



ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР И ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

И. А. Апанович

Рассмотрены принципы гравиметрического моделирования геологических структур как важного этапа при поисках месторождений нефти и газа и других полезных ископаемых. Предложена новая методика определения глубины слоев-коллекторов на основе данных гравиразведки и геодинамических механизмов формирования геологических тел.

Ключевые слова: гравиразведка, модели геологических структур, глубина «слоя-коллектора», нефть и газ.

GRAVIMETRIC MODELLING OF GEOLOGICAL STRUCTURES AND STUDY OF THEIR FORMATION MECHANISMS IN PROSPECTING FOR HYDROCARBON POOLS

I. A. Apanovich

The paper describes principles of gravimetric modelling of geological structures as an important step in prospecting for oil and gas and other mineral resources. A new technique is proposed to determine reservoir-layer depths on the basis of gravity prospecting and geodynamic mechanisms of geological body formation.

Keywords: gravity prospecting, models of geological structures, depth of reservoir-layer, oil and gas.

Геологические структуры и тела – составные части любого неоднородного объема земной коры. Залежи полезных ископаемых – также неотъемлемые члены этого ряда. Действительно, в однородном геологическом пространстве отсутствуют и аномалии, и залежи, представляющие аномальные скопления тех же углеводородов в результате их перемещения при гравитационном взаимодействии в процессе формирования земной коры. Значит, наиболее важной задачей геолого-поисковых работ является установление закономерностей и механизмов образования структур, сопровождающегося концентрацией полезных ископаемых.

Гравитационное взаимодействие как движение с обменом импульсами лежит в основе всех геологических процессов. Это позволяет широко использовать гравиразведку при решении обратных задач, т. е. дает возможность устанавливать форму и объем аномалиеобразующих масс по изученному полю силы тяжести. Иными словами, можно успешно строить физико-геологические модели (ФГМ) геологических тел и структур по материалам гравиметрических исследований.

В качестве примера рассмотрим последовательность создания ФГМ глубинных мантийных пород в пределах Присяяно-Енисейской синеклизы. Несмотря на кажущуюся весьма слабую связь параметров глубинных масс с особенностями строения чехла и кристаллического фундамента, решение этой задачи актуально, поскольку недооценка гравитационного влияния подкоровых образований приводит к появлению ложных ано-

малий, чаще всего связываемых с неоднородностями или фундамента, или осадочного чехла. Особенно важно это в отношении возможностей гравиметрического метода, используемого для изучения слоистых осадочных толщ.

Обширная положительная аномалия силы тяжести в пределах Чуно-Бирюсинского междуречья частично соответствует сводовому поднятию фундамента. Однако к югу увеличение значений фиксируется на фоне резкого погружения дорифейских толщ (в области Тасеевского прогиба). Можно предположить, что причиной является изменение плотности пород фундамента, или увеличение доли доломитов в осадочном чехле. Это позволит внести коррективы в представления о нефтегазоносности территории. Но реальны ли эти факторы? Магниторазведка не дает возможности однозначно выбрать ту или иную точку зрения. Надежных сведений о пластовых скоростях сейсмических волн также нет. По гравиметрическим данным можно выполнить корректную редукцию исходного поля, конечно, с учетом дополнительной геологической информации и значений глубин до кровли верхней мантии (пусть даже разрозненных).

В процессе геологических съемок в аллювии обнаружены пиропы и единичные кристаллы алмазов. Логично связать это с ультраосновным палеовулканизмом, очень часто сопровождающимся подъемом частично серпентинизированного глубинного вещества. Геофизические исследования на поиски нефти и газа в западной части Присяяно-Енисейской синеклизы проводятся специалистами Гравиметрической экспедиции № 3 с 2007 г. Многочисленные расчеты показали, что

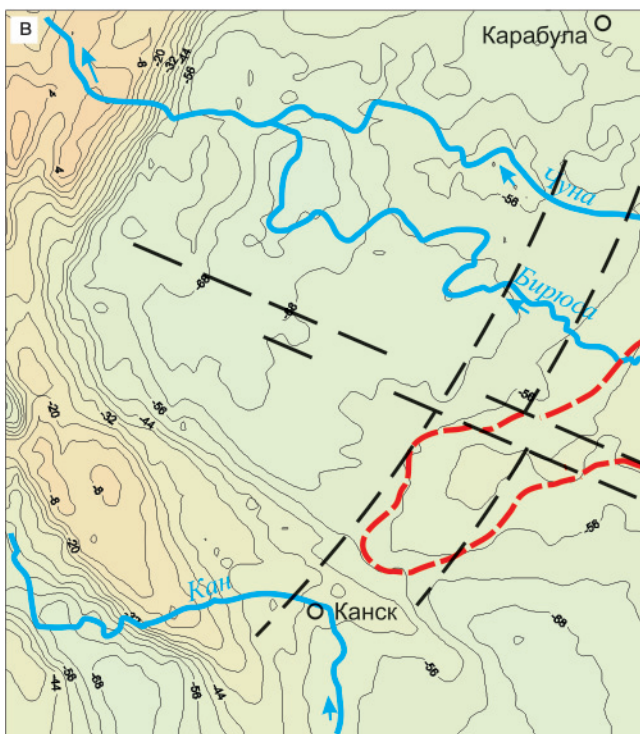
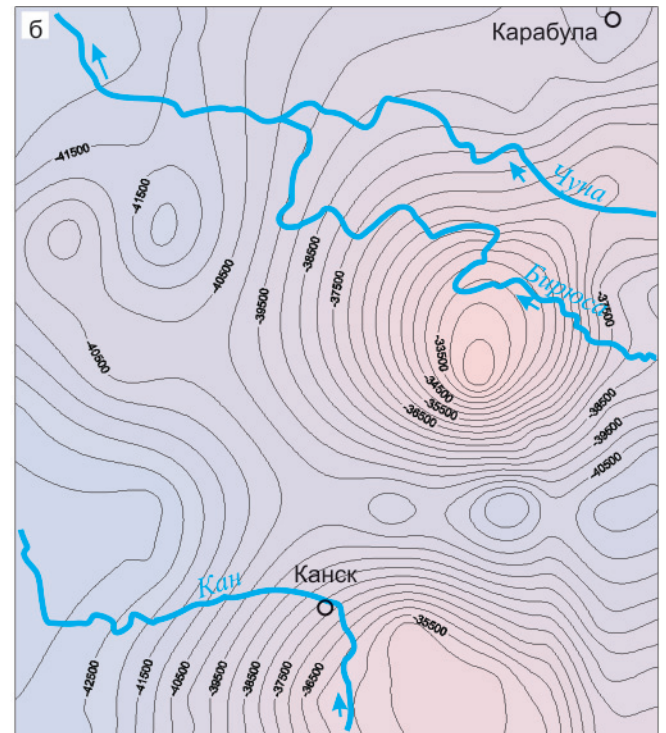


Рис. 1. К обоснованию введения поправки в исходное поле за гравитационное влияние пород верхней мантии: а – исходное поле силы тяжести; б – рельеф поверхности Мохо; в – редуцированное поле

1 – изогипсы аномального гравитационного поля, мГал; 2 – изогипсы и абсолютные глубины поверхности Мохо, м; 3 – разломы; 4 – контур положительной магнитной аномалии по данным аэромагнитных съемок (по Л. М. Щупаку, 1964 г.)

в нижнем течении рр. Чуна и Бирюса обширная отрицательная аномалия силы тяжести не может быть корректно объяснена только разуплотнением пород осадочного чехла и фундамента. Расчет гравитационных эффектов от объектов ФГМ, в том числе массивов гранитоидов с плотностью 2,66–2,68 г/см³, показал, что аномальные массы расположены значительно глубже. Ясно, что значительное влияние оказывают толщи верхней мантии. На рис. 1, б показан рельеф поверхности Мохо, построенный по данным ГСЗ и исследованиям МОГТ по геотранверсу «Карабула – Восточный Саян». Расчет поправки в исходное

поле выполнен при условии, что плотность мантийных пород в северо-западной части территории уменьшена на 0,10 г/см³. (Подразумевается наличие частично серпентинизированных пород.)

Исправленное поле силы тяжести выглядит иначе (см. рис. 1). Сопоставляя его с данными аэромагнитных съемок, можно получить представление о корректности выполненной трансформации. Интенсивная положительная магнитная аномалия, уверенно зафиксированная еще в 1960-х гг., оказывается совмещенной в плане с положительной аномалией силы тяжести. Характерно, что совпали даже формы аномалий.



Это хорошее свидетельство того, что интерпретации подлежит уже поле, в котором намного лучше отображаются неоднородности осадочного чехла и верхней части фундамента.

В итоге выполненные построения позволили учесть искажающее влияние глубинных масс и влияние фундамента, положение которого определено по данным сейсморазведки и геодинамических построений, а также гравитационные эффекты от толщ осадочного чехла. В дальнейшем мы более уверенно можем продолжать изучение интересующих нас частей геологического разреза.

Для этого предложена методика, использующая классической пересчет гравитационных аномалий от известных тел в нижнее полупространство. Ранее таким образом определялись центры аномалиеобразующих масс: или решалась прямая задача гравиразведки, или анализировалось поведение графиков силы тяжести на различных уровнях. Редуцирование кривых на различные уровни рассматривалось как динамическое [3]. В нашем случае процесс моделирования заключается в установлении глубины слоя-коллектора – главного геологического объекта при поисках залежей нефти и газа. Новые возможности методики появляются при рассмотрении тяготения исключительно в виде силового взаимодействия, взаимодействия разнополярно движущейся субстанции, при учете разнополярных сил тяготения в локальных объемах земной коры [1, 2]. Физически подобная ситуация весьма наглядна при измерении значения вертикального градиента силы тяжести, иногда очень резко изменяющегося в неоднородных по плотности толщах. Расчеты гравитационного эффекта на разных горизонтах, расположенных выше и ниже аномалиеобразующей локальной массы, выполняются по классической методике. Ясно, что в зависимости от плотности перекрывающих и подстилающих образований на некоторой глубине мы получим «нулевой» гравитационный эффект, т. е. определим уровень компенсации сил тяготения (определим «слой нулевого взаимодействия»). Строение разреза с наличием инверсии плотностей толщ по вертикали представляется наиболее благоприятной геодинамической обстановкой. Геологически это широко проявляется в формировании областей уплотнения и разуплотнения горных пород. В условиях Восточной Сибири типовым вариантом подобного разреза может служить наличие кембрийских доломитовых толщ, подстилаемых приподнятым фундаментом гранитоидного состава. В таких областях локального разуплотнения (уменьшения давления) образуются трещиноватые, кавернозные породы – слои-коллекторы. При увеличенной проницаемости сюда мигрируют рудоносные флюиды, здесь концентрируются генерируемые при катагенезе органического вещества углеводороды. Вероятнее всего, известные ме-

сторожения нефти и газа в поднятиях кристаллического фундамента сформировались по такому механизму. Действительно, почему классические нефтегазоносные структуры – антиклинальные, сводовые части поднятий, толщи-покрышки гранитных куполов, а иногда и сами купола, точнее – их верхние части? Не потому ли, что эти геологические объекты образовались в условиях локальных областей уменьшения сил тяготения? Нужно ли удивляться обнаружению месторождений УВ в верхних частях выступов фундамента? Правда, возникает желание объяснить это генерированием углеводородов мантийным веществом и их вертикальной миграцией. Насколько проще и логичнее выглядит ситуация, представляемая в виде накопления флюидов, поступающих не только снизу или от периферии к центру локальной области пониженного давления, но и частично сверху. Месторождения Ромашкинское и Белый тигр (Вьетнам) – хорошие примеры такой геологической ситуации.

Некоторую неопределенность обуславливает необходимость выбора объема горных пород, подлежащих изучению. Заметим, что к настоящему времени для большинства районов Восточной Сибири уже имеется некоторая общая информация о строении осадочного чехла. Дополнительный комплексный анализ информации, а главное, изучение строения толщ посредством гравиметрического моделирования на основе геодинамических механизмов формирования структур позволяет уверенно решать поставленную задачу. На известных месторождениях точкой отсчета может служить глубина уже вскрытого продуктивного горизонта.

В итоге посредством решения обратной и прямой задач по материалам детальных гравиразведочных исследований можно устанавливать глубины формирования «слоя нулевого взаимодействия», рассчитывать уровень компенсации разнонаправленных сил тяготения. Применение методики для Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазонакопления (ЮТЗ) показало работоспособность метода, позволившего более уверенно судить о наличии и положении коллектора. Из рис. 2 видно, что практически по всем скважинам, где были измерены плотности образцов керна, рассчитанная глубина слоя нулевого взаимодействия совпала с разуплотненными осадочными породами. Особенностью этого района является то, что ЮТЗ в тектоническом плане – сводовая структура, и полученные глубины находятся в интервале от –1900 до –3000 м. Иная ситуация в районе Присяяно-Енисейской синеклизы, где также определено положение слоя взаимной компенсации сил тяготения. В этой части региональной депрессии глубины изменяются от –6650 до –6950 м. Кроме этого, предложенная методика изучения строения толщ осадочного чехла позволяет делать выводы о направлении возможной

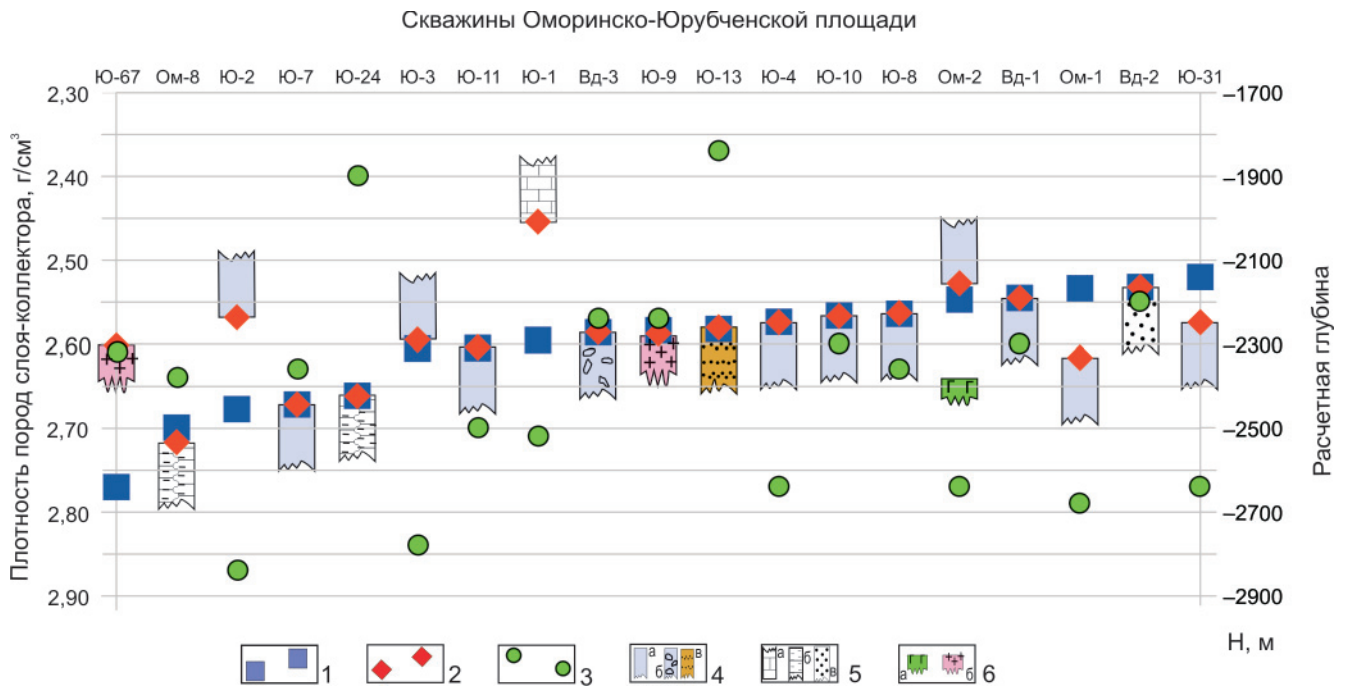


Рис. 2. Соотношение расчетных глубин «слоя нулевого взаимодействия», отождествляемого с горизонтом нефтегазоносных отложений Оморинско-Юрубченской площади, с параметрами пород, вскрытых глубокими и поисковыми скважинами

1 – положение расчетных глубин; 2 – положение образцов керна с известными параметрами; 3 – значения плотностей отложений в пределах слоя-коллектора или ближайшего уровня отбора образцов; породы: 4 – доломиты (а), кавернозные доломиты (б), алевролиты и песчаники (в); 5 – известняки (а), аргиллиты (б), песчаники (в); 6 – долериты (а), граниты (б)

миграции рудного вещества как бы изнутри: она показывает некоторые особенности тектонического строения слоев данного возраста, часто затушеванные при изучении их с поверхности. И конечно, очень важно наличие максимума информации о разрезе как выше, так и ниже изучаемого слоя.

Автор считает, что методика изучения параметров «слоя нулевого взаимодействия» на основе реальной природы тяготения и геодинамических механизмов позволит значительно повысить эффективность нефтегазопроисковых работ. Она дает возможность более целенаправленно выполнять опробование потенциально нефтегазоносных интервалов вскрытого разреза и в процессе бурения, и в ходе окончательного испытания скважин. «Разбраковка» исследованных структур по степени перспективности позволит значитель-

но уменьшить затраты на бурение непродуктивных скважин. На флангах эксплуатируемых месторождений локализация продуктивных горизонтов по глубине также даст хороший экономический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Апанович, И. А.** Геодинамика. Проблемы и перспективы [Текст] / И. А. Апанович. – Красноярск, 2010. – 230 с.
2. **Апанович, И. А.** Гравитация. Прошлое, настоящее и будущее вечно движущегося мира [Текст] / И. А. Апанович. – Красноярск, 2006. – 160 с.
3. **Михайлов, И. Н.** Редуцирование наблюдаемого поля силы тяжести [Текст] / И. Н. Михайлов // Прикладная геофизика. Вып. 100. – М.: Недра, 1981. – С. 133–138.

© И. А. Апанович, 2013