

12. Орлов Д.Н., Михайлов В.А., Кузьмин Н.В., Хафизов И.А. Рекомендации по методике определения статистических характеристик сейсмической записи. Саратов: НВ НИИГГ, 1983. 34 с.
13. Орлов Д.Н., Потапова Т.В. К вопросу о структуре погрешностей в методе общей глубинной точки // Вопросы разведочной и промысловой геофизики. Саратов: Приволжское изд-во, 1971. С 26—31
14. Пистолькорс А.А. Антенны. М.: Связьиздат, 1947. 480 с.
15. Пузырев Н.Н. О фазовых искажениях и амплитудных характеристиках группирования сейсмоприемников на больших базах // Прикладная геофизика. № 17. М.: Гостоптехиздат, 1957. С. 3—15.
16. Пузырев Н.Н. Интерпретация данных сейсморазведки методом отраженных волн. М.: Гостоптехиздат, 1959. 451 с.
17. Цветаев А.А. Методы группирования в сейсморазведке. М.: Гостоптехиздат, 1953. 92 с.
18. Шестаков Э.С., Шаманов А.В. О влиянии формы импульса сигнала и аддитивного фона случайных помех КНД линейных продольных стационарных интерференционных систем. // Недра Поволжья и Прикаспия. № 29. Саратов: НВ НИИГГ, 2002. С. 39—44.
19. Шестаков Э.С., Игонин Д.В., Шаманов А.В. О влиянии случайных помех на характеристики интерференционных систем при использовании ЛЧМ зондирующих сигналов // Недра Поволжья и Прикаспия. № 34. Саратов: НВ НИИГГ, 2003. С. 49—54.
20. Шнейерсон М.Б., Майоров В.В. Наземная невзрывная сейсморазведка. М.: Недра, 1988. 233 с.

Саратовский государственный университет
Рецензент — С.И. Михеев

УДК 550.8.028:550.83.016

Е.Н. ВОЛКОВА, Ю.П. КОНЦЕНЕБИН, В.А. ИСАЕВ

ГРАВИТАЦИОННЫЕ АНОМАЛИИ В ПЛОСКОСТИ ХOZ ПРИ РЕАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ПЛОТНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В РАЗРЕЗЕ

На примере моделирования сложнопостроенной ловушки нефти Карпенского пересечения на северо-западе бортовой зоны Прикаспийской впадины показаны методические основы нового приема обработки при решении различных геолого-разведочных задач и преимущества модельной схемы аномалий силы тяжести в вертикальной плоскости по сравнению с традиционными сейсмогравиметрическими моделями. Предложенный способ интерпретации позволяет не только проследить динамику формирования гравитационного поля, но и сформировать модельный эксперимент по оценке эффективности применения некоторых стандартных приемов преобразования потенциальных полей в задачах выявления основных гравитационных факторов на глубине.

Сложность и разнообразие геологического строения разрезов порождают многообразие способов и методов обработки информации, которые направлены на получение более достоверных результатов, выявление тонких геофизических эффектов от источника и достоверную интерпретацию геолого-геофизических материалов.

На примере моделирования сложнопостроенной ловушки углеводородов Карпенского пересечения на северо-западе бортовой зоны в Прикаспийской впадине показаны методические основы нового приема обработки для решения различных геолого-разведочных задач.

На рассматриваемой площади установлена приуроченность нефтегазоносных ловушек к нижнепермскому барьерному рифу в контурах узкой полосы, вытянутой вдоль крутого рифового тренда. В поле аномалий силы тяжести нижнепермскому барьерному рифу в плане отвечает резко выраженная гравитационная ступень, окаймляющая Прикаспийскую впадину с севера и запада и смыкающаяся на востоке с аналогичной гравитационной ступенью западного борта Предуральского прогиба. Отображение верхнедевонских и каменноугольных барьерных рифов северного и западного бортов Прикаспийской впа-

дины в геофизических полях имеет особенности. Так, в отличие от нижнепермского барьерного рифа франские, фаменско-турнейские и верхневизейско-нижнебашкирские органогенные постройки, как правило, не отображаются на картах аномалий силы тяжести. Гравитационный эффект от древних рифов нивелируется влиянием первой сверху гравиактивной границы — поверхности карбонатного палеозоя. Краевые и барьерные рифы Прикаспийской впадины в целом характеризуются двумя основными разновидностями ловушек; в виде седиментационно-тектонических и тектонических вдольбортовых локальных поднятий. Эти замкнутые поднятия в пределах нижнепермского барьерного рифа, как правило, существуют в узком интервале разреза, но отсутствие непрерывных устойчивых сейсмических отражений затрудняет поиск таких вдольбортовых поднятий традиционной структурной сейсморазведкой. Целесообразно привлекать в процессе интерпретации другие геофизические данные, в частности, гравиметрические, содержащие объективную информацию о геологическом строении и вещественном составе разреза, с использованием разнообразных процедур комплексирования (например, сейсмогравимагнитное модели-

рование). Модельные исследования в таких случаях направлены на выявление оптимального и адекватного каждому методу варианта строения исследуемого объекта.

Кроме того, применение комплексного анализа на базе составления сейсмогравимагнитных моделей может способствовать разделению суммарных геопотенциальных полей и выделению компонент, отвечающих различным геологическим факторам: обобщенному разрезу, неоднородностям отдельных слоев, рельефу поверхности различных горизонтов, залегающих на разных глубинах.

Гравиметрическое моделирование разреза Карпенской площади выполнялось по сейсмическому профилю субмеридианального направления, проходящему через скважины 23, 22, 27, 11. В основу физико-геологической модели положен глубинный разрез, составленный И.Л. Харазом и Т.И. Леоновой (1991 г.) и обобщенные сведения о плотностях¹.

На временных разрезах по представляемому профилю с разной степенью уверенности прослеживаются следующие отражающие горизонты сверху вниз:

nJ и nK — от подошвы юрских и меловых отложений верхнего терригенного комплекса;

nP₁k — от подошвы галогенной толщи кунгурского яруса нижней перми;

nC₂ks — от подошвы каширских известняков, подстилающих II карбонатный комплекс (средне-го карбона—артинского яруса нижней перми);

nC₂mk — от подошвы мелекесского терригенного комплекса пород среднего карбона;

nC₁mh — от подошвы отложений михайловского горизонта визейского яруса нижнего карбона;

nC₁up — от подошвы упинского комплекса известняков турнейского яруса нижнего карбона;

nD₃g — от подошвы I карбонатного комплекса, объединяющего известняки верхнего девона и нижнего карбона;

nD₂vb — внутри I карбонатного комплекса, предположительно связываемый с подошвой воробьевских отложений.

Тектоно-седиментационная ловушка, расположенная севернее гребня рифового массива, отраженная в вышележащих комплексах поднятием с амплитудой до 50 м, практически не проявляется на наблюдаемой кривой аномалий силы тяжести Δg в интервале ПК 5–7. Среднеквадратичное отклонение значений аномалий расчетной кривой от наблюдаемой на итоговом разрезе, полученном при решении обратной задачи методом подбора, равно $\pm 0,41$ мГал. Это при таком горизонтальном градиенте поля силы тяжести вполне удовлетворительно и может служить подтверждением правильности выбора физико-геологической модели (ФГМ).

Предположения о тектонических нарушениях, заполненных менее плотными отложениями, не получили веских доказательств, так как снижение плотностей пород в зоне разломов ухудшает ре-

шение задачи. Предложенная тектоно-седиментационная модель среды не противоречит исходному сейсмическому разрезу, хотя тектонический фактор занимает второстепенное положение в рассматриваемой модели.

Дальнейшее исследование физико-геологической модели основывалось на изучении поэтапного формирования поля силы тяжести. С этой целью построены десять модельных разрезов, охватывающих определенные отражающие горизонты и отложения и ограниченных конкретным глубинным уровнем, который каждый раз принимался за поверхность расчета аномалий силы тяжести.

Первый вариант модельного разреза на уровне –6800 м включает отражающий горизонт, приуроченный к фундаменту Ф и породам рифея R. Последующие уровни формировались с помощью наращивания пород вверх по разрезу на разных глубинах.

Последний вариант разреза содержит всю известную геологическую информацию, заложенную в модель, и все отражающие горизонты: Ф, R, nD₃sr, nC₂ks, nP₁kg, nJ.

Расчетный график, полученный на первом уровне (–6800 м), отображает небольшой наклон фундамента во внутреннюю часть Прикаспийской впадины и геометрические особенности отражающего горизонта, связанные с предполагаемыми тектоническими нарушениями (рисунок). На втором уровне также заметен эффект от тектонических нарушений, заложенных в глубинном разрезе.

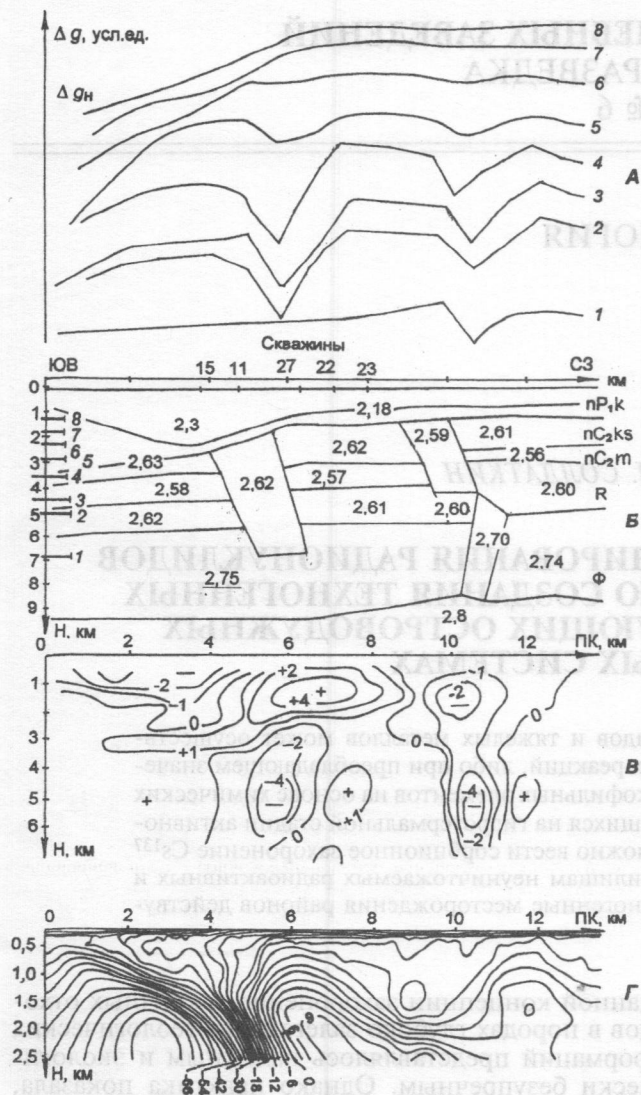
Введение в разрез карбонатно-терригенных отложений на третьем уровне не внесло изменений в конфигурацию кривой. На четвертой поверхности наблюдения кривая, связанная с введением клина подсолевых отложений, выполаживается. Появление галогенных пород с отрицательной эффективной плотностью формирует в расчетном поле гравитационную ступень, равную 10 мГал. Эффекты, связанные с тектоническими нарушениями, нивелируются за счет приближения гипотетической поверхности наблюдения и увеличения мощности осадочных пород. На шестом уровне гравитационная ступень достигает 20 мГал за счет увеличения мощности соленосных отложений до 1000 м. При переходе на седьмой уровень расчетное поле представляет собой плавную кривую, характеризующуюся изменением силы тяжести в зоне бортового уступа в 30 мГал. Тектонические нарушения, которые до этого четко фиксировались, проявились в виде пологого минимума в 2 мГал. На восьмом уровне подошва галогенной толщи установлена на всем профиле, наблюдается общее выравнивание кривой Δg , гравитационный эффект достигает максимального значения 43 мГал.

Конфигурация кривой на девятом уровне не отличается от предыдущей, так как соленосная толща имеет пластовое залегание.

Расчетная кривая, вычисленная от всего разреза, слабо дифференцирована, но резко снижается на ПК 1–6. Над тектоническими нарушениями никаких изменений кривой не наблюдается.

Анализ кривых от модельных срезов показал, что при вычитании фоновой составляющей из

¹ Конценебин Ю.П. Геологическая интерпретация гравитационных аномалий Нижнего Поволжья. Саратов: Изд-во СГУ, 1988. 216 с.



Геолого-геофизическая модель разреза Карпенской площади:
 А — расчетные кривые гравитационного поля на разных уровнях: (в м) 1 — 6800; 2 — 5000; 3 — 4500; 4 — 3400; 5 — 2800; 6 — 2250; 7 — 1700; 8 — 1300; Б — сейсмогравиметрическая модель: 1—8 — уровни; Ф — фундамент; В — модельная схема аномалий силы тяжести в вертикальной плоскости (усл. ед.); Г — схема трансформированных аномалий силы тяжести, построенная способом аналитического продолжения в нижнее полупространство

каждой кривой можно получить остаточные аномальные значения каждого уровня. Они могут послужить основой для построения модельной схемы аномалий поля силы тяжести в вертикальной плоскости XOZ . Схема, построенная предложенным способом, приведена на рисунке. Из ее рассмотрения очевидны методические преимущества модельных иллюстраций такого типа, позволяющие осуществлять сравнительный анализ сейсмических временных разрезов, исследуемых профилей, с теоретическими вертикальными разрезами поля силы тяжести и уточнить построения согласованной ФГМ.

Интерпретируя модели в вертикальной плоскости, можно объяснить отрицательные аномалии, выявленные ниже 3 км, наличием тектонических нарушений и пограничных зон, разделяющих глубинные блоки кристаллического фундамента. Анализ 3-километрового слоя позволяет

выделить положительную аномалию, приуроченную к зоне расположения гребня барьерного рифа в северо-западной части Прикаспийской впадины. С этой же зоной связано резкое изменение значений локальных аномалий. Конфигурация изоаномал, напоминающая ступень, отображает геометрические особенности кровли подсолевых отложений в зоне бортового уступа и подчеркивает его структуру.

Таким образом, при истолковании геолого-геофизических материалов Карпенского пересячения выявлены преимущества модельной схемы аномалий силы тяжести в вертикальной плоскости по сравнению с традиционными сейсмогравиметрическими моделями. Предложенный способ интерпретации позволит не только проследить динамику формирования гравитационного поля, но и обосновать модельный эксперимент по оценке эффективности применения некоторых стандартных приемов преобразования потенциальных полей в задачах выявления основных гравитационных факторов на глубине.

С этой целью в рамках Карпенской сейсмоплотностной модели выполнены расчеты теоретических эффектов на глубине с помощью аналитического продолжения в нижнее полупространство и вычисления горизонтальных и вертикальных градиентов аномалий силы тяжести в редукции Буге. Анализ полученных схем распределения трансформированных аномалий свидетельствует о несомненной эффективности применения способа аналитического продолжения вниз.

В плоскости XOZ выделяются положительные и отрицательные аномалии, адекватные аномалиям плотности пород. Обращает на себя внимание относительный максимум аномалий на глубине 2 км (ПК 6—8), совпадающий с областью распространения гребня барьерного рифа. Четко проявляется гравитационный минимум (ПК 2—4), связанный с увеличением мощности соленосной толщи до глубины 2,5 км.

Интенсивная гравитационная ступень, разделяющая поля разных знаков: на ПК 3—5 и менее интенсивный градиент на ПК 10—11,5, сопровождающийся субвертикальной конфигурацией изолиний, соответствует заданным тектоническим нарушениям, характеризующим блоковое строение фундамента и перекрывающих его отложений (ПК 3—5).

Схема преобразования аномалий Δg способом аналитического продолжения в нижнее полупространство создает содержательную основу на этапе интерпретации геолого-геофизической информации.

Очевидно, что при пересчете в нижнее полупространство в трансформированных аномалиях проявляются детали гравитационного поля, не заметные в наблюдаемом поле, что указывает на целесообразность использования аналитического продолжения в нижнее полупространство с использованием модели разреза.

Саратовский государственный университет
 Рецензент — С.И. Михеев.