

УДК 550.83:518.52

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВЫХ УСЛОВИЙ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ СТРУКТУР ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОСРЕДСТВОМ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

© 2010 Д.Ф. Калинин, Т.Б. Калинина, В.А. Безукладнов

Федеральное государственное унитарное научно-производственное предприятие «Геологоразведка», Санкт-Петербург, 193019; e-mail: onadima@mail.ru

Рассмотрены четыре физико-геологические модели (ФГМ), имитирующие нефтеносные структуры-ловушки углеводородов (УВ) различного генетического типа (целевые объекты) в окружении геологического фона (нецелевой объект). Проанализирована возможность обнаружения слабых гравитационных и магнитных аномалий от целевых объектов, осложненных фоновыми полями от нецелевых объектов. Определены пороговые значения скачков плотности и магнитной восприимчивости между целевыми и нецелевыми объектами, при которых выявление ловушек УВ с учетом точности съемок еще возможно. Рассмотрены условия обнаружения двухслойных нефтеносных структур. Проведено сопоставление ФГМ. Выбрана наиболее эффективная модель для прогнозно-поисковых исследований.

Ключевые слова: физико-геологическая модель, «аномалия типа залежь», скачок свойств.

ВВЕДЕНИЕ

Создание и использование физико-геологических моделей (ФГМ) является одним из основных направлений в развитии методов интерпретации геолого-геофизической информации. Моделирование объектов прогнозно-поисковых работ лежит в основе геологоразведочного процесса и сводится к имитации геологической реальности с той или иной степенью достоверности. Под ФГМ подразумевается пространственно упорядоченная система геологических тел, аппроксимирующая с необходимой детальностью структуру, форму, размеры и физические свойства прогнозно-поисковых объектов. Возможность моделирования распределений геофизических полей от содержательно обоснованных ФГМ произвольной сложности обуславливает выработку геофизических критериев изучаемых объектов, причем как неформальных (экспертных), так и формализованных. Последнее обстоятельство чрезвычайно важно, поскольку далеко не всегда экспертные геофизические критерии (признаки) адекватны искомым объектам вследствие естественной геологической многозначности. Качество ФГМ напрямую зависит от имеющейся априорной

информации – обобщенных и формализованных представлений об основных геологических и физических характеристиках изучаемого объекта и вмещающей среды (Бродовой, 1984). Таким образом, ФГМ отражают с той или иной степенью достоверности причинно-следственные связи между параметрами моделей и геофизическими критериями наличия искоемых объектов. С использованием ФГМ могут быть решены разнообразные прикладные задачи, такие как выбор рациональной схемы наблюдений и оценка необходимой точности съемки, обоснованное разделение регистрируемых полей на локальную и региональную составляющие (редуцирование), оптимизация комплекса методов при прогнозно-поисковых исследованиях.

ОБОСНОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Нефтегазовые месторождения, как правило, представляют собой ловушки, заполненные углеводородами (УВ). Ловушки бывают структурными (антиклинальными) и неструктурными: зоны выклинивания, палеоруслу и т.п. (Вешев и др., 2003; Дмитриевский и др., 2000). Важную роль играют флюидизированные разломы в осадочном чехле, которые являются

путями миграции углеводородных флюидов, наполняющих нефтью и газом различные типы ловушек.

В Западно-Сибирской нефтегазовой провинции в меловых отложениях сосредоточены главные запасы нефти и газа. К началу XXI в. фонд ловушек антиклинального типа в этой провинции уже практически исчерпан. Поэтому все большую роль приобретают поиски нефтегазовых месторождений в ловушках неантиклинального типа (неструктурных). По некоторым оценкам в последних может содержаться до 50% потенциальных запасов углеводородов. Первоочередными объектами здесь являются клиноформные образования, особенно песчаники ачимовской толщи. Нефтегазоносные комплексы ниже-среднеюрских отложений также перспективны на выявление месторождений в ловушках неантиклинального типа, например в надрифтовых прогибах (Лебедев, Аплонов, 1998).

Образование неструктурных ловушек преимущественно связано с процессами седиментации в морском бассейне, на которые могут влиять неровности морского дна, трансгрессии и регрессии моря, состав пород области сноса и т. п. Неструктурные ловушки, например песчаные палеоруслы, могут возникать и в континентальных условиях. В обоих случаях неструктурные ловушки в породах осадочного чехла никак (генетически или структурно) не связаны с составом или строением пород фундамента.

Наряду с данными сейсморазведки потенциальные поля достаточно широко используются при прогнозе и поисках углеводородов. При этом следует отметить, что матрицы потенциальных полей масштаба 1:1000000, зачастую составленные по материалам старых съемок, далеко не всегда дают возможность изучать состав и строение пород осадочного чехла. Указанный масштаб съемки практически не позволяет осуществлять достоверный прогноз месторождений углеводородов в неструктурных ловушках. Даже по материалам современной аэромагнитной съемки масштаба 1:50000 неструктурные ловушки в Западной Сибири выявляются далеко не всегда, особенно в нижних горизонтах осадочного чехла вследствие помех (аномалий) от пород фундамента. Чем дальше по глубине искомый объект осадочного чехла отстоит от поверхности фундамента, тем больше шансов выявить его по характерным локальным аномалиям поля.

Одним из таких объектов является «аномалия типа залежь» (АТЗ), обусловленная наложенным ореолом рассеяния углеводородов, в пределах которого магнитные свойства пород осадочного чехла ослаблены (Ворошилов и др., 2004). АТЗ могут быть проявлены в помаршрут-

ных короткопериодных (не имеющих глубинного источника в породах фундамента) локальных аномалиях магнитного поля определенной морфологии, образующих в плане на многих сопредельных маршрутах вполне определенную площадную аномалию, характеризующуюся рядом признаков. АТЗ имеют три характерные зоны: центральную, отличающуюся минимальной (близкой к нулю) амплитудой знакопеременных локальных аномалий; внешнюю отрицательную кольцеобразную; внешнюю положительную кольцеобразную. Внешние зоны имеют значительно большую (по модулю) амплитуду аномалий, чем центральная. Некоторые исследователи считают наличие внешней положительной зоны АТЗ поисковым признаком залежи УВ (Березкин и др., 1982, 1993). При соответствующей точности съемки «аномалия типа залежь» в плане и разрезе может выявляться путем спектрально-пространственного анализа магнитного поля (Куликов, Мавричев, 1995).

Особенностью литологических ловушек неантиклинального типа является тот факт, что они практически не создают ощутимых аномалий в потенциальных геофизических полях. Поэтому объектом выявления в этих полях скорее должны быть не собственно ловушки, а измененные под воздействием залежей породы коллекторских пластов и покрышек, т. е. надзалежные ореолы рассеяния УВ, в пределах которых физические свойства пород изменены. Средняя интенсивность изменений (в объеме ореола) весьма невелика, а размеры самих ореолов на различных месторождениях могут сильно отличаться. Тем не менее при определенных геологических условиях аномалии потенциальных полей, вызванные надзалежными ореолами, могут быть выявлены при наличии материалов современных высокоточных съемок (Бабаянц и др., 2006; Могилевский и др., 2006).

Главным фактором, мешающим выявлению АТЗ, являются аномалии, создаваемые породами фундамента, интенсивность которых во много раз больше. Поэтому чем дальше (по вертикали) отстоит залежь от пород фундамента, тем больше шансов выявить АТЗ. Поскольку интенсивность АТЗ в потенциальных полях незначительна, то остро встает вопрос о чувствительности используемой аппаратуры и точности выполненной съемки для прогноза и поисков неструктурных залежей углеводородов.

Приступая к прогнозу или поискам неструктурных ловушек, необходимо оценить величину предполагаемой АТЗ, чтобы определить пригодность имеющихся геофизических материалов для решения этой непростой задачи. Моделирование геологических обстановок, связанных с возможным наличием залежей УВ в ловушках

различного генетического типа, представляется здесь наиболее уместным.

В данной работе проанализировано четыре типовых модели нефтяных месторождений, соответствующие различным геологическим условиям обнаружения залежей УВ в районах Западной Сибири (Ванисов, Тренин, 1999; Шиманский, 2003) и характеризующие АТЗ по надзалежным ореолам рассеяния:

– ФГМ-1 в обобщенном виде имитирует возможное наличие залежей УВ в верхнем сеноманском продуктивном комплексе;

– ФГМ-2 имитирует возможное наличие залежей УВ в нижне-среднеюрских отложениях;

– ФГМ-3 описывает некоторые крупные месторождения (обычно антиклинального типа), имеющие большой этаж нефтегазоносности, т. е. характеризующиеся множеством залежей в большом стратиграфическом интервале (от юры до сеномана);

– ФГМ-4 соотносится с крупными месторождениями УВ на конседиментационных поднятиях, характерных для севера Западной Сибири, где в основании чехла развиты плотные и магнитные отложения туринской и тампейской серий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ СТРУКТУР В ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЯХ

На рис. 1-4 (е) представлены разрезы четырех рассматриваемых ФГМ-1-ФГМ-4 вдоль расчетного профиля OX , проходящего через геометрический центр моделей в крест простираения. Каждая ФГМ включает целевой объект (ловушку УВ, блок 3) и нецелевой объект – вмещающую среду, имитируемую совокупностью блоков с другими номерами.

Плотностные и магнитные свойства моделируемых блоков даны в табл. 1. В скобках показаны значения избыточных плотностей блоков, рассчитанные относительно средних значений плотностей в пределах соответствующих моделей. На рис. 5 представлены синтезированные от моделей ФГМ-1-ФГМ-4 гравитационные (а, б, в, г) и магнитные (д, е, ж, з) поля локальных АТЗ в пределах анализируемой плоскости XOY , которые были использованы для решения следующих задач:

1. Выяснение возможности обнаружения целевых объектов (блоков 3), имитирующих нефтяные залежи, в пределах пространства вмещающей среды для моделей ФГМ-1-ФГМ-4 при условии проведения высокоточных съемок.

2. Определение пороговых значений скачков плотности и магнитной восприимчивости для целевых объектов при неизменных физических параметрах блоков вмещающей среды и с усло-

вием того, что регистрируемые гравитационное и магнитное поля превосходят погрешности проводимых съемок.

3. Выяснение возможности обнаружения целевых объектов при их разуплотнении и размагничивании, а также при их замене двухслойными структурами с увеличивающейся вертикальной мощностью верхнего слоя и уменьшающейся мощностью нижнего слоя. Физические свойства верхнего слоя блока 3 при этом будут совпадать со свойствами примыкающих к нему объектов геологического фона, а свойства нижнего слоя блока 3 останутся неизменными.

4. Анализ и сопоставление ФГМ-1-ФГМ-4 с целью их ранжирования по возможности решения перечисленных задач.

Все необходимые расчеты были выполнены с использованием компьютерной технологии INTERACT-3D, обеспечивающей вычисление модельных гравитационного и магнитного полей от совокупностей 2.5D блоков конечного простираения для ФГМ с сечениями произвольной сложности (Безукладнов и др., 2007). Графики полей $\Delta g_{\text{лок}}$ и ΔT_a , построенные вдоль центральных секущих профилей (в крест простираения блоков ФГМ-1-ФГМ-4), приведены соответственно на рис. 1, 2, 3, 4 (а, б).

Проанализируем некоторые результаты, полученные при решении поставленных задач.

Пусть первоначально второй промежуточный слой каждой из моделей ФГМ-1-ФГМ-4 характеризовался одинаковыми значениями физических параметров (плотностью, магнитной восприимчивостью) вдоль всего слоя. Допустим, что в результате естественных процессов, связанных с разуплотнением и размагничиванием пород, произошла локализация целевых объектов во втором промежуточном слое, причем значения физических свойств блоков 3 стали отличаться от свойств остальных блоков слоя. Обнаружение целевых объектов в гравитационном и магнитном полях, осложненных полями геологического фона (в пределах пространства моделей) возможно, если разность значений полей, связанная со скачком физических свойств между блоком 3 и блоками вмещающей среды, превосходит погрешность съемки.

Задача нахождения пороговых значений плотности и магнитной восприимчивости целевых объектов для моделей ФГМ-1-ФГМ-4 состояла в определении изменений значений гравитационного и магнитного полей при изменении значений физических свойств блоков 3 (например, в результате процессов разуплотнения и размагничивания). Физические свойства блоков, составляющих геологический фон, по-прежнему считались неизменными. Изменения значений полей сравнивались с предпо-

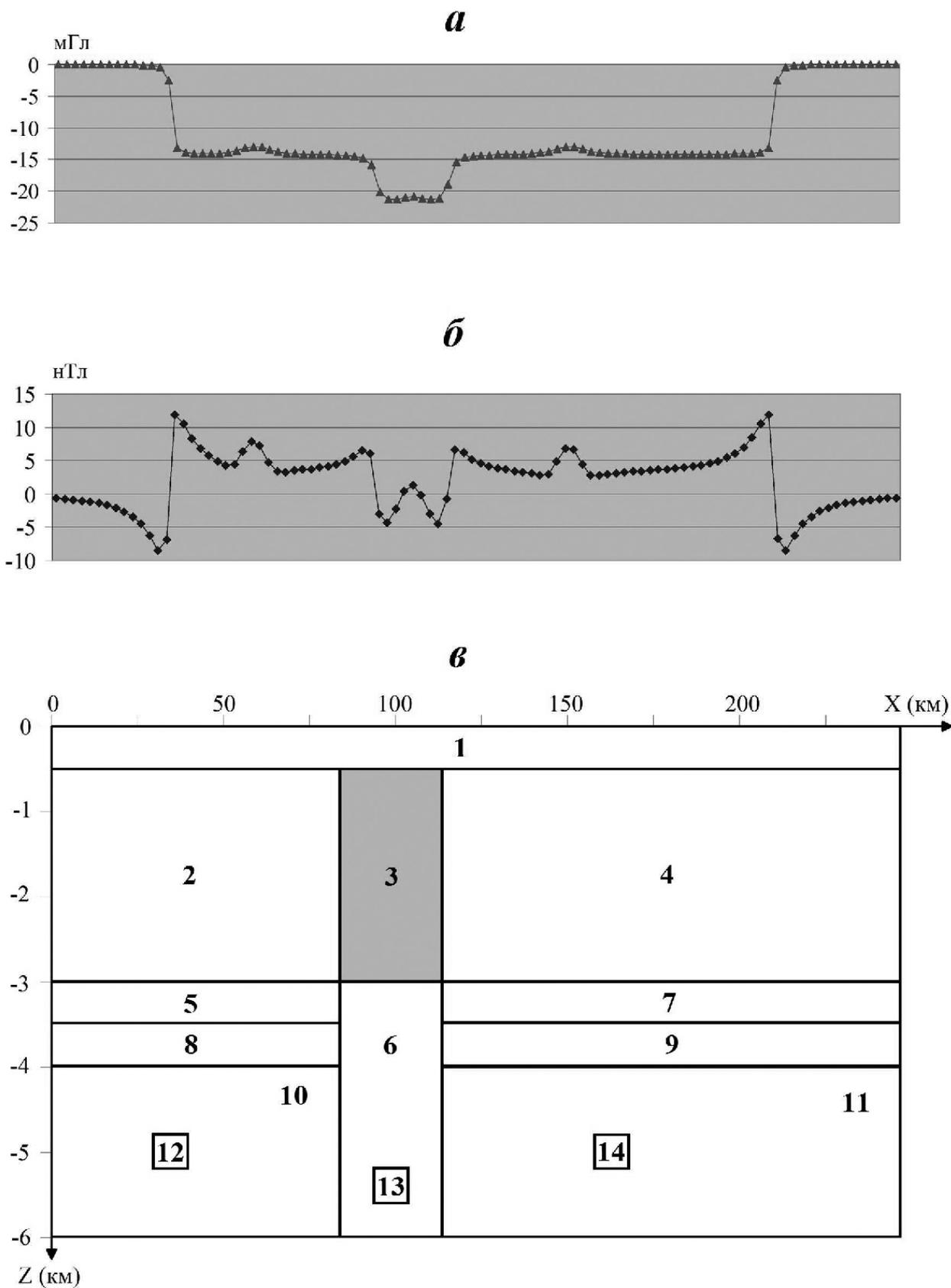


Рис. 1. ФГМ-1: *a* – гравитационное поле $\Delta g_{\text{лок}}$ вдоль центрального расчетного профиля (заданы избыточные плотности); *б* – магнитное поле ΔT_a вдоль центрального профиля; *в* – разрез модели вдоль центрального профиля. Пронумерованы блоки: 1 – осадочный чехол (верхний слой); 2-4 – первый промежуточный слой с внедренным целевым объектом 3; 5, 7 – второй промежуточный глубинный слой; 6, 8-14 – фундамент.

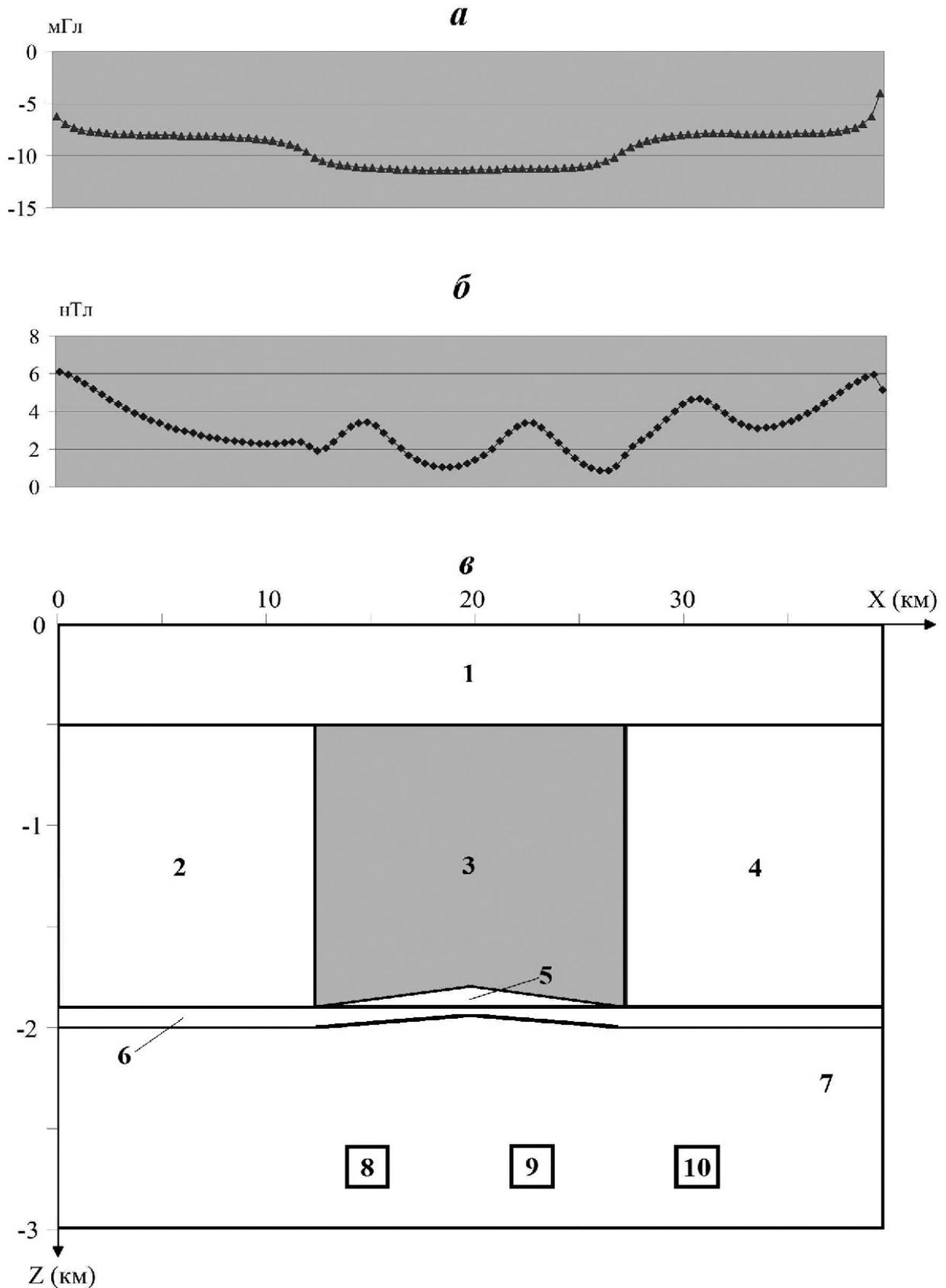


Рис. 2. ФГМ-2: *a* – гравитационное поле $\Delta g_{\text{лок}}$ вдоль центрального расчетного профиля (заданы избыточные плотности); *б* – магнитное поле ΔT_a вдоль центрального профиля; *в* – разрез модели вдоль центрального профиля. Пронумерованы блоки: 1 – осадочный чехол (верхний слой); 2-4 – первый промежуточный слой с внедренным целевым объектом 3; 5, 6 – второй промежуточный глубинный слой; 7-10 – фундамент.

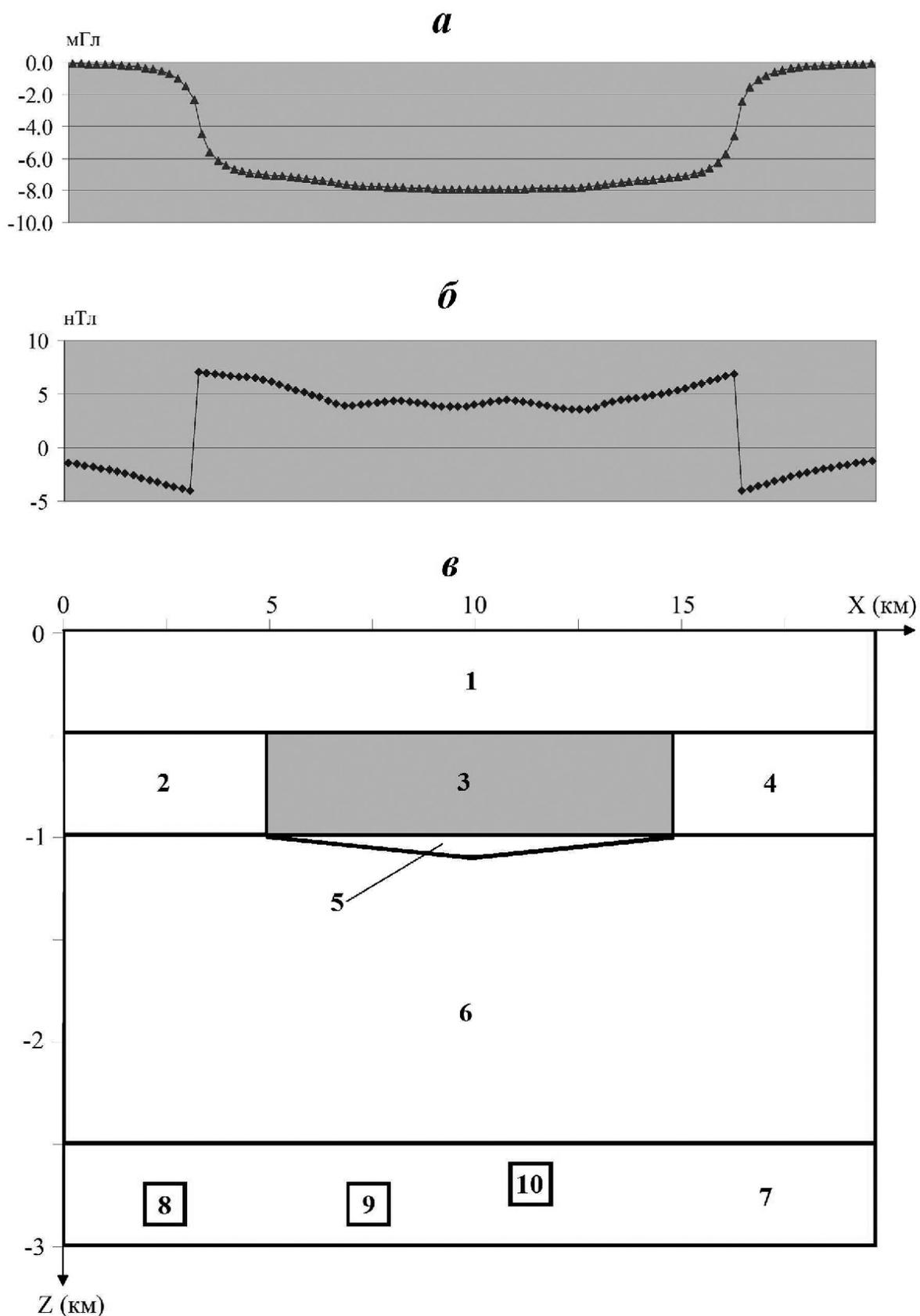


Рис. 3. ФГМ-3: *a* – гравитационное поле $\Delta g_{\text{лок}}$ вдоль центрального расчетного профиля (заданы избыточные плотности); *б* – магнитное поле ΔT_a вдоль центрального профиля; *в* – разрез модели вдоль центрального профиля. Пронумерованы блоки: 1 – осадочный чехол (верхний слой); 2-4 – первый промежуточный слой с внедренным целевым объектом 3; 5, 6 – второй промежуточный глубинный слой; 7-10 – фундамент.

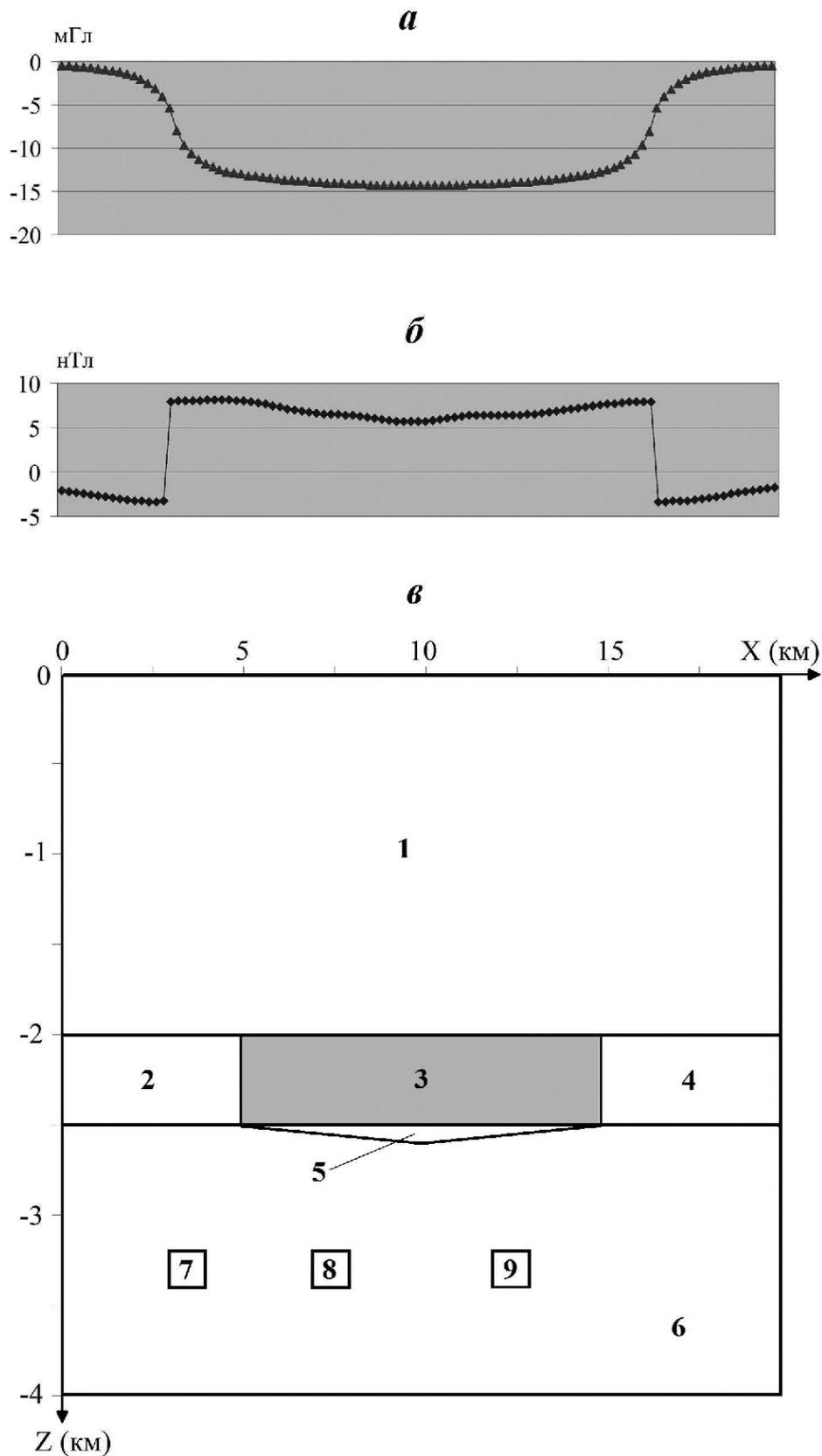


Рис. 4. ФГМ-4: *a* – расчетное гравитационное поле $\Delta g_{\text{лок}}$ вдоль центрального расчетного профиля (заданы избыточные плотности); *б* – магнитное поле ΔT_a вдоль центрального профиля; *в* – разрез модели вдоль центрального профиля. Пронумерованы блоки: 1 – верхний слой; 2-5 – промежуточный слой с внедренным целевым объектом 3; 6-10 – фундамент.

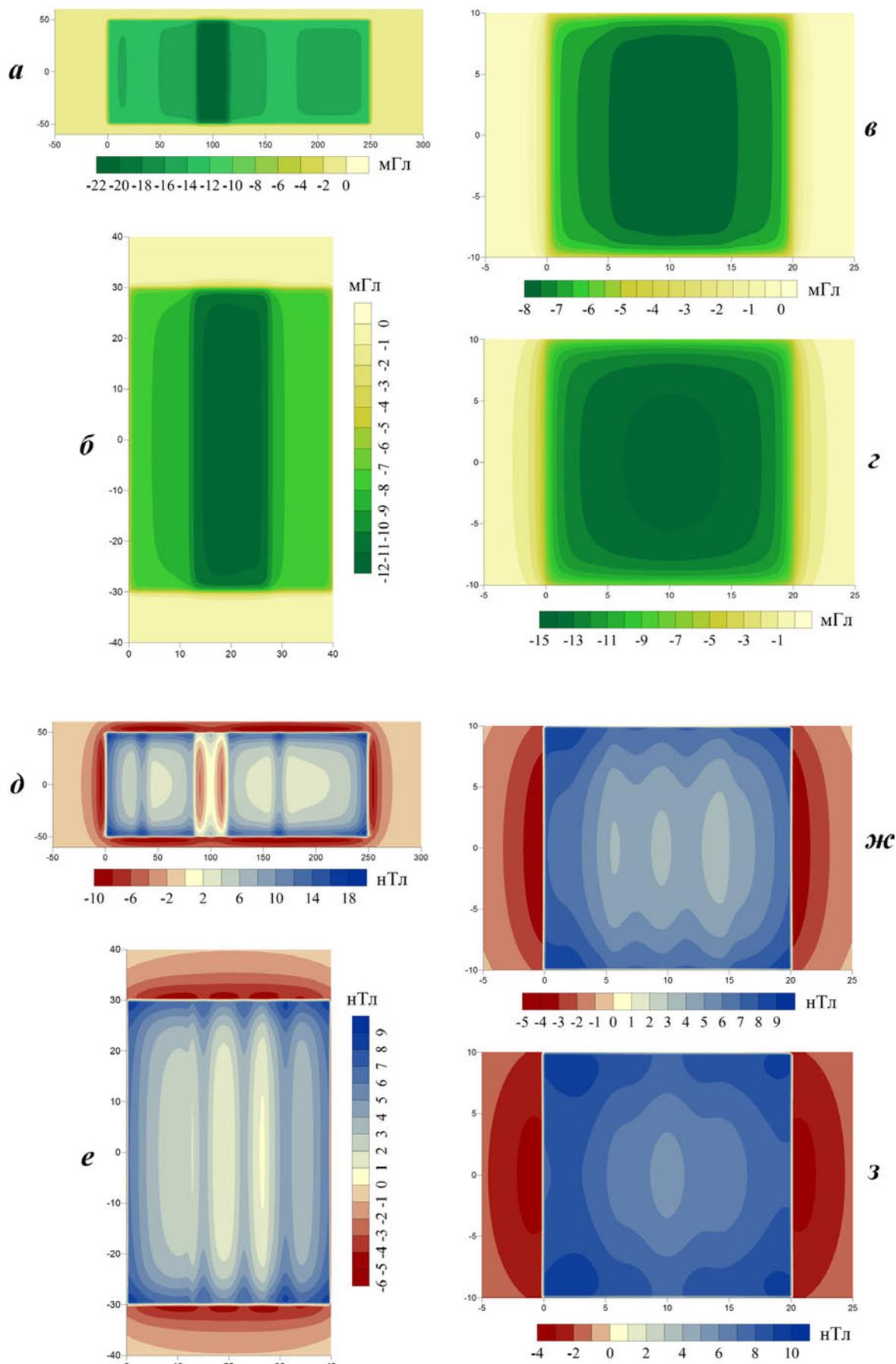


Рис. 5. Расчетные поля $\Delta g_{\text{лок}}$ и ΔT_a в пределах анализируемой плоскости X0Y: *a*, *д* – для ФГМ-1; *б*, *е* – для ФГМ-2; *в*, *ж* – для ФГМ-3; *г*, *з* – для ФГМ-4.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВЫХ УСЛОВИЙ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ СТРУКТУР

Таблица 1. Плотностные и магнитные свойства блоков ФГМ нефтяных месторождений.

ФГМ-1			ФГМ-2		
№ блока	σ (г/см ³)	$\chi \cdot 10^{-5}$ СИ	№ блока	σ (г/см ³)	$\chi \cdot 10^{-5}$ СИ
1	2.275 (-0.275)	40	1	2.275 (-0.245)	40
2	2.425 (-0.125)	40	2	2.425 (-0.095)	40
3	2.350 (-0.200)	30	3	2.35 (-0.170)	30
4	2.425 (-0.125)	40	4	2.425 (-0.095)	40
5	2.550 (± 0.000)	40	5	2.450 (-0.070)	25
6	2.580 (+0.030)	100	6	2.550 (+0.030)	50
7	2.550 (± 0.000)	40	7	2.580 (+0.060)	100
8	2.650 (+0.100)	1000	8	2.700 (+0.180)	500
9	2.650 (+0.100)	1000	9	2.700 (+0.180)	500
10	2.580 (+0.030)	100	10	2.700 (+0.180)	500
11	2.580 (+0.030)	100			
12	2.700 (+0.150)	500			
13	2.700 (+0.150)	500			
14	2.700 (+0.150)	500			
ФГМ-3			ФГМ-4		
№ блока	σ (г/см ³)	$\chi \cdot 10^{-5}$ СИ	№ блока	σ (г/см ³)	$\chi \cdot 10^{-5}$ СИ
1	2.275 (-0.195)	40	1	2.350 (-0.190)	40
2	2.325 (-0.145)	40	2	2.475 (-0.065)	40
3	2.295 (-0.175)	30	3	2.440 (-0.100)	30
4	2.325 (-0.145)	40	4	2.475 (-0.065)	40
5	2.350 (-0.120)	20	5	2.465 (-0.075)	20
6	2.425 (-0.045)	40	6	2.580 (+0.040)	100
7	2.580 (+0.110)	100	7	2.700 (+0.160)	500
8	2.700 (+0.230)	500	8	2.700 (+0.160)	500
9	2.700 (+0.230)	500	9	2.700 (+0.160)	500
10	2.700 (+0.230)	500			

лагаемыми погрешностями съемок. Если эти изменения превосходили погрешности съемки, то допускалось, что разность между значениями физических свойств блоков 3 и блоков геологического фона обеспечивает возможность локализации целевых объектов.

Зависимости модулей изменений значений расчетного гравитационного поля $|\Delta g|$ от модулей изменений значений плотности $|\Delta \sigma|$ блоков 3 для каждой из рассматриваемых моделей приведены на рис. 6. Использование модулей целесообразно, поскольку при этом учитывается как процесс разуплотнения пород, слагающих целевой объект (отрицательные значения $\Delta \sigma$), так и возможный обратный процесс (положительные значения $\Delta \sigma$). При уменьшении (увеличении) плотности блока 3 на величину $|\Delta \sigma| = |\sigma_{\text{блок3}} - \sigma_{\text{фон}}|$ первоначальное значение гравитационного поля соответственно уменьшится (увеличится) на величину $|\Delta g|$. Как показано на рис. 6, зависимости имеют линейный характер, причем при фиксированном значении модуля изменений гравитационного поля $|\Delta g|$ значения $|\Delta \sigma|$ для разных ФГМ существенно отличаются. Нетрудно заметить, что наибольший прирост гравитационного поля при фиксированных $|\Delta \sigma|$ для целевого объекта наблюдается для ФГМ-2.

Используя построенные зависимости, можно легко определить пороговые значения $|\Delta \sigma|$ при различных погрешностях съемок гравитационного поля для разных ФГМ. В табл. 2 для примера приведены пороговые значения $|\Delta \sigma|$ для разных ФГМ при погрешностях съемок 0.05 и 0.08 мГл. Очевидно, что чем точнее съемка, тем меньший скачок плотности $|\Delta \sigma|$ может быть обнаружен. Задавая значения $|\Delta \sigma|$ в соответствии с данными нефтяной геологии, можно определить необходимую точность съемки гравитационного поля для уверенного выделения целевых объектов (ловушек УВ). Наиболее эффективной из рассмотренных моделей по-прежнему является ФГМ-2, обуславливающая наименьшие скачки плотностей целевого объекта при фиксированной погрешности съемки гравитационного поля. Для остальных ФГМ соответствующие скачки плотностей при регистрации аномальных эффектов, связываемых с ловушками УВ, должны быть существенно больше.

Исследуем возможность обнаружения в гравитационном поле нефтеносных структур, имитируемых блоками 3, при условии их двухслойного горизонтального строения. Внешние размеры блоков 3 для ФГМ-1-ФГМ-4 фиксировались и соответствовали рис. 1-4 (в).

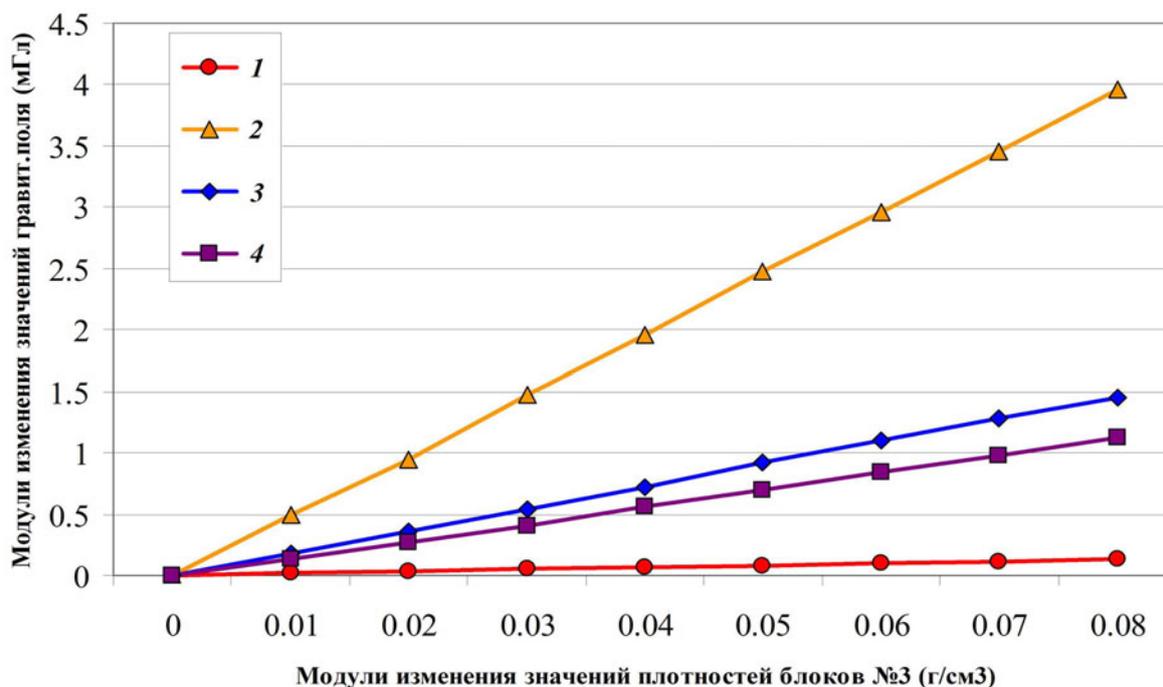
Таблица 2. Пороговые значения модулей изменений плотности $|\Delta\sigma|'$ целевого объекта (блок 3) при фиксированных погрешностях съемки гравитационного поля для анализируемых ФГМ

Погрешность съемки (мГл)	Пороговые значения $ \Delta\sigma '$ (г/см ³)			
	ФГМ-1	ФГМ-2	ФГМ-3	ФГМ-4
0.05	0.03	0.01	0.027	0.036
0.08	0.045	0.017	0.043	0.058

Был рассмотрен вариант последовательного увеличения вертикального размера верхнего слоя модельного блока 3 (рис. 7а). Очевидно, что при этом толщина нижнего слоя блока 3 последовательно уменьшается. Предполагалось, что верхний слой блока 3 имеет такие же физические свойства, как у соседних модельных блоков первого промежуточного слоя, имитирующих вмещающую среду. Кроме того, исходные ФГМ упрощались за счет исключения влияния других блоков вмещающей среды, моделирующих осадочный чехол (верхний слой), второй промежуточный глубинный слой и фундамент. Графики зависимостей модулей прироста гравитационного поля $|\Delta g|$ от глубины погружения межслойной границы, разделяющей блок 3 на верхнюю и нижнюю части, для упрощенных ФГМ-1-ФГМ-4 приведены на рис. 7б. Заметим, что глубина погружения межслойной границы находится в пределах фиксированного вертикального размера блока 3 для каждой из рассмотренных ФГМ. Легко видеть, что максимальный прирост модуля поля $|\Delta g|$ характерен для ФГМ-2, причем для разных вариантов «расслоенности» блока 3 он меняется от 1.5 до 5 мГл. Для ФГМ-3 и ФГМ-4 при-

рост $|\Delta g|$ при различной расслоенности блока 3 примерно одинаков (0.12-0.45 и 0.1-0.4 мГл соответственно), но достигается при существенно разных глубинах погружения блока 3. Следует отметить, что подобный прирост поля уже может быть зафиксирован современной высокоточной гравиразведкой (погрешность измерения кварцевым гравиметром составляет $\pm 0.05 - 0.08$ мГл, а гравиметры типа Autograv CG-3М, CG-5 в сочетании с системой спутниковой навигации GPS Trimble 5600/5700 и электронными тахеометрами обеспечивают погрешность $\pm 0.02-0.04$ мГл). В то же время для ФГМ-1 прирост поля $|\Delta g|$ изменяется от 0.001 до 0.018 мГл и не может быть зафиксирован с учетом погрешностей современной гравиметрической съемки.

При исследовании возможности выделения в магнитном поле ловушек УВ (целевых объектов) использовались четыре упомянутых выше модели с разными комбинациями магнитоактивных блоков. Приросты модулей магнитного поля прослеживались при различных скачках магнитной восприимчивости целевого объекта (блока 3) относительно окружающих блоков, имитирующих геологический фон (вмещающую среду).

**Рис. 6.** Графики зависимости модулей изменений значений расчетного гравитационного поля $|\Delta g|$ от модулей изменений значений плотностей $|\Delta\sigma|$ блоков 3: 1 – для ФГМ-1; 2 – для ФГМ-2; 3 – для ФГМ-3; 4 – для ФГМ-4 (модели упрощены).

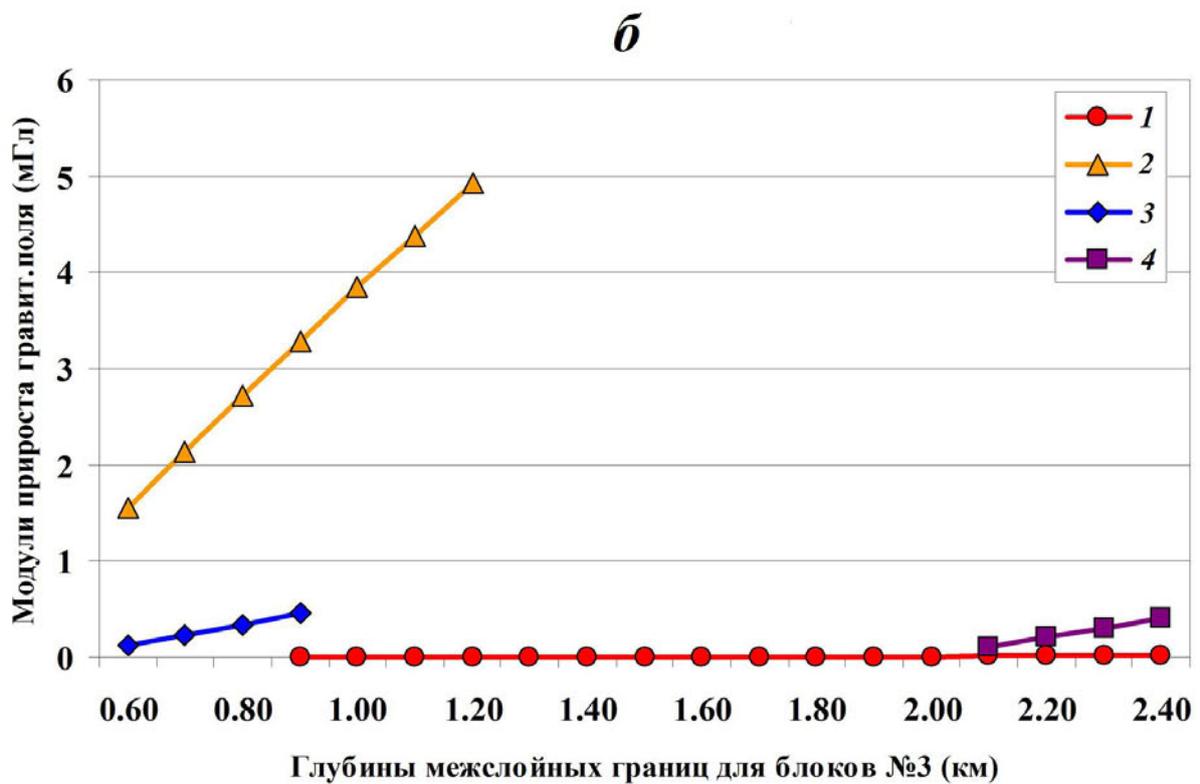
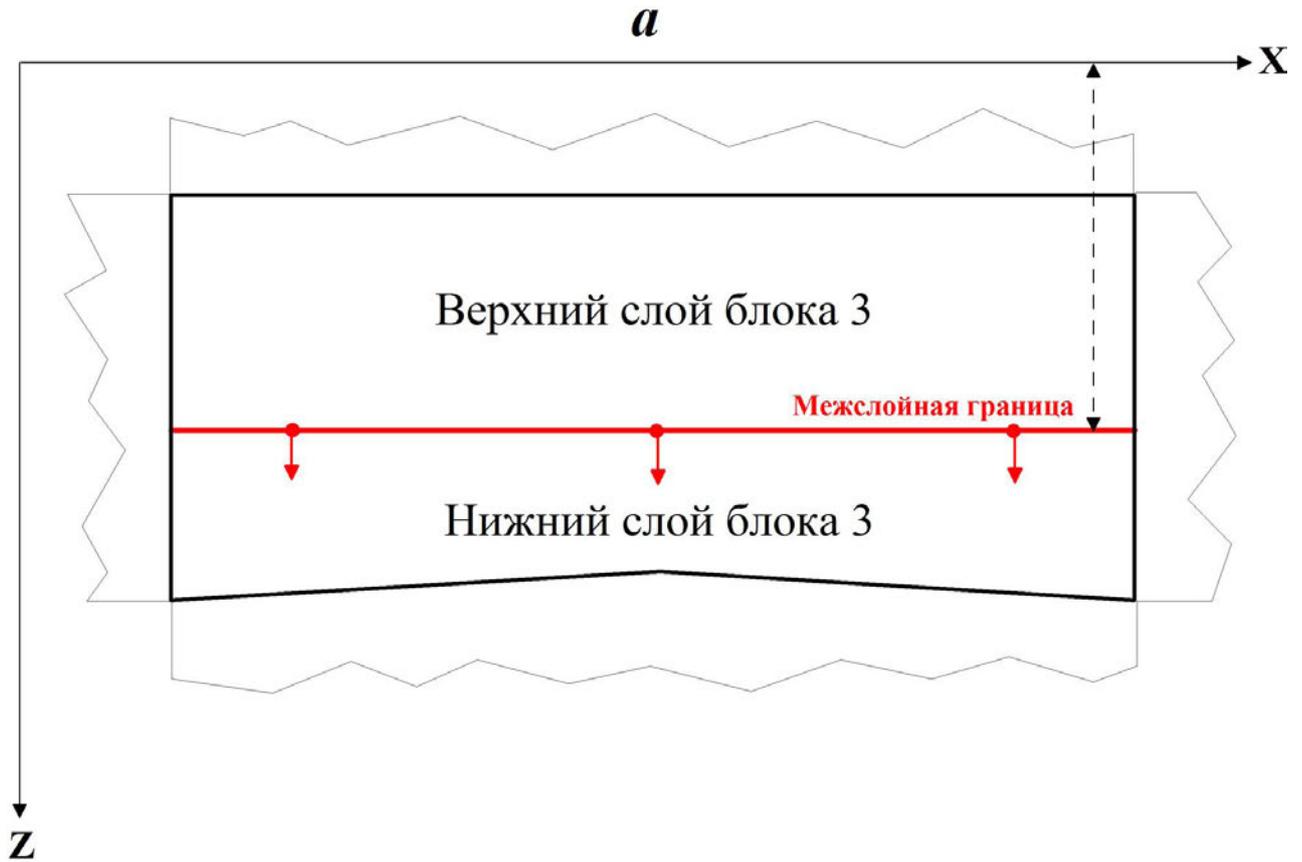


Рис. 7. Положение межслойной границы (а), регулирующей вертикальные размеры верхней и нижней частей целевого объекта (блок 3); графики зависимостей модулей прироста гравитационного поля $|\Delta g|$ от глубины погружения межслойной границы (б), разделяющей блок 3 на верхнюю и нижнюю части: 1 – для ФГМ-1; 2 – для ФГМ-2; 3 – для ФГМ-3; 4 – для ФГМ-4.

Для ФГМ-1 и ФГМ-2 соответствующие данные приведены в табл. 3 и 4. Анализ таблиц показывает, что относительно устойчивое выделение целевых объектов в магнитном поле возможно лишь для ФГМ-2, имитирующей структуру с возможным наличием УВ в ниже-среднеюрских отложениях в пределах достаточно мощного и неглубоко залегающего блока 3. Приросты модуля магнитного поля, обусловленные скачками $|\Delta\chi| \geq 20 \cdot 10^{-5}$ СИ относительно окружающих блоков вмещающей среды, могут быть зафиксированы лишь на пределе возможностей полевых исследований, поскольку точность выполнения современных аэромагнитных съемок в зависимости от масштаба работ и используемого летательного аппарата колеблется от 0.4 до 1.2 нТл. Действительно, несмотря на то, что современные аэромагнитометры характеризуются сверхвысокой чувствительностью (до 0.001 нТл) и быстродействием (от 10 и 100 измерений в секунду), уверенно выделять и анализировать можно лишь метрически достоверные аномалии интенсивностью в единицы нТл (реже – в десятые доли нТл). Для модели ФГМ-1 устойчивое выявление слабых аномальных эффектов в магнитном поле, создаваемых как сплошными, так и расслоенными блоками 3 возможно лишь при условии немагнитной вмещающей среды. Результаты для магнитоактивных ФГМ-3 и ФГМ-4 оказались

еще хуже, поэтому таблицы для них не приводятся. В целом исследования на моделях подтверждают, что наличие слабомангнитного осадочного чехла равно как и блоков фундамента с высокой магнитной восприимчивостью отрицательно сказывается на возможности выявления нефтеносных структур рассмотренных типов.

ВЫВОДЫ

Разработка геологически обоснованных ФГМ нефтеносных структур дает возможность актуализировать решения многих практических задач и повысить эффективность получаемых результатов.

В соответствии с описанной методикой исследований представляется целесообразным выполнить расчеты синтезированных аномальных полей от плотностных и магнитоактивных ФГМ нефтеносных структур предполагаемых типов на этапе проектирования полевых работ и получить практически полезные заключения о наиболее рациональных условиях планируемых высокоточных съемок в целях обнаружения месторождений УВ.

Наиболее эффективной при прогнозно-поисковых исследованиях на территории Западной Сибири может оказаться модель неантиклинального типа ФГМ-2, имитирующая возможное

Таблица 3. Прирост модуля магнитного поля $|\delta T|$ при скачках $|\Delta\chi|$ целевого объекта 3 для различных вариантов магнитоактивности ФГМ-1.

$\chi \cdot 10^{-5}$ СИ блока 3	Скачок $ \Delta\chi \cdot 10^{-5}$ СИ для блока 3	Прирост $ \delta T_1 \cdot 10^{-5}$, нТл (магнитоактивна вся модель)	Прирост $ \delta T_2 \cdot 10^{-5}$, нТл (моделируемые блоки осадочного чехла и фундамента не магнитны)	Прирост $ \delta T_3 \cdot 10^{-5}$, нТл (магнитоактивен только блок 3)
40	0	0	0	0
30	10	0.00218	0.00212	1.387
20	20	0.00436	0.00423	2.774
10	30	0.00653	0.00634	4.160
5	35	0.00762	0.00740	4.853

Таблица 4. Прирост модуля магнитного поля $|\delta T|$ при скачках $|\Delta\chi|$ целевого объекта 3 для различных вариантов магнитоактивности ФГМ-2.

$\chi \cdot 10^{-5}$ СИ блока 3	Скачок $ \Delta\chi \cdot 10^{-5}$ СИ для блока 3	Прирост $ \delta T_1 \cdot 10^{-5}$, нТл (магнитоактивна вся модель)	Прирост $ \delta T_2 \cdot 10^{-5}$, нТл (моделируемые блоки осадочного чехла и фундамента немагнитны)	Прирост $ \delta T_3 \cdot 10^{-5}$, нТл (магнитоактивен только блок 3)
40	0	0	0	0
30	10	0.556	0.687	1.366
20	20	1.224	1.373	2.739
10	30	1.891	2.061	4.113
5	35	2.225	2.400	4.800

Примечание к табл. 3, 4. Столбец 1 – значения магнитной восприимчивости χ для целевого объекта; столбец 2 – модули скачков $|\Delta\chi|$ по отношению к выбранному максимальному значению χ для блока 3 ($40 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ); столбцы 3–5 – значения модулей изменения (прироста) магнитного поля, рассчитанные для ФГМ-1 и ФГМ-2 согласно данным о магнитных свойствах (табл. 1) при различных комбинациях магнитоактивных блоков.

наличие залежей УВ в ниже-среднеюрских отложениях (в большей степени плотностная, в меньшей – магнитоактивная).

Список литературы

- Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Буш В.А., Трусов А.А.* Интерпретация аэрогеофизических данных при поисках месторождений нефти и газа // Разведка и охрана недр. 2006. № 5. С. 13-18.
- Безукладнов В.А., Калинин Д.Ф., Калинина Т.Б.* Методика построения и использования трехмерных стохастических ФГМ объектов разного ранга при решении задач геолого-геофизического прогноза // Геофизика. 2007. № 5. С. 55-61.
- Березкин В.М., Будагов А.Г., Филатов В.Г. и др.* Аэромагниторазведка в геологоразведочном процессе на нефть и газ // Геология нефти и газа. 1993. № 10. С. 26-31.
- Березкин В.М., Лощаков А.М., Николаев М.И.* Применение магниторазведки для поисков месторождений нефти и газа // Прикладная геофизика. 1982. Вып. 103. С. 128-136.
- Бродовой В.В.* Геофизические исследования в рудных провинциях. М.: Недра, 1984. 270 с.
- Ванисов А.М., Тренин Ю.А.* Оценка нефтегазоносности баженовской свиты Западной Сибири по данным полевой и промысловой геофизики // Вестник недропользователя ХМАО. 1999. № 4. С. 35-38.
- Вешев С.А., Ворошилов Н.А., Алексеев С.Г.* Гео-электрохимические технологии прогноза и поисков месторождений твердых полезных ископаемых и углеводородов // Разведка и охрана недр. 2003. № 4. С. 38-43.
- Ворошилов Н.А., Вешев С.А., Алексеев С.Г.* Наложённые ореолы рассеяния химических элементов-спутников углеводородов как прогнозный и поисковый признак нефтегазоперспективных геологических структур // ТЭК России – основа процветания страны. Сб. докл. конф. к 75-летию ВНИГРИ. СПб.: Недра, 2004. С. 191-195.
- Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е., Донгрян Л.Ш. и др.* Современные представления о формировании скоплений углеводородов в зонах разуплотнения верхней части коры // Геология нефти и газа. 2000. № 1. С. 2-8.
- Куликов Г.Н., Мавричев В.Г.* Аэромагниторазведка на нефть и газ // Геофизика. 1995. № 2. С. 37-42.
- Лебедев Б.А., Аглонов С.В.* Осадочные бассейны России: типизация, условия заложения, история развития, нефтегазоносность // Российский геофизический журнал. 1998. № 11-12. С. 40-44.
- Могилевский В.Е., Каплун Д.В., Павлов С.А., Камков А.Н.* Внедрение аэрогравиметрии в практику геофизических работ // Разведка и охрана недр. 2006. № 5. С. 32-35.
- Шиманский В.В.* Закономерности формирования неструктурных ловушек и прогноз зон нефтегазонакопления в юрских и нижнемеловых отложениях Западной Сибири. Дисс. докт. геол.-мин. наук. СПб, 2003. 277 с.

THRESHOLD CONDITIONS FOR DETECTION OF WESTERN-SIBERIAN PETROLIFEROUS STRUCTURES USING PHYSICAL AND GEOLOGICAL MODELLING OF POTENTIAL FIELDS

D.F.Kalinin, T.B.Kalinina, V.A.Bezukladnov

State unitary research and development enterprise «Geologorazvedka», Saint Petersburg, Russia

The authors considered four physical-geological models (PGM) that simulate petroliferous structures – hydrocarbons' traps of various genetic types (target objects) among a geologic background (non-target objects). Besides, we analyzed the opportunity for detection of weak gravitational and magnetic anomalies calculated from target objects and complicated by background fields from non-target objects. Threshold values for jumps of density and magnetic susceptibility between target objects and non-target objects were revealed. Those values allow detection the hydrocarbons' traps including an accuracy of shootings. Conditions for detection of two-layer petroliferous structures were considered. A comparison of PGMs was carried out. The most effective model was chosen for prognosis and exploration of the petroliferous structures.

Keywords: physical and geological model, «anomaly as deposit», jump of properties.