УДК 551.242; 550.83

ОСОБЕННОСТИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И УРАЛА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ И ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Колтышева Е.С. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. На основе Палеотектонических карт СССР рассчитан коэффициент унаследованности вертикальных тектонических движений по Уралу и восточной части Восточно-Европейской платформы. В результате построена схема степени тектонической унаследованности и сопоставлена с геофизической информацией. Сделан вывод о приуроченности пониженных значений степени унаследованности к тектонически мобильным зонам и более перспективным нефтегазоносным районам.

Палеотектонические карты, сводные геолого-геофизические разрезы, геополя, степень тектонической унаследованности.

FEATURES OF GEODYNAMIC DEVELOPMENT OF EASTERN PART OF THE EAST-EUROPEAN PLATFORM AND THE URALS ON THE GEOPHYSICAL AND PALEOTECTONIC DATA

Koltysheva E.S. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. Based on the Paleotectonic Maps of the USSR the vertical tectonic movement inheritance coefficient on the Urals and eastern part of the East-European platform was calculated. As a result, the tectonic inheritance degree diagram was constructed and compared with the geophysical data. A conclusion about conformity between the low degree inheritance and the tectonic mobile zones and the most perspective oil-gas-bearing regions was drawn.

Paleotectonic maps, summary geologo-geophysical diagrams, geofields, tectonic inheritance degree.

Введение

Для решения многих геологических задач широко используется палеотектонический анализ, в процессе которого выявляется дополнительная информация об условиях, времени заложения и скорости образования структурных форм. В основу палеотектонических исследований положен метод анализа мощностей между стратиграфическими границами, позволяющий дать не только качественную, но и количественную оценку тектонических движений. Мощности осадочных образований отражают амплитуду нисходящих вертикальных тектонических движений, а несогласное залегание и интервалы отсутствия осадконакопления позволяют косвенно оценить и амплитуду восходящих движений. Одним из важных геодинамических показателей эволюции земной коры является степень унаследованности развития тектонических зон.

Применяемая методика палеотектонического анализа

Коэффициент унаследованности (K_y) вертикальных тектонических движений по Уральскому региону и восточной части Восточно-Европейской платформы был рассчитан по Палеотектоническим картам СССР масштаба 1:5000000 под ред. Т.Н. Спижарского (Палеотектонические … 1974, 977, 1982). Путем цифрования этих карт были созданы числовые матрицы мощностей осадконакопления от раннего кембрия до позднего триаса вдоль широтных профилей, вкрест простирания Уральских структур, с интервалом 0,2 градуса в пределах $42-66^0$ в.д. и $45-70^0$ с.ш. Количественная характеристика степени унаследованности вертикальных тектонических движений получена по методике, дающей возможность охарактеризовать степень устойчивости развития тектонических зон (Нейман, 1984). Если какая-либо структура на протяжении длительного геологического времени все

время либо поднимается, либо опускается относительно соседней, такое развитие считается предельно унаследованным, принятым за 100 %. Если обе структуры движутся относительно друг друга разнонаправленно, испытывая значительные инверсии вертикальных перемещений, такое развитие считается неустойчивым.

Вначале определяется разность мощностей в двух смежных структурах по каждому временному периоду в отдельности, затем, суммировав эти разности без учета знака, можно получить общую сумму относительных вертикальных перемещений двух структур: $\sum_{i=1}^{i=n}\left|h_{i\max}-h_{i\min}\right|$.

Фактическая палеоамплитуда движений исследуемого горизонта соответствует разности общей мощности горизонтов в смежных структурах: $H_{\max}$–$H_{\min}$. Разделив разность суммарных мощностей на сумму разностей мощностей по отдельным временным периодам, получаем коэффициент унаследованности ($К_у$) вертикальных тектонических движений:

$$К_у = \frac{H_{\max}-H_{\min}}{\sum_{i=1}^{i=n}\left|h_{i\max}-h_{i\min}\right|}\cdot 100\% .$$

Проведенные расчеты позволили построить выраженные в изолиниях схемы степени унаследованности вертикальных тектонических движений с Валдайского-Юдомского времени по верхний триас (рис. 1, цветная вкладка). Наиболее информативными являются области с пониженными (<33 %) значениями $К_у$, т.к. они отражают неустойчивость тектонического развития, наличие тектонических инверсий (Колтышева, 2001).

Сопоставление степени унаследованности с геополями

Для сопоставления схемы степени тектонической унаследованности с геофизической информацией были использованы созданные на основе картографических данных цифровые модели аномального гравитационного и магнитного полей, современного рельефа дневной поверхности, цифровой геологической карте масштаба 1:2500000 (Овчаренко, 1996) и сводные геолого-геофизические разрезы Уральского региона и территорий обрамления (Рыжий, 2001). Цифровая модель геополей, также как и схемы степени унаследованности, создавалась в формате шейп-файлов ArcView GIS, затем была осуществлена интеграция данных в форме единой геоинформационной системы. Совместный анализ степени унаследованности и геофизической информации позволил сделать следующие выводы:

1) Отмечается четкая зональность Уральской складчатой системы вкрест ее простирания. Для изолиний $К_у$ Уральского складчатого пояса характерны преимущественно линейно вытянутые зоны пониженных значений $К_у$ меридионального и субмеридионального простирания сложного строения по простиранию преимущественно совпадающие с простиранием основных структурно-формационных зон Урала и отличные от простирания зон пониженного $К_у$ в пределах обрамляющих регионов. Эти закономерности простирания характерны также для аномального гравитационного (рис. 2, цветная вкладка) и магнитного полей.

2) Основные особенности геополей распределены в определенной зависимости от глубины и поведения поверхности Мохоровичича. При этом области распространения наиболее плотных участков земной коры и пониженных тепловых потоков располагаются в восточном борту трога, а максимальные отметки современного дневного рельефа Уральской складчатой системы наблюдаются несколько западнее максимальной глубины трога поверхности Мохо (Рыжий, 2001).

3) Зона пониженных значений степени унаследованности, тянущаяся субмеридионально в районе 60^0 в.д. (рис. 1), в основном пространственно совпадает с трогом поверхности Мохоровичича. В пределах этой зоны происходит значительное изменение характера физических полей, ей соответствуют высокоамплитудная и высокоградиентная гравитационная ступень, минимальные тепловые потоки, низкая сум-

марная намагниченность магнитоактивного слоя. Возникновение этой зоны очевидно связано с процессом коллизии палеозойских литосферных плит (Колтышева, 2001). Максимальные отметки современного дневного рельефа большей частью совпадают с повышенными значениями K_y (рис. 3, цветная вкладка).

4) Отмечается изменение характера изолиний K_y пространственно соответствующее границам Уфимского выступа Русской платформы. По геофизическим данным здесь происходит довольно резкая ундуляция трога поверхности Мохо на восток с максимумом на 56^0 с.ш. В геополях эта зона ундуляции отличается пониженной основностью, минимальными неоген-четвертичными движениями, минимальной высотой современного рельефа и максимальной сейсмичностью (Рыжий, 2001).

В Уральском регионе отчетливо выделяются две основные области с разной динамикой осадконакопления: западная и восточная. В зоне сочленения восточной окраины Восточно-Европейской платформы с Уральской складчатой системой отмечается закономерное чередование мощностей осадконакопления за рассматриваемый геологический период. Главной особенностью является начало формирования Предуральского краевого прогиба с одновременным опусканием восточной окраины Восточно-Европейской платформы и началом воздымания структур Урала в среднем девоне.

Особенности распределения степени унаследованности в пределах нефтегазоносных провинций

С севера на юг исследуемой территории выделяются секторы, прошедшие несколько различное геотектоническое развитие. Это область Печорской синеклизы, Тиманской гряды, Волго-Уральской антеклизы, Прикаспийской синеклизы (Юдахин и др. 2003).

При сравнении степени унаследованности Тимано-Печорской, Волго-Уральской и Прикаспийской нефтегазоносносных провинций (см рис. 1) видны следующие закономерности. Наблюдается несколько зон как повышенной, так и пониженной степени тектонической унаследованности. Предуральский краевой прогиб в основном выделяется понижением степени унаследованности. Характерной особенностью Тимано-Печорского региона является чередование относительно спокойных и более подвижных зон. С запада на восток выделяются стабильные Притиманская, Ижма-Печорская и Центрально-Большеземельская, чередующиеся соответственно с мобильными Тиманской, Печоро-Колвинской и Восточно-Большеземельской зонами. Сложно отражены границы ряда структур Печорской синеклизы и Тиманской гряды: зонами пониженных значений K_y выделяются Хорейверская впадина, Денисовский прогиб, Малоземельско-Колгуевская и Нерицкая моноклиналь и другие более мелкие структуры. Надо отметить, что в западной части Тимано-Печорского региона отмечается максимальная плотность изолиний K_y, вытянутых в северо-западном направлении, а в центральной части преобладают изолинии K_y субмеридионального простирания. На карте гравитационного поля в пределах Тимано-Печорского региона наблюдается сгущение изолиний тиманского, а в районе Предуральского краевого прогиба – уральского направлений, которое совпадает с простиранием изолиний K_y.

В пределах Волго-Уральской нефтегазоносносной провинции выделяется система крупных поднятий, впадин и прогибов. В процессах нефтегазообразования провинции большое значение имеют циклические тектонические движения. Для Волго-Уральской антеклизы характерны значительные области пониженных значений K_y, которые совпадают, в основном, со структурами Татарского, Пермско-Башкирского и восточной части Жигулевско-Оренбургского сводов, Бирской седловиной, а также северной частью Юрюзано-Сылвенской впадины Предуральского краевого прогиба.

Прикаспийская синеклиза представляет собой крупнейшую отрицательную структуру в юго-восточной части Восточно-Европейской платформы изометричной формы с осадочным чехлом мощностью до

20–22 км. Особенностью Прикаспийского бассейна является наличие двух продуктивных комплексов: подсолевых отложений, где зонами нефтенакопления являются крупные сводовые поднятия, и надсолевых отложений, в которых выявленные месторождения приурочены к локальным поднятиям, осложненным соляной тектоникой. Характер расположения изолиний степени унаследованности соответствует простиранию основных структурных элементов Прикаспийской синеклизы. Пониженные значения $К_у$ характерны для бортовых частей Прикаспийской синеклизы, особенно на стыке Прикаспийской и Бузулукской впадин, Приморском поднятии, и для центральных частей. Физико-геологические условия Прикаспийской впадины характеризуются большой неоднородностью и резкой изменчивостью как по площади, так и по разрезу, что отражает характер распределения изолиний поля силы тяжести.

Представляет интерес сопоставление схемы степени тектонической унаследованности с картами нефтегазогеологического районирования Печорской плиты (Тимонин, 1998), Волго-Уральской антеклизы и Прикаспийской синеклизы (Перродон, 1994), представленное на рис. 4 (цветная вкладка). В формировании нефтегазоносности важная роль принадлежит тектогенезу. В тектонически мобильных зонах происходят изменения ранее сформированного структурного плана последующими интенсивными структуроформирующими движениями, что может приводить к появлению новых тектонически экранированных ловушек и образованию новых залежей углеводородов. Вот почему зоны различной тектонической активности отличаются не только характером осложняющих структур, но и нефтегазоносностью. Во-первых, если в стабильных областях преимущественным развитием пользуются нефтяные месторождения, то в мобильных областях открыты многочисленные нефтегазовые, газовые и газоконденсатные месторождения. Во-вторых, месторождения, приуроченные к мобильным областям, более продуктивны. Основная доля крупных и средних месторождений выявлена в пределах мобильных областей (Тимонин, 1998). Как правило, зонам повышенной тектонической активности соответствуют области с пониженными значениями $К_у$, отражающие наличие тектонических инверсий.

При сопоставлении карт перспектив нефтегазоносности Тимано-Печорской, Волго-Уральской и Прикаспийской провинций со схемами степени унаследованности очевидно, что, в основном, области пониженного коэффициента унаследованности вертикальных тектонических движений соответствуют областям с наибольшей плотностью извлекаемых перспективных и прогнозных ресурсов нефти и газа.

Заключение

В результате проведенного палеотектонического анализа построена схема степени унаследованности вертикальных тектонических движений восточной окраины Восточно-Европейской платформы и Урала. Схема степени унаследованности сопоставлена с геолого-геофизической информацией: сводными геолого-геофизические разрезами, геологической картой масштаба 1:2500000, картами гравитационного и магнитного поля, современного рельефа, картами месторождений нефти и газа Тимано-Печорской, Волго-Уральской и Прикаспийской нефтегазоносных провинций. Совместный анализ этих данных позволяет сформулировать следующие выводы:

1. По результатам палеотектонических исследований на Урале выделены две основные области с разной динамикой осадконакопления. Подтверждается, что наиболее активное взаимодействие двух литосферных плит происходило в период со среднего девона по нижний карбон.

2. Характер распределения изолиний $К_у$ пространственно соответствует границам основных структурно-формационных зон Урала и отличается от простирания зон Ку в пределах обрамляющих регионов. Эти закономерности простирания харак-

терны также для гравитационного и магнитного полей.

3. Выделена субмеридиональная зона пониженных значений степени унаследованности, в основном пространственно совпадающая с трогом поверхности Мохоровичича. В пределах этой зоны происходит значительное изменение характера физических полей, ей соответствуют высокоамплитудная и высокоградиентная гравитационная ступень, минимальные тепловые потоки, низкая суммарная намагниченность магнитоактивного слоя. Максимальные отметки современного дневного рельефа большей частью совпадают с повышенными значениями $К_{у.}$

4. Области пониженного коэффициента унаследованности вертикальных тектонических движений в основном соответствуют областям с наибольшей плотностью извлекаемых перспективных и прогнозных ресурсов нефти и газа.

Литература

Колтышева Е.С. Унаследованность тектонического развития как показатель эволюции земной коры Урала. Тектоника неогея: общие и региональные аспекты. Материалы XXXIV Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2001. Т. 1. С. 301–304.

Нейман В.Б. Теория и методика палеотектонического анализа. М.: Недра, 1984. 80 с.

Овчаренко А.В. Компьютерная база геополей Урала – информационная основа нового этапа исследования региона. Глубинное строение и развитие Урала. Мат. научно-производственной конференции, посв. 50-летию Баженовской ГФЭ. Екатеринбур: Наука, 1996. С. 136–146.

Палеотектонические карты СССР. Масштаб 1:5000000. Объяснительная записка. ВСЕГЕИ. Науч. ред. Т.Н. Спижарский. Л.: 1974. 1977. 1982. 136 с.

Перродон А. История крупных открытий нефти и газа: Пер. с англ. М.: Мир, 1994. 255 с.

Рыжий Б.П. Комплексные геофизические исследования земной коры Урала и его двумерная геолого-геофизическая модель. ГЕОФИЗИКА 21 века. Екатеринбург, 2001. С. 41–48.

Тимонин Н.И. Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 240 с.

Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 299 с.

К статье Колтышевой Е.С. – «Особенности геодинамического развития восточной части Восточно-Европейской платформы и Урала по геофизическим и палеотектоническим данным»

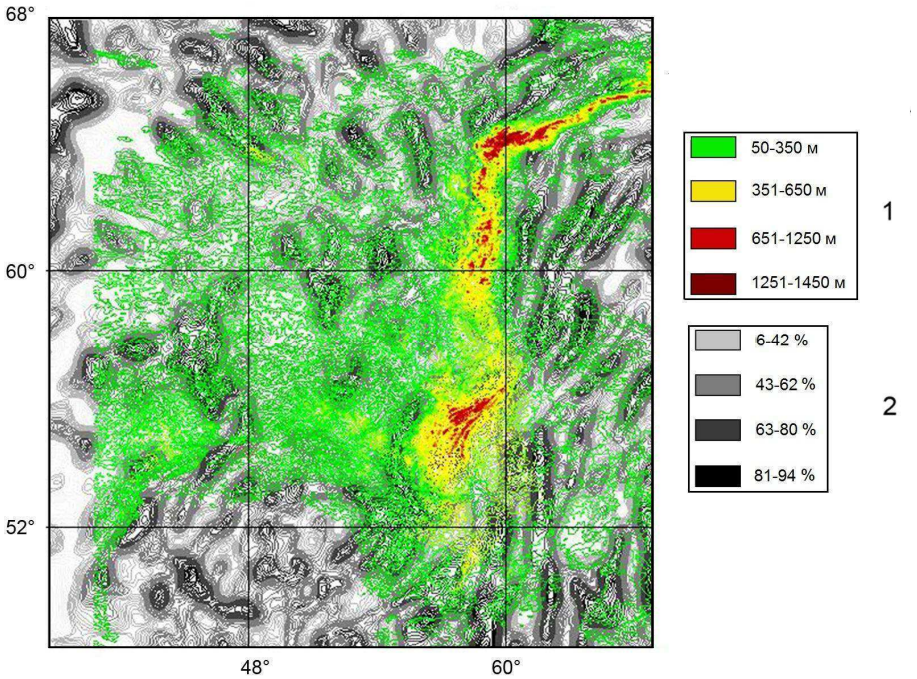

Рис. 3. Сопоставление карты современного дневного рельефа по (Овчаренко, 1996) и степени тектонической унаследованности: 1 – изолинии рельефа; 2 – изолинии коэффициента унаследованности

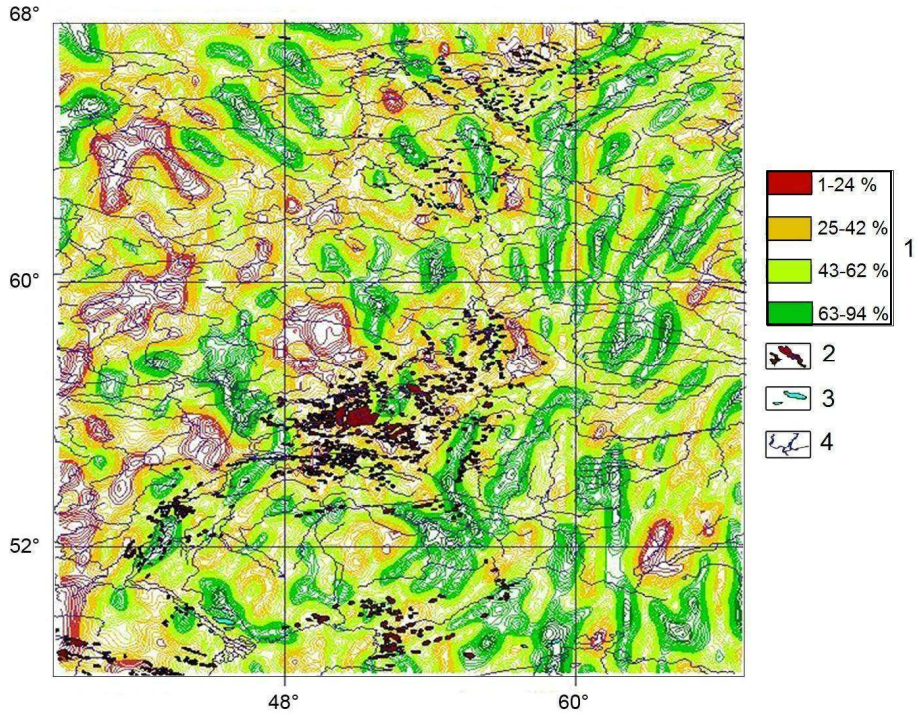

Рис. 4. Сопоставление карт нефтегазогеологического районирования Печорской плиты (Тимонин, 1998), Волго-Уральской антеклизы и Прикаспийской синеклизы (Перродон, 1994) и степени тектонической унаследованности: 1 – изолинии коэффициента унаследованности; 2 – нефтяные и нефтегазовые месторождения; 3 – газовые и газоконденсатные месторождения; 4 – реки

К статье Колтышевой Е.С. – «Особенности геодинамического развития восточной части Восточно-Европейской платформы и Урала по геофизическим и палеотектоническим данным»

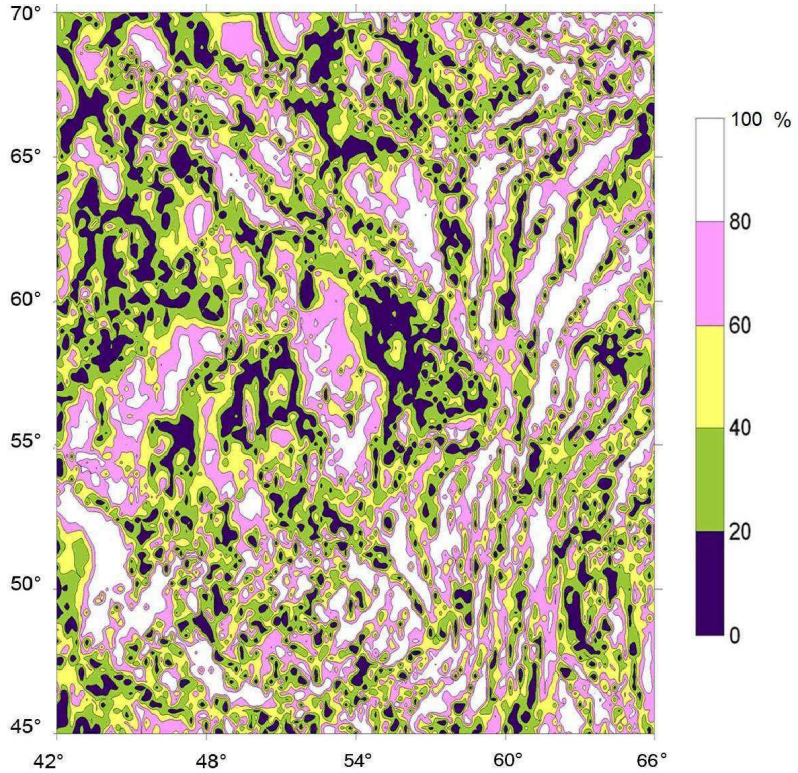

Рис. 1. Степень унаследованности вертикальных тектонических движений

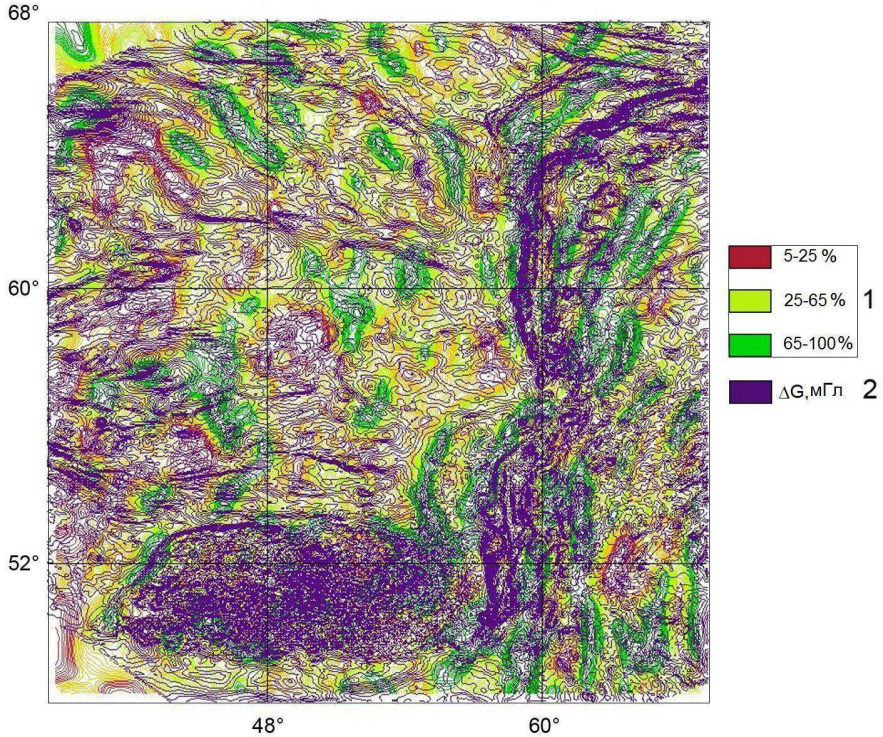

Рис. 2. Сопоставление карты гравитационного поля по (Овчаренко, 1996) и степени тектонической унаследованности: 1 – изолинии коэффициента унаследованности; 2 – изолинии ΔG через 5 мГл