

# ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

УДК 553.98:550.831(470.53)

DOI: 10.7242/echo.2019.1.12

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ, ВЫДЕЛЯЕМЫХ ПРИ РЕГИОНАЛЬНЫХ РАБОТАХ НА НЕФТЬ И ГАЗ

И.В. ГЕНИК

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация.** В Пермском крае и сопредельных регионах выполнен значительный объем региональных геофизических работ (сейсморазведка и гравиразведка) на нефть и газ. Подведение общих итогов региональных работ связано со статистическим описанием выделенных объектов (сейсмические структуры и приподнятые участки, гравиметрические аномалии), чтобы наиболее точно охарактеризовать параметры новых возможных нефтеперспективных объектов и их вероятные ресурсы. Вначале на примере Березовской площади рассмотрена методика исследований, способы описания аномалий и структур. Анализировались для гравитационных аномалий и сейсмических структур и приподнятых участков: вид и распределение площадей и амплитуд; корреляционные зависимости между площадью и амплитудой без учета и с учетом типа (генезиса) объекта; корреляционные связи между площадями для сейсмических объектов и гравитационных аномалий и аналогичные соотношения для амплитуд. Всего было проанализировано восемь площадей региональных работ, где было выделено 225 структур и приподнятых участка (общей площадью 1645 км<sup>2</sup>), а также 467 гравитационных аномалий (общей площадью 4025 км<sup>2</sup>). Установлено, что распределения сейсмических объектов носит логнормальный характер с максимумами площади 2.2-4.5 км<sup>2</sup> и амплитуды 7.9-12 м. Для гравитационных аномалий максимумы были при площади 4.2-7.2 км<sup>2</sup> и амплитуде 0.12-0.21 мГал. Связи между площадью и амплитудой для сейсмических объектов и гравитационных аномалий имели вид пологих степенных кривых с показателем меньшим единицы, представляя собой зависимости со значениями коэффициента детерминации около 0.4. Зависимость с наибольшим коэффициентом детерминации, большим 0.6, была получена при описании связи между площадью гравитационных аномалий и площадью сейсмических структур и приподнятых участков.

**Ключевые слова:** гравиразведка; сейсморазведка; нефть и газ; Пермский край; региональные геологоразведочные работы; статистические методы.

### Введение

В Пермском крае и сопредельных регионах в 1999-2013 годах выполнен большой объем региональных геофизических работ на нефть и газ [1, 5]. Рассмотрение результатов этих работ выполнялось как со стороны сейсморазведки [4], так и со стороны гравиразведки [3]. Ранее выполненный анализ гравиметрических результатов включал рассмотрение средних параметров геофизических съемок и аномалий по каждой площади и оценку статистических характеристики геофизических полей, используемых при интерпретации.

### Методы и подходы

Рассмотрим детальные характеристики гравитационных аномалий и сейсмических объектов (структур и приподнятых участков) [2]. Для анализа использовались данные региональных работ выполненных в Кировской области (две площади) и Пермском крае (шесть площадей), в различных тектонических регионах: две на Камском своде (Пономаревская и Керчевская), две на Пермском своде (Григорьевская и Юго-Камская) и две в Предуральском краевом прогибе (Березовская и Суксунская). Для площадей анализировались следующие характеристики для объектов, характеризующих кровлю

визейских терригенных отложений (ОГ II<sup>K</sup>): площади ( $S_g$ , км<sup>2</sup>) и амплитуды ( $A_g$ , мГал) гравитационных аномалий, площади ( $S_s$ , км<sup>2</sup>) и амплитуды ( $A_s$ , м) сейсмических структур и приподнятых участков.

В связи с этим решались следующие задачи:

- 1) исследование распределения площадей и амплитуд гравитационных аномалий (определение количества вхождения величин в заданный интервал);
- 2) изучение взаимосвязи значений  $S_g$  и  $A_g$  (получение корреляционной зависимости);
- 3) исследование распределения площадей и амплитуд структур и приподнятых участков;
- 4) получение корреляционной зависимости значений  $S_s$  и  $A_s$ , с учетом и без учета типа (генезиса) сейсмического объекта;
- 5) построение корреляций, связывающих: а) амплитуды гравитационных аномалий и сейсмических объектов; б) площади гравитационных аномалий и сейсмических объектов.

Вначале рассмотрим решение указанных задач на примере одной площади, а затем приведем результаты по всем восьми анализируемым площадям.

Для примера возьмем Березовскую площадь, расположенную в южной части Предуральяского прогиба (Юрюзано-Сылвенская депрессия). Площадь имеет сложные геологические условия, что описывается невысоким коэффициентом множественной корреляции (0.626) между сейсмическими и несейсмическими данными (гравитационное и магнитное поле, их трансформанты, рельеф земной поверхности).

Для Березовской площади и пяти других площадей имелись детальные описания всех сейсмических структур и приподнятых участков (тип, амплитуда и др. параметры), еще для двух площадей имелись только краткие описания (тип, амплитуда) для наиболее высокоамплитудных структур.

На Березовской площади сейсморазведкой выделено 65 объектов: шесть структур и 59 приподнятых участков. Установлено, что зависимость между площадью и амплитудой носит линейный характер с коэффициентом детерминации равным 0.451. Рассмотрение такого рода зависимостей для структур различного типа (генезиса) показало следующее. Только для наиболее распространенного типа структур (тектоноседиментационный, 29 структур) коэффициент детерминации связи  $R^2$  был больше (0.544) чем в общем случае. Для двух других типов он был ниже. Еще для одного типа  $R^2$  был выше, но этот тип представлен всего шестью объектами. В связи с этим в дальнейшем анализировались сейсмические объекты в целом без разделения на типы.

Распределения структур и приподнятых участков по площади имело максимум объектов в самом первом интервале из семи (от 0.2 до 2.0 км<sup>2</sup>). Распределение по амплитуде имело максимум объектов во втором интервале из семи (от 6.0 до 8.7 м). Такого рода зависимости близки к логнормальным, и для получения нормального распределения частот были построены распределения логарифмов площадей и амплитуд. Распределения имели вид близкий к нормальному, но для распределения логарифма амплитуды был дополнительный небольшой максимум частоты в самом последнем интервале. Аналогичные распределения были построены для площадей и амплитуд гравитационных аномалий.

### Результаты и обсуждение

Рассмотрим результаты по всем восьми площадям региональных работ. Распределения логарифмов площади и амплитуды для 225 сейсмических объектов (51 структура и 174 приподнятых участка) имели нормальный вид (без побочных максимумов) с максимумом площади в интервале от 2.2 до 4.5 км<sup>2</sup> и амплитуды в

диапазоне 7.9-12 м. Для 467 гравитационных аномалий распределения так же имели нормальный вид с максимумом площади при 4.2-7.2 км<sup>2</sup> и максимумом амплитуды 0.12-0.21 мГал.

Связь между площадью и амплитудой гравитационных аномалий описывалась степенной зависимостью с коэффициентом детерминации 0.447:

$$A_g = 0.0558 \cdot S_g^{0.696}$$

Для такой зависимости переход к логарифмическому масштабу по обеим осям даже уменьшил коэффициент детерминации новой зависимости. В связи с этим далее все зависимости анализировались при линейном масштабе по обеим осям.

Сейсмические структуры и приподнятые участки также имели зависимость между площадью и амплитудой степенного вида:

$$A_s = 6.90 \cdot S_s^{0.341}$$

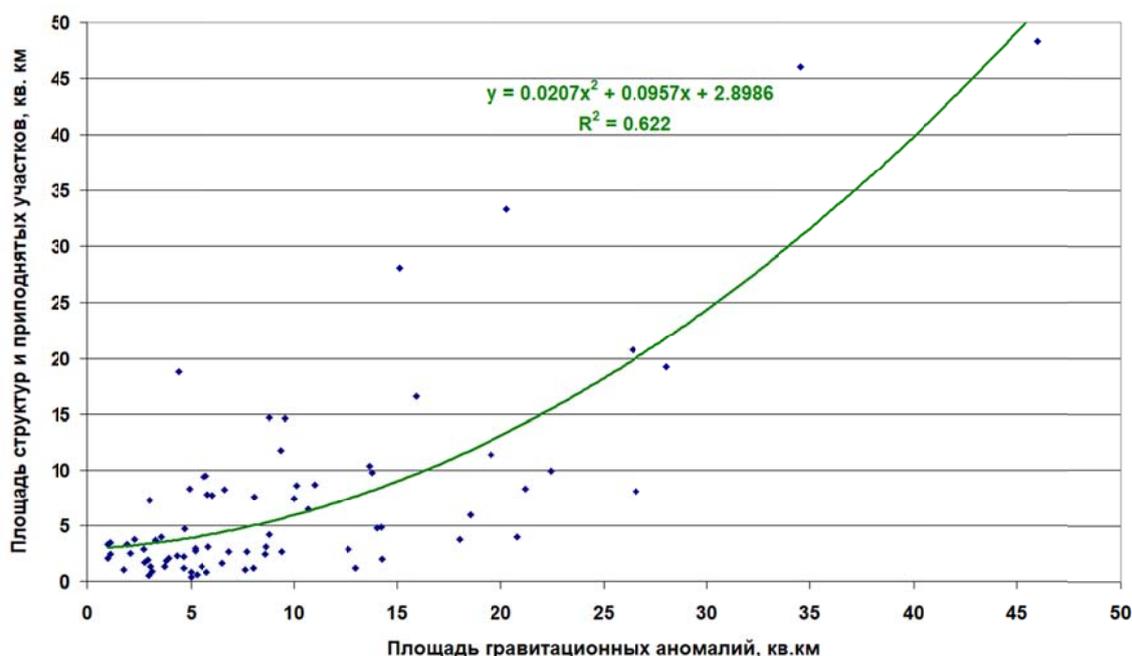
с коэффициентом детерминации 0.389.

Далее были рассмотрены связи между амплитудами гравитационных аномалий и сейсмических структур и приподнятых участков, а также между площадями аномалий и сейсмических объектов. Рассматривались такие гравитационные аномалии (всего 77 аномалий), которые в плане перекрывали не менее чем на 50% площади сейсмические объекты.

Связь между амплитудами гравитационных аномалий и сейсмических объектов имела линейный вид с  $R^2=0.423$ :

$$A_s = 21.3 \cdot A_g + 6.87$$

На рис. 1 приведена зависимость с повышенным значением коэффициента детерминации для квадратической зависимости  $S_s=f(S_g)$ .



**Рис. 1.** Связь между площадью гравитационных аномалий и площадью сейсмических структур и приподнятых участков для ОГ II<sup>К</sup>

## Выводы

Таким образом, для восьми площадей, для которых были подробные описания сейсмических объектов, включая амплитуду, выполнен анализ результатов региональных геофизических работ на нефть и газ с целью изучения возможности прогнозирования по данным гравиразведки возможных сейсмических объектов.

Изучались связи между характеристиками гравиметрических аномалий и параметрами структур и приподнятых участков, выделяемых сейсморазведкой. Изучение связей проводилось как внутри групп (связи  $S_g=f(A_g)$ ,  $S_s=f(A_s)$ ), так и между группами для объектов, достаточно хорошо совпадающих в плане (связи  $A_s=f(A_g)$ ,  $S_s=f(S_g)$ ). Для внутригрупповых связей получены невысокие значения коэффициентов детерминации, менее 0.5.

При межгрупповых сравнениях установлено, что наибольшую достоверность имеет связь, описывающая зависимость площади сейсмического объекта от площади гравитационной аномалии.

Полученные результаты имеют значение как для оценки информативности и прогностической способности современной высокоточной гравиразведки при поисках и разведке сейсмических структур и приподнятых участков, имеющих небольшие площади (до 12 км<sup>2</sup>) и амплитуды (до 25 м), так и в дальнейшем при автоматическом выделении аномалий по гравиметрическим трансформантам.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бычков С.Г., Неганов В.М., Новоселицкий В.М. Программные принципы региональных геофизических работ, реализуемые на северо-востоке Урало-Поволжья // Приоритетные направления геологоразведочных работ на территории Приволжского и Южного Федеральных округов в 2004-2010 гг.: материалы науч.-практ. регион. конф. / СО ЕАГО. – Саратов, 2003. – С. 89-90.
2. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике. Справочник геофизика / под ред. В.И. Дмитриева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Недра, 1990. – 498 с.
3. Геник И.В. Прогнозирование результатов региональных гравиметрических работ на нефть и газ с использованием статистических методов // Геофизика. – 2017. – № 5. – С. 38-43.
4. Неганов В.М. Сейсмогеологическая интерпретация геофизических материалов Среднего Приуралья и перспективы дальнейших исследований на нефть и газ. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. – 247 с., табл., цв. ил.
5. Проворов В.М., Соснин Н.Е., Неганов В.М. Приоритетные направления дальнейшего освоения природных ресурсов нефти и газа в северных и западных районах Урало-Поволжья на ближайшую и дальнюю перспективу // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2005. – № 3-4. – С. 15-21.

УДК 550.83.016

DOI: 10.7242/echo.2019.1.13

## ВЛИЯНИЕ СФЕРИЧНОСТИ ЗЕМЛИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

А.С. Долгаль

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь,*

**Аннотация:** Кратко рассмотрена проблема учета сферообразной формы Земли при обработке и интерпретации данных гравиметрической и магнитной съемок. На примере материалов крупномасштабной аэромагнитной съемки, выполненной в центральной части Норильского рудного района, показаны нелинейные искажения сигнала, обусловленные криволинейностью земной поверхности. В качестве оценки снизу влияния сферичности предлагается использовать разность радиальной и вертикальной производных гравитационного потенциала. Представлены результаты 2.5D и 3D моделирования погрешностей, связанных с использованием «плоской» модели Земли при решении