



ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 236–240

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 4, pp. 236–240

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-4-236-240>

Научная статья

УДК 550.8.053

Сейсмогравиметрическое моделирование в геологических задачах участков Саратовской области

Е. Н. Волкова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Волкова Елена Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Аннотация. Геолого-геофизическое моделирование – современный и ставший классическим прием обработки и интерпретации данных, актуален в сегменте геологоразведки любого геофизического метода. В статье представлен материал двумерного моделирования на основе результатов гравиразведки и сейсморазведки в рамках лицензионных участков Саратовской области.

Ключевые слова: геологоразведка, геолого-геофизическое моделирование, интерпретация, гравиразведка, сейсморазведка

Для цитирования: Волкова Е. Н. Сейсмогравиметрическое моделирование в геологических задачах участков Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 236–240. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-4-236-240>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Seismic gravimetric modeling in geological problems of Saratov region sections

E. N. Volkova

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

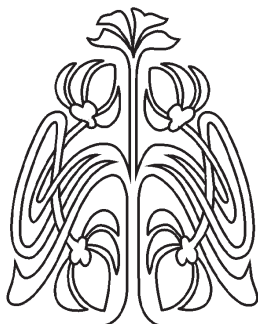
Elena N. Volkova, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Abstract. Geological and geophysical modeling is a modern and classic method of processing and interpretation, which is relevant in the segment of geological exploration of any geophysical method. The article presents the material of two-dimensional modeling based on the results of gravity and seismic exploration in the licensed areas of the Saratov region.

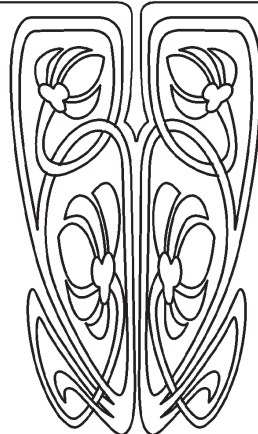
Keywords: geological exploration, geological and geophysical modeling, interpretation, gravity exploration, seismic exploration

For citation: Volkova E. N. Seismic gravimetric modeling in geological problems of Saratov region sections. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 4, pp. 236–240 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-4-236-240>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Введение

Известно, что прогнозирование нефтегазо-перспективных структур, а также их локализацию в геологическом разрезе целесообразно выполнять по отдельным интерпретационным профилям. На основе анализа теоретических сейсмоплотностных и натурных сейсмогравиметрических моделей необходимо изучить природу геофизических аномалий и выявить генетическую связь между геологическими и геофизическими характеристиками с целью определения основных аномалеобразующих факторов (от додевонского рельефа, поверхности палеозоя, локальных объектов, разрывных нарушений). Подобная задача выполнялась в пределах Степновского сложного вала, где к началу девонского времени сохранились предположительно рифейские «останцы» высотой до 150–200 м, с основанием в виде горстов в гранитогнейсовом фундаменте [1–4].

Формирование согласованных и эффективных моделей обобщенных интерпретационных разрезов

Попытки доказать вышеозначенный постулат потребовали на первом этапе вычислительных экспериментов формирования теоретических моделей, а в последующем создания обобщенных и натурных интерпретационных разрезов. Геолого-геофизические модели содержали известные литолого-стратиграфические комплексы, охарактеризованные средневзвешенными обобщенными значениями плотностей: мезозойско-кайнозойский терригенный комплекс отложений – 2,1 г/см³; каменноугольный терригенно-карбонатный комплекс – 2,5 г/см³; девонский карбонатный комплекс – 2,57 г/см³; девонский терригенный комплекс – 2,55 г/см³; комплекс рифейских отложений – 2,74 г/см³. Комплексы определены между соответствующими отражающими горизонтами: nJ – подошва юрских отложений, nC₂^{mk} – подошва мелекесских отложений, nC₁^{al} – подошва алексинских отложений, nD₃^{sr} – подошва саргаевских отложений, nD₂^{yb} – подошва воробьевских отложений.

Задача построения согласованной и эффективной модели в рамках акватории реки Волга, включающей часть Степновского сложного вала и его юго-западного пространственного продолжения на правый берег Волги, была выполнена для обобщенного глубинного разреза в направлении скважин Синеньская 1 – Отроговская 35.

В пределах участка и сопредельных с ним территорий изучение плотностей пород проводилось по образцам керн из скважин, обнажений, горных выработок. В итоге плотность девонских терригенных отложений по 110 образцам Отроговской площади составляет 2,52 г/см³, по 80 образцам Квасниковской – 2,57 г/см³, на Фурманской площади по 37 образцам – 2,46 г/см³, на Приволжской – 2,59 г/см³ по 23 образцам, на Елшанской по 63–2,58 г/см³, на Грязнушинской по 75 определени-

ям – 2,57 г/см³. Плотность рифейских отложений на Отроговской площади 2,64 г/см³ по 32 замерам и 2,58 г/см³ на Луговской по 13 замерам. Плотность под рифейскими отложениями (породы фундамента) на площадях Фурманская и Елшанская 2,74 г/см³, что получено по 58 образцам. Для выполнения теоретических расчетов были созданы многообразные упрощенные физико-геологические модели разнообразных геологических ситуаций.

Первоначально теоретическую и наблюдаемую кривую аномалии силы тяжести в редукции Буге совместили с погрешностью 0,40 за счет изменения по латерали плотностной характеристики. В результате чего плотности распределились следующим образом: первый слой от nJ до дневной поверхности имеет плотность 2,1 г/см³, второй слой от nC₂^{mk} до nJ – 2,5 г/см³, третий слой от nC₂^{mk} до nD₃ – 2,57 г/см³, слой рифейских отложений, который граничит с фундаментом, имеет неоднородную плотность. В процессе итерации проявились четко две зоны в отложениях фундамента и рифея. На пикете 0⁰⁰–28⁰⁰ для совмещения кривых потребовалось введение значений избыточной плотности, а на пикетах 30⁰⁰–60⁰⁰ – дефицита плотностей (рис. 1).

Далее для уменьшения погрешности был проведен подбор плотностей отдельно для двух участков профиля на ПК 0⁰⁰–30⁰⁰ и 30⁰⁰–70⁰⁰. Для решения обратной задачи дифференцировали третий слой и ввели дополнительные плотности: на ПК 0⁰⁰–15⁰⁰ – 2,61 г/см³; на ПК 16⁰⁰–50⁰⁰ – 2,57 г/см³; на ПК 50⁰⁰–70⁰⁰ – 2,55 г/см³, что может быть связано с литологической неоднородностью терригенного девона. Распределение плотностей фундамента также неоднородно: ПК 0⁰⁰–20⁰⁰ плотность 2,8 г/см³; ПК 21⁰⁰–70⁰⁰ плотность 2,74 г/см³. График аномалий Δg имеет максимальное значение в районе ПК 0⁰⁰–10⁰⁰ (35 усл. ед.) и затем плавно убывает до района ПК 35⁰⁰ (5 усл. ед.). Это связано с высокой плотностью слоев, подъемом фундамента – в районе ПК 0⁰⁰–10⁰⁰ – на глубине залегания 3 км и плавным погружением до района ПК 40⁰⁰ до глубины 6,5 км. Однако всеми плотностными факторами не удалось совместить теоретические и наблюдаемые значения.

Для получения согласованной модели необходимо было изменить геометрию поверхности предполагаемого фундамента (рис. 2). В итоге решения обратной задачи в районе ПК 40⁰⁰–50⁰⁰ прогнозируется локальное поднятие фундамента с глубиной свода 4,8 км, приуроченное к предполагаемому массиву. Далее граница фундамента, плавно погружаясь до глубины 6,5 км в районе ПК 55⁰⁰, воздымается до глубины менее 4 км на ПК 70⁰⁰, что соответствует плавному подъему значений g до 5 мГал.

Следует отметить, что обратную задачу гравиразведки на данной территории можно решить, опираясь прежде всего на гипотетические структурные осложнения глубоко погруженных отложений рифея и фундамента.

Привлекая к анализу результаты решения прямой задачи от сейсмоплотностной модели на-

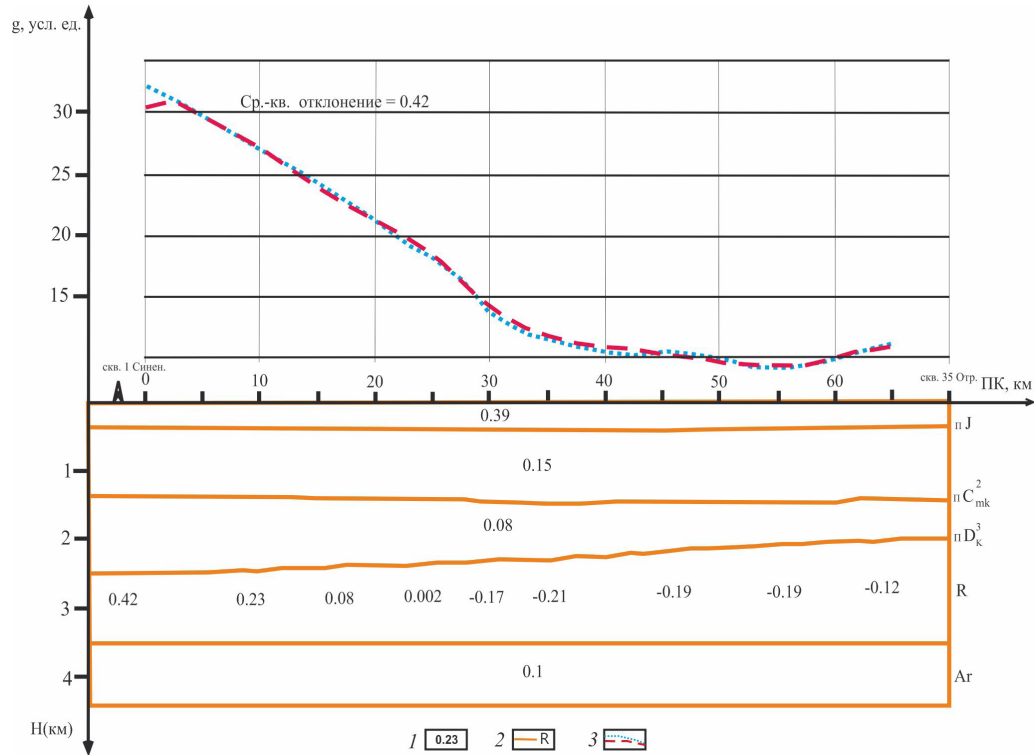


Рис. 1. Согласованная плотностная модель в направлении скважин 1 Синенькая – Отроговская 35: 1 – расчетные эффективные плотности рифея, г/см³; 2 – отражающие горизонты; 3 – графики наблюдаемых и расчетных значений аномалий Δg (цвет online)

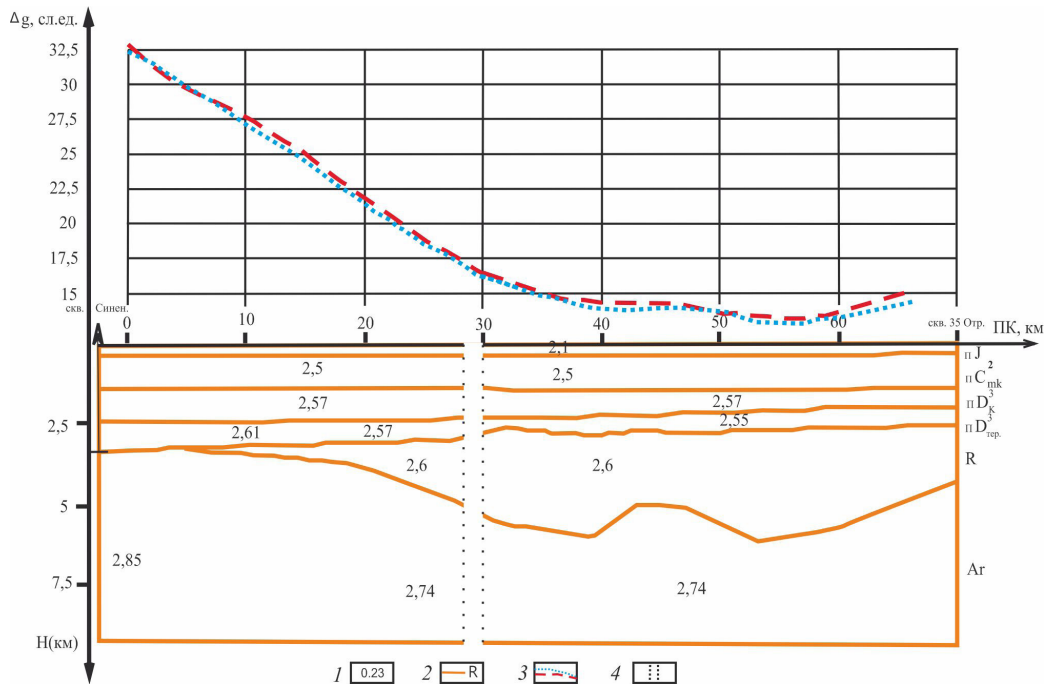


Рис. 2. Согласованная сейсмо-гравиметрическая модель разреза в направлении скважин 1 Синенькая – Отроговская 35: 1 – расчетные плотности, г/см³; 2 – отражающие горизонты; 3 – графики наблюдаемых и расчетных значений аномалий Δg ; 4 – границы расчета профилей (цвет online)

турного интерпретационного профиля центральной части Левобережья доказывается, что в формировании рельефа суммарного поля даже самая

гравиактивная поверхность палеозойских отложений, геометрия которой предлагается интерпретацией сейсморазведки, играет не первостепенную



роль. И даже исключая гравиметрический эффект от этой поверхности, принятая первоначальная геологическая модель гравитационному полю также не соответствует. Для получения согласованной модели необходимо создать гипотетическую основу физико-геологической модели с дополнительными источниками избыточной плотности в отложениях, залегающих ниже терригенного девона, и получить эффективную согласованную модель.

Заключение

Таким образом, природа наблюдаемого гравитационного поля не может быть объяснена выявленными гравиметрическими эффектами от отложений девонско-каменноугольного возраста. Следовательно, рассматриваемое поле формируется либо более глубоко залегающими

контактами между разными породами (фундамент, рифей), либо плотностными неоднородностями латерального простирания. Влияние предполагаемых горстов может быть различное как в создании структур в разрезе девона и карбона, так и в интенсивности соответствующих им локальных аномалий. Это зависит прежде всего от высоты гранитогнейсового горста, от глубины залегания его поверхности и от его размеров.

Очевидно, что обратную задачу гравиразведки на данной территории можно решить, опираясь прежде всего на гипотетические структурные осложнения глубоко погруженных отложений рифея и фундамента. Исходя из анализа теоретических и натуральных моделей, с учётом результатов выявления слабоинтенсивных аномалий можно предложить итоговые концептуальные геологические модели типа (рис. 3). Они характеризуют гео-

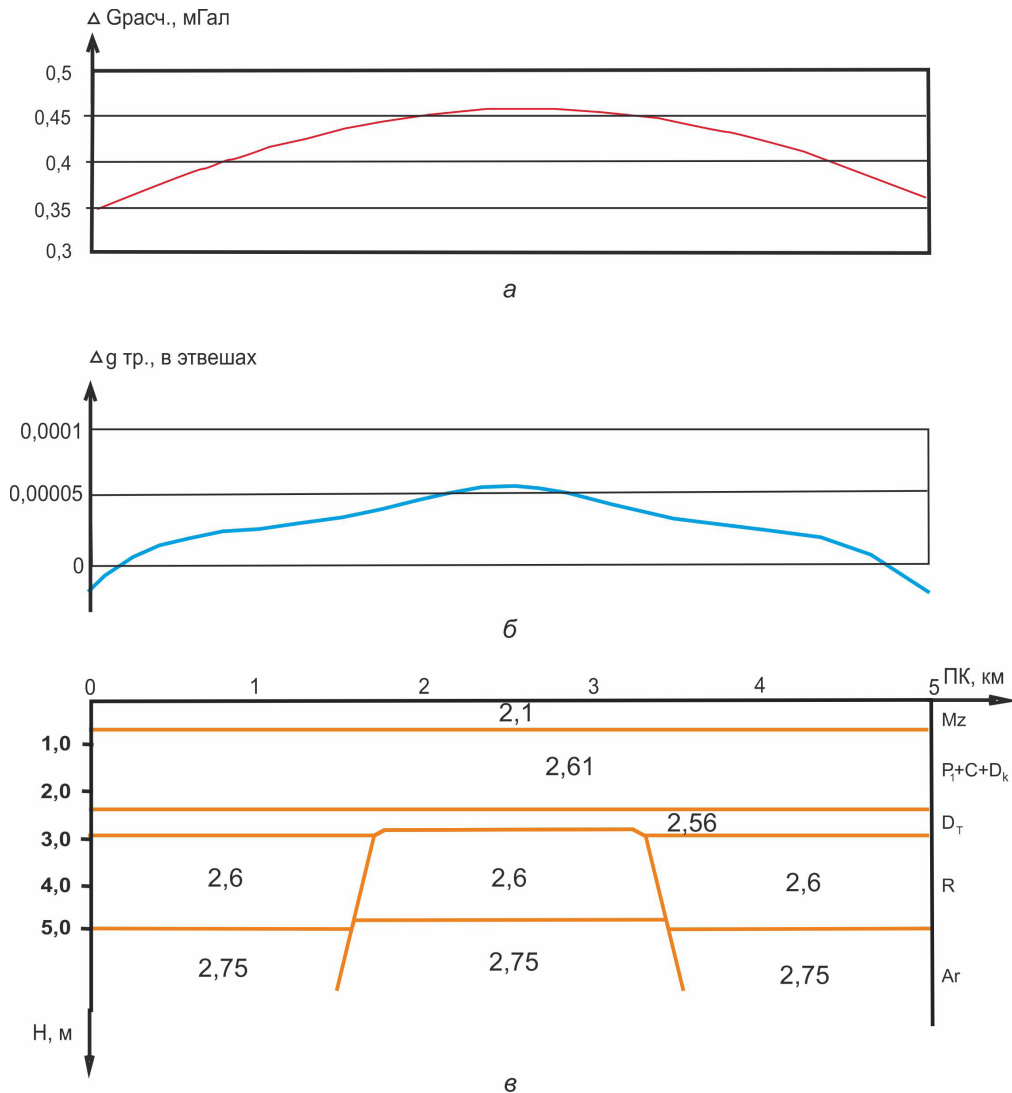


Рис. 3. Прогнозируемые структуры в отложениях рифейского и архейского возраста и их отображение в расчетных и трансформированных полях: *а* – график аномалии поля силы тяжести в редукции Буге; *б* – график трансформированной аномалии поля силы тяжести способом Саксова – Нигарда (радиус 0,5–2,5 км); *в* – концептуальные геологические модели (цвет online)



логические разрезы, включающие структуры в отложениях архея и рифея с амплитудой 100–200 м размерами около 1 км. Структуры такого типа могут формировать в двухмерном варианте аномалии интенсивностью до 0,2 мГал. Естественно, что градиент от таких плавных низкочастотных аномалий будет незначителен, что и иллюстрирует вычислительный эксперимент, представленный на рис. 3. На нем мы видим трансформированные аномалии, подчеркивающие неявные особенности слабоинтенсивного наблюдаемого поля. Амплитуда этих аномальных явлений 0,5 этвеш. Однако, учитывая, что прямые гравиметрические эффекты от аналогичных моделей в площадном варианте будут выше, интенсивность трансформированных аномалий также увеличиться до 1 этвеша, что доказывают полученные результаты теоретических экспериментов. Таким образом, концептуальные модельные разрезы от геологических структур предполагаемого девонского и додевонского воз-

раста могут сформировать выделяемые на территории исследований локальные аномалии, что и было доказано классическим методом моделирования.

Библиографический список

1. Волкова Е. Н., Артемьев А. Е., Баукова Н. Н., Санникова Е. П. Геологическая природа формирования гравитационного поля левобережья Саратовской области // Приборы и системы. 2020. № 4. С. 33–38.
2. Горьков Ю. Д. Условия формирования и особенности строения тектонических структур (на примере Саратовского и Волгоградского Поволжья) // Недра Поволжья и Прикаспия. 2016. Вып. 85. С. 20–25.
3. Шебалдин В. П. Тектоника Саратовской области. Саратов : ОАО Саратовнефтегеофизика, 2008. 44 с.
4. Орешкин И. В., Орешкин А. И. Направления поисковых работ на нефть и газ в девонсконижнекаменноугольных отложениях Степновского сложного вала // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 2. С. 68–73.

Поступила в редакцию 20.05.2021, после рецензирования 10.07.2021, принята к публикации 20.09.2021
Received 20.05.2021, revised 10.07.2021, accepted 20.09.2021