область отрицательных аномалий силы тяжести, связанных с гранитоидным плутоном; 5–6 – фрагменты комплексных геофизических интерпретационных разрезов: ВМ – Восточно-Монгольского (секция АБ), ВС – Восточно-Сибирского (секция СД); 7 – интерпретационные профили

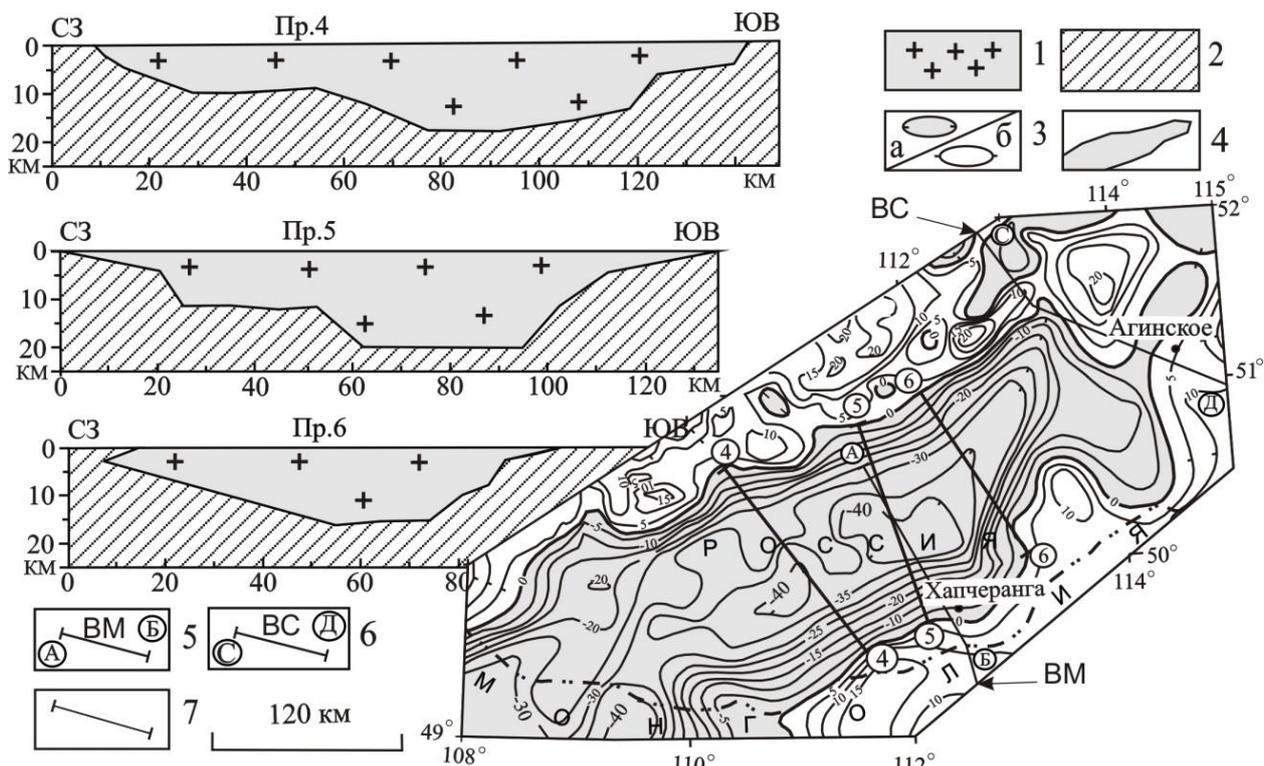


Рис. 10. Интерпретационные профили 4–6 в районе Даурского поля гранитоидов (условные обозначения см. на рис. 9)

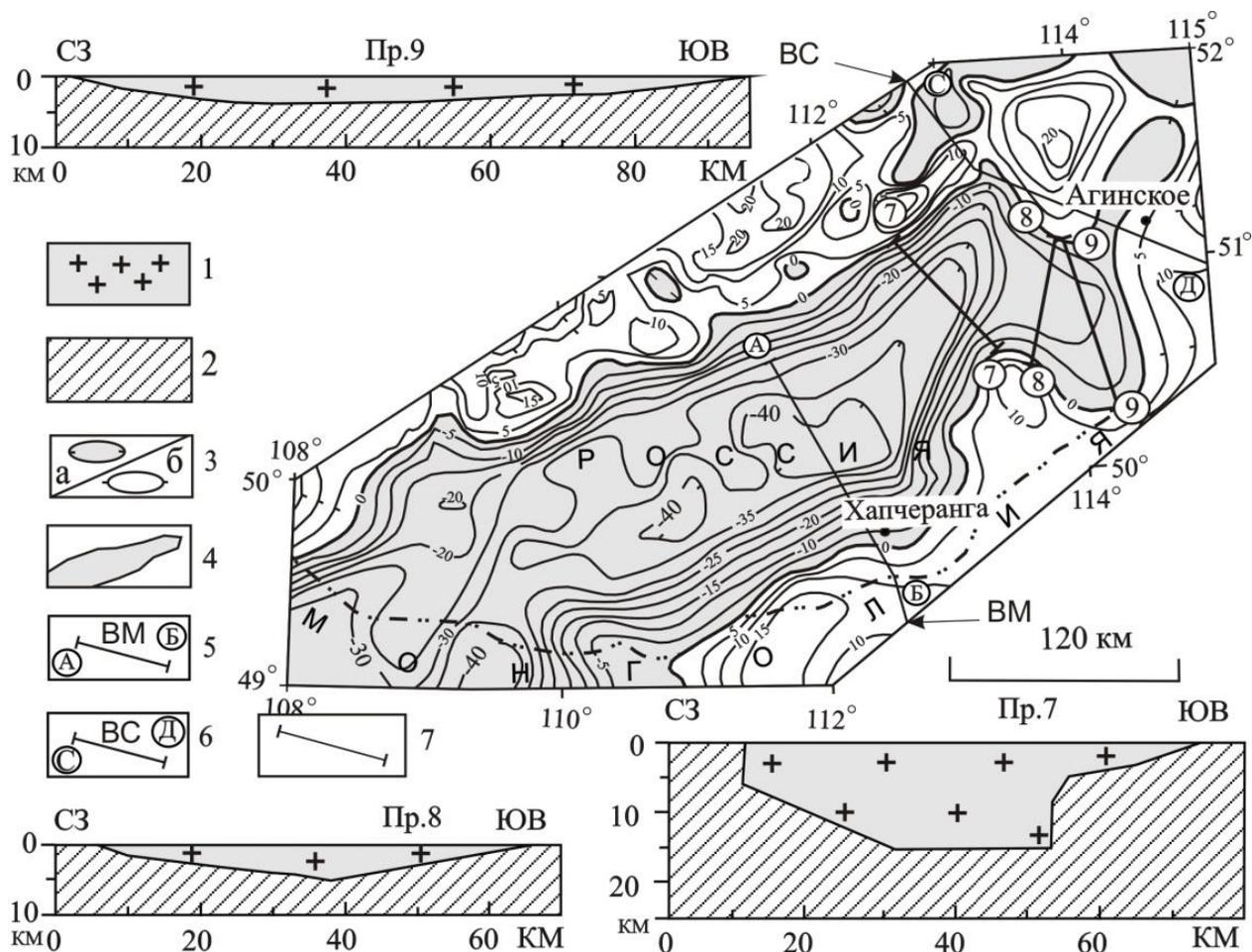


Рис. 11. Интерпретационные профили 7–9 в районе Даурского поля гранитоидов (условные обозначения см. на рис. 9)

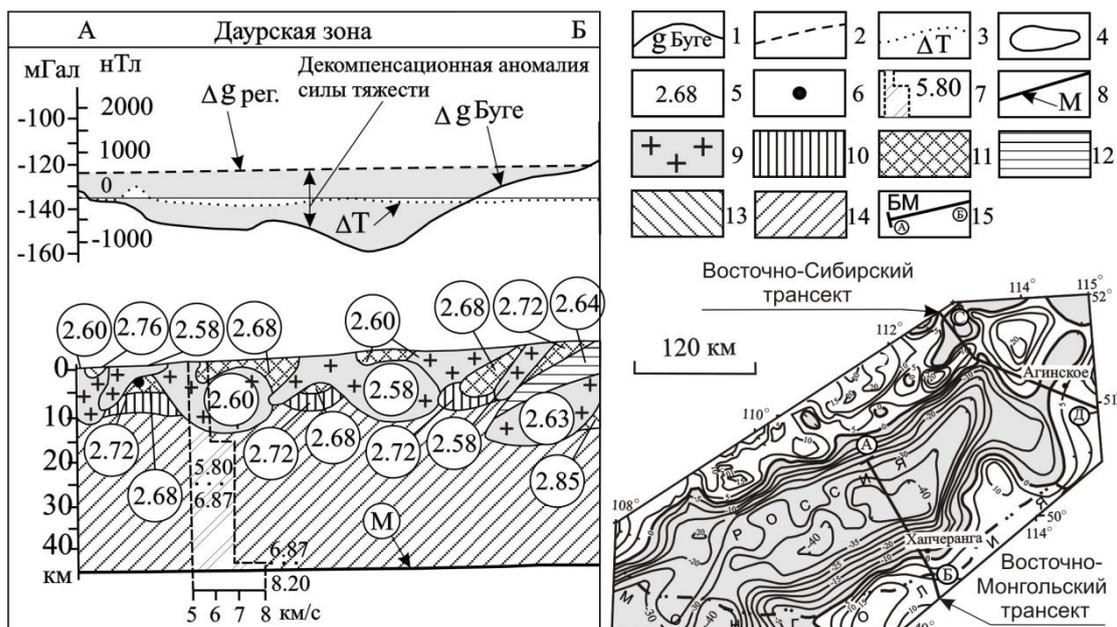


Рис. 12. Восточно-Монгольский трансект (секция АБ) в районе пересечения Давурского плутона (по [6] с изменениями): 1 – гравитационные аномалии Буге; 2 – региональные гравитационные аномалии (разность между 1 и 2 – декомпенсационные аномалии; 3 – магнитные аномалии; 4 – контуры тел, создающих гравитационные аномалии; 5 – плотности аномалиеобразующих тел,  $г/см^3$ ; 6 – центры тяжести магнитоактивных тел; 7 – сейсмический разрез (цифры – скорости Р-волн); 8 – раздел Мохо; 9 – юрские (плотность равна  $2,58 г/см^3$ ) и пермо-триасовые гранитоиды (плотность равна  $2,60 г/см^3$ ); 10 – эффузивно-осадочная толща девона; 11 – эффузивно-осадочная толща  $C_{1-2}$ ; 12 – отложения  $P_2-T_1$ ; 13 – эффузивно-осадочная толща V-Є; 14 – породы земной коры; 15 – фрагменты геофизических трансектов: Восточно-Монгольского (секция АБ) и Восточно-Сибирского (секция СД)

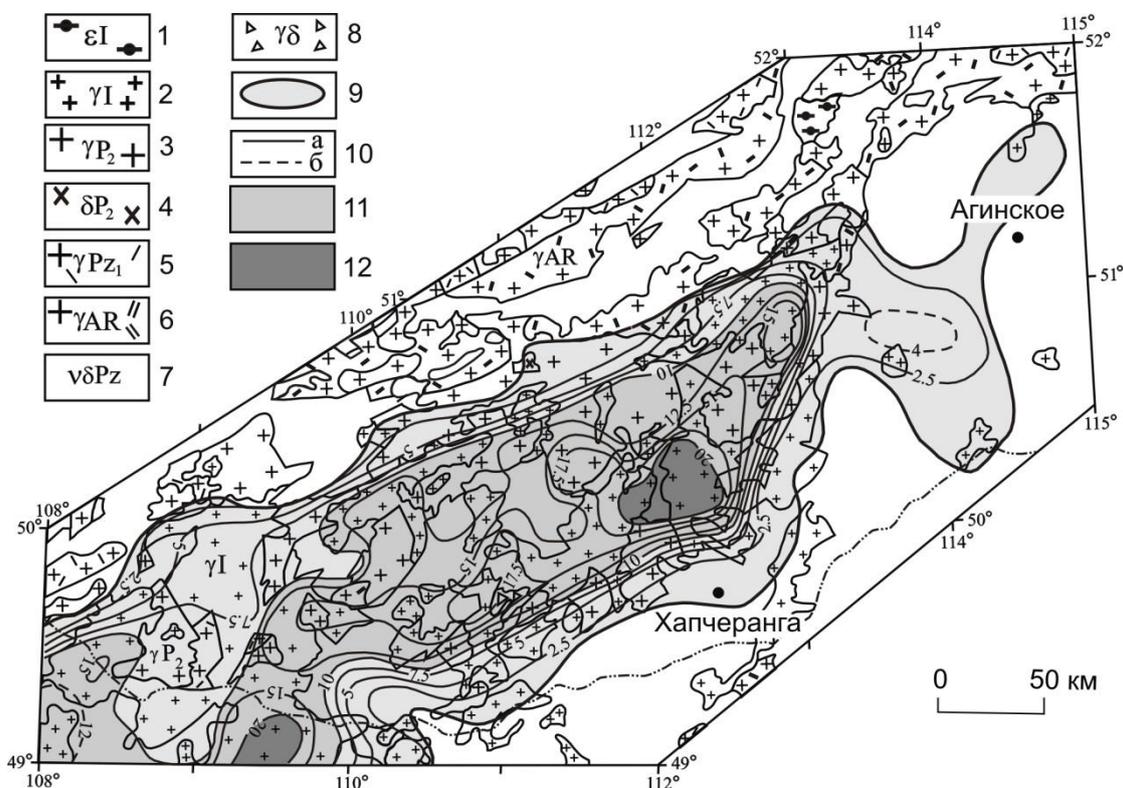


Рис. 13. Карта толщины гранитоидов Давурского региона (по [11] с изменениями): 1 – юрские сиениты; 2 – юрские граниты; 3 – пермские граниты; 4 – пермские диориты; 5 – нижнепалеозойские граниты; 6 – архейские граниты; 7 – палеозойские габбро-диориты; 8 – гранодиориты нерасчлененные; 9 – контуры проекции гранитоидов на земную поверхность, этим же крапом обозначены участки плутона с толщиной до 10 км; 10 – линии равной толщины гранитоидов: а – основные, б – дополнительные; 11 – участки с толщиной гранитоидов от 10 до 20 км; 12 – участки с толщиной гранитоидов свыше 20 км

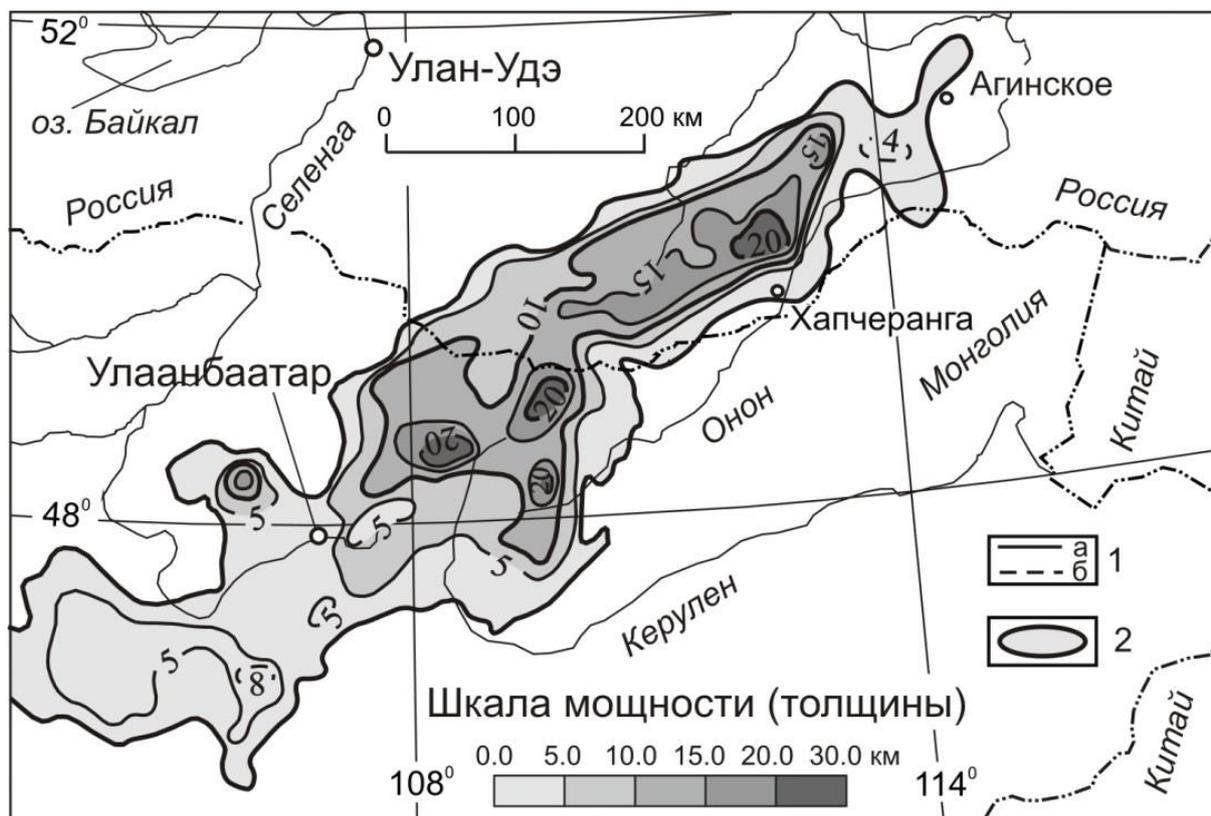


Рис. 14. Карта мощности (толщины) Хэнтэй-Даурского гранитоидного батолита: 1 – линии равной толщины гранитоидов, км: а – основные, б – дополнительные; 2 – контуры проекции плутона на земную поверхность

Обращает на себя внимание интересная особенность морфологии интрузивных тел: на участках, где их мощность увеличивается, отмечаются, как правило, и выступы кровли, и прогибы их подошвы. С одной стороны, такая закономерность хорошо соответствует концепции о «всплывании» гранитоидной магмы сквозь более плотные вмещающие породы [8; 9]. Большие недостатки масс, сосредоточенные в раздувах интрузивного тела, могли обеспечивать и большую подъемную силу, что приводило к формированию выступов кровли. С другой стороны, прогибы подошвы, по всей вероятности, соответствуют местам поступления магмы с больших глубин, то есть эти углубления маркируют положение подводных каналов.

По результатам интерпретации построена структурная схема глубинного строения Хэнтэй-Даурского гранитоидного батолита (рис. 14).

В целом это образование представляет собой огромную пластину со сложно построенной подошвой. Юго-западная часть плутона более тонкая (около 30% от протяженности всего тела), северо-восточная – наиболее массивная, с толщиной гранитоидов, превышающей 15–20 км. Общая протяженность Хэнтэй-Даурского батолита достигает 900 км. Площадь проекции гранитоидов на земную поверхность доходит до 140000 км<sup>2</sup> при ширине, изменяющейся от 50 до 300 км. Толщина гранитоидов в среднем составляет 5–7 км. Объем этого образования – около 850000 км<sup>3</sup>. Геометрические параметры Хэнтэй-Даурского батолита сопоставимы с аналогичными характеристиками крупнейших гранитоидных плутонов мира – Южно-

Патагонского [14] (Южная Америка, Анды) и Ангаро-Витимского (Россия, Восточное Прибайкалье) [7].

#### Выводы

Одним из центральных вопросов гранитообразования является вопрос о геодинамических механизмах, вызвавших появление столь грандиозных объектов, как батолиты. Эти вопросы можно решить лишь комплексом наук, существенную роль в которых играет гравиметрия. С помощью гравиметрического метода исследований можно определить форму и размеры этих образований, что немаловажно для геодинамических построений. Недостаток плотности гранитов относительно вмещающей среды обычно невелик, но когда они слагают значительные по размерам тела, они могут быть объектами достоверной количественной интерпретации.

Однако с помощью традиционно используемых гравитационных аномалий (изостатических либо Буге) проблему глубинного строения батолитов не решить. Наблюдаемая над крупным геологическим объектом аномалия представляет собой сумму гравитационных полей этого объекта и его компенсационных масс (с обратным знаком). Поэтому наблюдаемое суммарное поле силы тяжести (за счет противоположности знаков) меньше истинного гравитационного поля, создаваемого геологическим объектом. И чем массивнее объект исследования, тем больше эта неучтенная разность. Хэнтэй-Даурский батолит является именно таким образованием.

С использованием карты декомпенсационных аномалий, составленной для Монголо-Сибирского



региона, построена схема мощности (толщины) Хэнтэй-Даурского гранитоидного батолита. Характерной чертой морфологии этого образования является уплощенность, хотя на отдельных участках плутон достигает значительных размеров по вертикали. Его кровля субгоризонтальна, а подошва осложнена под-

нятиями и опусканиями. В разрезах проявляются раздувы и утонения, но они имеют подчиненное значение. По размерам Хэнтэй-Даурский плутон сопоставим с крупнейшими гранитоидными батолитами Земли.

*Статья поступила 25.11.2014 г.*

#### Библиографический список

1. Ангаро-Витимский батолит – крупнейший гранитоидный плутон / Б.А. Литвиновский, А.Н. Занвилевич, А.М. Алакшин, Ю.Ю. Подладчиков. Новосибирск: Изд-во ОИГГМ СО РАН, 1993. 141 с.
2. Байкало-Монгольский трансект / Ю.А. Зорин, В.Г. Беличенко, Е.Х. Турутанов, В.В. Мордвинова, В.М. Кожевников, П. Хозбаяр, О. Тумуртоого, Н. Арвисбаатар, Ш. Гао, П. Дэвис // Геология и геофизика. 1994. № 7–8. С. 94–110.
3. Декомпенсационные аномалии силы тяжести / Ю.А. Зорин, Б.М. Письменный, М.Р. Новоселова, Е.Х. Турутанов // Геология и геофизика. 1985. № 8. С. 104–108.
4. Письменный Б.М., Алакшин А.М. Строение земной коры Средне-Витимской горной страны // Геология и геофизика. 1983. № 4. С. 23–31.
5. Тектоно-магматическая зональность, источники магматических пород и геодинамика раннемезозойской Монголо-Забайкальской области / В.В. Ярмолюк, В.И. Коваленко, Е.Б. Сальникова [и др.] // Геотектоника. 2002. № 4. С. 42–63.
6. Террейны Восточной Монголии и Центрального Забайкалья и развитие Монголо-Охотского складчатого пояса / Ю.А. Зорин, В.Г. Беличенко, Е.Х. Турутанов, В.М. Кожевников, Е.В. Скляр, О. Тумуртоого, П. Хозбаяр, Н. Арвисбаатар, Ч. Бямба // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 1. С. 11–25.
7. Турутанов Е.Х. Ангаро-Витимский батолит: форма и размеры по гравиметрическим данным // Докл. РАН. 2011. Т. 440. № 6. С. 815–818.
8. Турутанов Е.Х. Морфология мезозойских гранитных плутонов Монголии по гравиметрическим данным. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. 223 с.
9. Турутанов Е.Х. Становление гранитных интрузий и рельефообразование // Литосфера. 2014. № 1. С. 117–122.
10. Турутанов Е.Х., Степаненко А.В. Глубинная геометрия Хэнтэйского гранитоидного батолита (Монголия) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту. Иркутск: Изд-во ИЗК СО РАН, 2008. Вып. 6. Т. 2. С. 134–135.
11. Турутанов Е.Х., Степаненко А.В., Буянтогтох Б. Объемная геометрия Даурского гранитоидного батолита по гравиметрическим данным // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту. Иркутск: Изд-во ИЗК СО РАН, 2009. Вып. 7. Т. 2. С. 118–120.
12. Cordell L., Zorin Yu.A., Keller R. The decompensative gravity anomaly and deep structure of the region of the Rio Grande rift // J. Geophys. Res. 1991. V. 96. I. 4. P. 6557–6558.
13. Godson R.H. Gravpoiy: A modification of three-di-mensional gravity modeling program // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. 83–346. Denver, 1983. 53 p.
14. Herve Philip, Jean-Claude Bousquet, Frederic Masson. Seismes et risques sismiques: approche sismotectonique. Paris: Dunod, 2007. 340 p.
15. The Baikal rift zone: the effect of mantle plumes on older structure / Yu.A. Zorin, E.Kh. Turutanov, V.V. Mordvinova, V.M. Kozhevnikov, T.B. Yanovskaya, A.V. Treussov // Tectonophysics. 2003. V. 371. P. 153–173.
16. Thickness of the lithosphere beneath the Baikal rift zone and adjacent regions / Yu.A. Zorin, V.M. Kozhevnikov, M.R. Novoselova, E.Kh. Turutanov // Tectonophysics. 1989. V. 168. P. 327–337.
17. Webring M. Semi-automatic Marquardt inversion of gravity and magnetic profiles // U.S. Geological Survey Open-File Report OF 85-122. Denver: USGS, 1985. 48 p.