

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СФЕРИЧНОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В.В. Хохлова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Оценка целесообразности учета сферичности Земли при проведении повторных гравиметрических исследований. Рассмотрен практический пример учета криволинейности земной поверхности в процессе редуцирования данных высокоточной гравиметрической съемки при небольших размерах изучаемой площади.

Ключевые слова: гравиразведка, гравиметрический мониторинг, сферический параллелепипед, обработка полевых данных, гравиметрическое редуцирование.

Гравиметрические мониторинговые наблюдения широко применяются для изучения динамики геологических и техногенных процессов: просадки земной поверхности, карст, контроль за разработкой на месторождениях нефти, газа и других полезных ископаемых [1, 2]. При этом четких требований для проведения и обработки результатов мониторинга в «Инструкции по гравиразведке» [5] не приводится, поэтому принято использовать стандартный граф обработки полевых наблюдений, в котором не учитывается сферичность земной поверхности. Однако в ранее опубликованных статьях [4, 8, 9] было показано, что использование «плоской» модели Земли вносит непрогнозируемые погрешности в результаты полевых наблюдений. Для оценки целесообразности учета сферичности земной поверхности при проведении мониторинговых исследований была произведена повторная обработка полевых данных, полученных при гравиметрических наблюдениях на Верхнекамском месторождении калийных солей (ВКМКС).

Промышленная разработка Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) ведется с 1934 года. Ввиду активного техногенного воздействия на участке ВКМКС, расположенном на западном склоне соляного поднятия, образовалась просадка земной поверхности, которая спустя три года заполнилась грунтовыми водами [4]. Размеры образовавшегося озера: длина – 1.2 км, ширина южной части – 0.7 км, северной – 0.4 км; территориально расположено в черте г. Соликамск, на 1.8 км западнее СКРУ-2 (Соликамского калийного рудоуправления) (рис. 1).

В 2018 году была выполнена гравиметрическая съемка масштаба 1:10 000 по равномерной сети точек 100×100 м, далее в 2021 году были проведены повторные наблюдения по той же сети пунктов, той же аппаратурой: гравиметры AUTOGRAV CG-5 № 127, 82 фирмы SCINTREX (Канада). В качестве топографо-геодезической аппаратуры использовались электронный тахеометр Topcon GTS-239, GPS-приемники «Trimble R8», навигационные GPS-приемники Garmin. Измерения силы тяжести на пунктах рядовой сети производились по однократной методике в одном рейсе. Оценка качества съемок приведена в таблице 1.

Первичная обработка полевых данных осуществлялась в соответствии с «Инструкцией по гравиразведке» [5]. Поправки за свободный воздух и промежуточный слой были вычислены с использованием традиционных формул. Поправка за влияние рельефа местности не вычислялась ввиду отсутствия необходимости, т.к. исследования мониторинговые. Плотность промежуточного слоя была определена методом Неттлетона и принята 2.3 г/см³.

Среднеквадратическая погрешность определения аномалии Буге с учетом погрешности наблюдаемых значений силы тяжести, определения высот и координат пунктов наблюдений составила ± 0.025 мГал в 2018 г. и ± 0.030 мГал в 2021 г. Карты значений аномалии в редукции Буге при $\sigma = 2.3$ г/см³ представлены на рисунках 2А и Б.

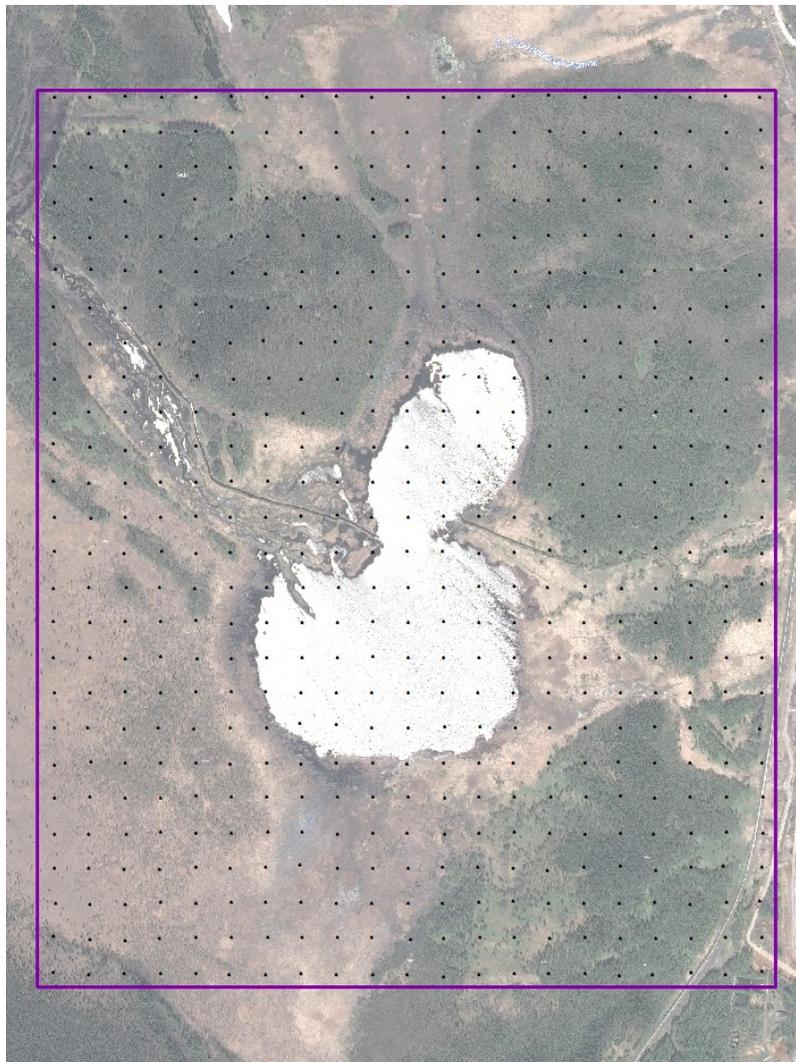


Рис. 1. Техногенное озеро на ВКМКС

Таблица 1

Оценка качества съемок

| Год съемки | Общее кол-во пунктов | Кол-во контрольных наблюдений | Процент контрольных наблюдений | Погрешность ед. наблюдения, мГал |
|------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 2018 | 546 | 59 | 10.8% | ± 0.022 |
| 2021 | 546 | 360 | 65.9% | ± 0.029 |

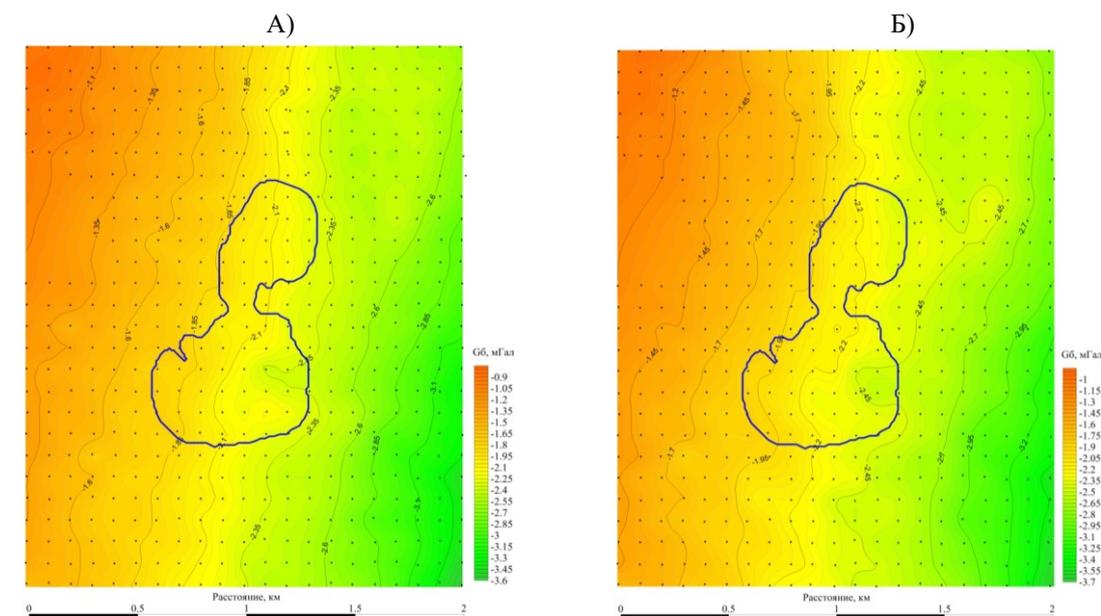


Рис. 2. Поле аномалий силы тяжести в редукции Буге ($\sigma = 2.3 \text{ г/см}^3$) с сечением изоаномал 0.05 мГал: А) 2018г.; Б) 2021 г.

Диапазон изменения значений поля в пределах участка составляет 2.72 мГал в 2018 г. и 2.66 мГал в 2021 г. Значения поля уменьшаются на восток – юго-восток в соответствии с поднятием кровли соляной толщи, обладающей более низкой плотностью по сравнению с вышележащими породами.

Учет сферичности Земли при мониторинговых наблюдениях заключается в использовании отличной формулы поправки за промежуточный слой. Первичная обработка проходит, как и при стандартном графе обработки. Далее поправки за свободный воздух и промежуточный слой были вычислены с использованием формул А.И. Каленицкого [6]. Полученные гравитационные аномалии в редукции Буге с учетом сферичности земной поверхности (рис. 3) характеризуются амплитудой от -0.20 до -2.94 мГал в 2018 г. и от -0.29 до -2.97 мГал в 2021 г.

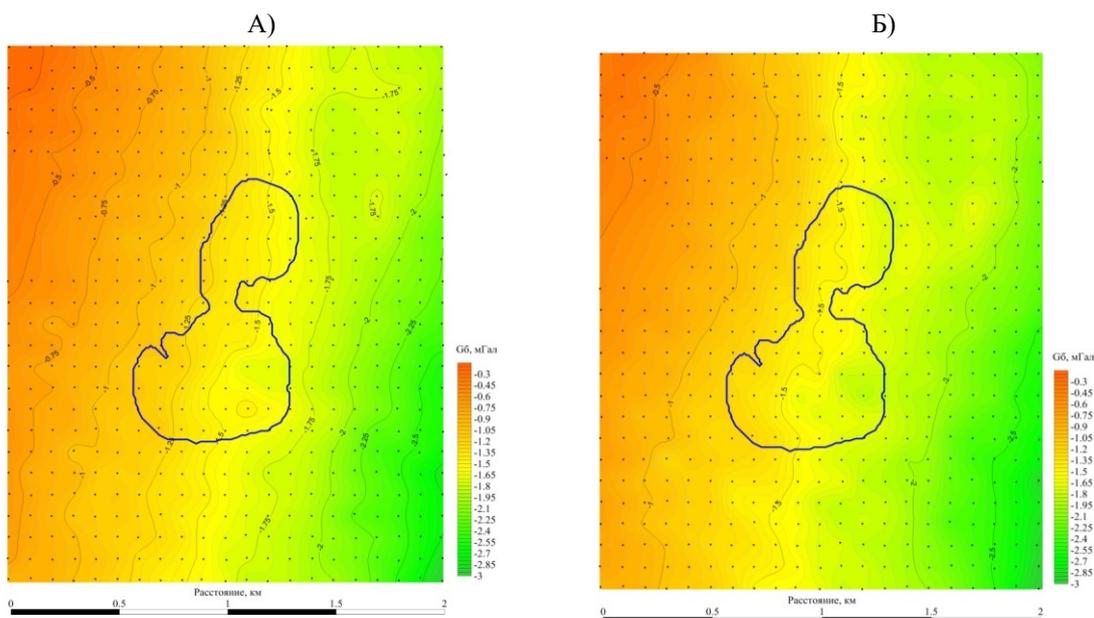


Рис. 3. Поле аномалий силы тяжести в редукции Буге ($\sigma = 2.3 \text{ г/см}^3$) с учетом сферичности (сечение изоаномал 0.05 мГал): А) 2018 г.; Б) 2021 г.

По результатам анализа динамической аномалии с учетом сферичности и без очевидно, что качественного изменения аномалий не происходит. Количественно разница колеблется в районе 0,001-0,002 мГал, что меньше точности современных гравиметров, соответственно, не является существенной погрешностью. По результатам выполненной работы можно сделать вывод, что при проведении мониторинговых исследований можно не принимать во внимание сферичность Земли, т.к. повторные наблюдения на площади по одной и той же системе профилей автоматически учитывают стационарное гравитационное влияние, отражая только сам динамический процесс.

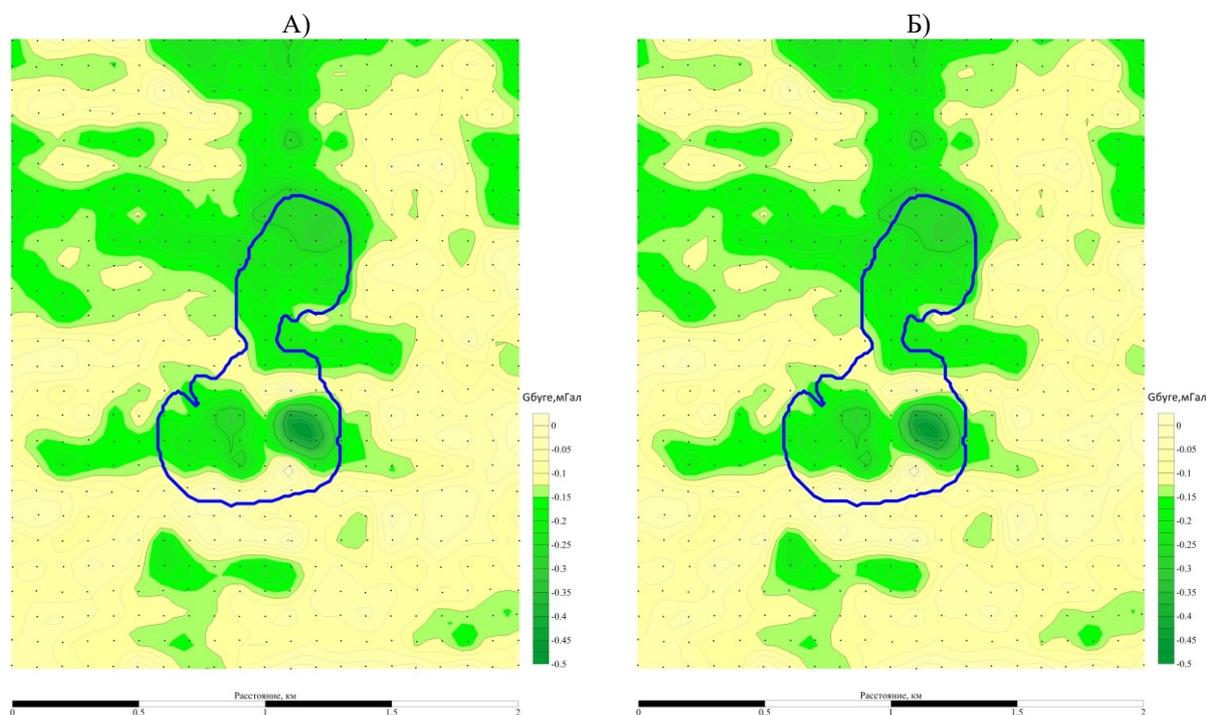


Рис. 4. Динамическая аномалия силы тяжести 2021-2018 гг:
А) плоская модель Б) сферическая модель

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барях А.А., Санфиоров И.А., Дягилев Р.А. Мониторинг последствий затопления калийного рудника // Горный журнал. – 2013 – № 6. – С. 34-39.
2. Бычков С.Г., Мичурин А.В., Симанов А.А. Гравиметрический мониторинг потенциально-опасных участков Верхнекамского месторождения калийных солей // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2019. – № 2 (39). – С. 187-194.
3. Бычков С.Г., Симанов А.А., Хохлова В.В. Контроль динамики развития разуплотненных зон в поработанном массиве горных пород на основе повторных гравиметрических исследований // Геофизика. – 2022. – №5. – С. 9-14.
4. Долгаль А.С., Бычков С.Г., Симанов А.А., Хохлова В.В. Основные элементы технологии учета гравитационного влияния топографических масс для шарообразной Земли // Вестн. КРАУНЦ. Сер. Наука о Земле. – 2015. – Вып. 28, № 4. – С. 40-46.
5. Инструкция по гравirazведке. – М.: Недра, 1980. – 83 с.
6. Методические рекомендации по учету влияния рельефа местности в гравirazведке / СНИИГиМС; [Сост.: А.И. Каленицкий, В.П. Смирнов]. – Новосибирск, 1981. – 174 с.: ил.
7. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2001. – 429 с.: ил.
8. Хохлова В.В. Применение современных методов гравиметрического редуцирования (на примере ультрамафитового массива Кондёр) // Горное эхо. – 2021. – № 4 (85). – С. 83-86. – DOI: 10.7242/echo.2021.4.17.
9. Хохлова В.В. Разработка методов решения прямой задачи гравirazведки на сферической Земле // Горное эхо. – 2020. – № 2 (79). – С. 71-73. – DOI: 10.7242/echo.2020.2.14.