

8. Зильбершмидт В.Г., Тинантеев О.А. Экспериментальное определение зон трещинообразования в массивах соляных пород Верхнекамского калийного месторождения реометрическим методом // Разработка соляных месторождений: межвуз. сб. науч. тр. / ППИ. – Пермь, 1974. – С. 54-58.
9. Марakov В.Е., Нестеров М.П., Непримеров А.Ф. Изменение напряжений в сильвинитовых целиках в зависимости от их возраста и расположения в выработанном пространстве // Напряжённое состояние породных массивов: сб. науч. тр. / ИГД СО АН СССР. – Новосибирск, 1978. – С. 3-5.
10. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых: (Петрофизика). Справ. геофизика / под ред. Н.Б. Дортман. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, – 1984. – 455 с.: ил.
11. Санфиоров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ / ГИ УрО РАН. – Екатеринбург, 1996. – 168 с.
12. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Сальников А.П. Контроль состояния горного массива методами многоволновой шахтной сейсморазведки // Горн. вестн. – 1998. – № 6. – С. 94-99.

УДК 550.831

DOI:10.7242/echo.2024.2.6

ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ

С.Г. Бычков

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Гравиметрические исследования Верхнекамского месторождения калийных солей проводились с середины 1920-х годов с помощью гравитационных вариометров. С конца 50-х годов с появлением высокопроизводительных кварцевых гравиметров начаты планомерные гравиметрические исследования месторождения. Гравиметрическими партиями Баженовской геофизической, Пермской геологоразведочной, ФГУП «Пермрудгеофизика» и Научно-производственной геофизической экспедицией Горного института УрО РАН съемки разных масштабов проведены практически на всей территории месторождения. Эти работы позволили построить сводную гравиметрическую карту, которая отражает основные элементы геологического строения Верхнекамского месторождения калийных солей.

Ключевые слова: гравиразведка, аномалии силы тяжести, изученность, соли, Верхнекамское месторождение.

Гравиразведка была первым геофизическим методом изучения Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС). Как докладывалось на Первой Всесоюзной геофизической конференции в 1932 г.: *«В Соликамском районе с 1926 г. по 1931 г. взято около 2300 пунктов и исследована площадь около 150 км². ... В основном исследование гравиметрической разведкой Соликамского калийного месторождения можно считать законченным ... Все будущие рудники – шахтные поля исследованы гравиметрической разведкой»* [1].

Здесь не случайно использован глагол «взято». Съёмки производились гравитационными вариометрами. Это громоздкие и тяжелые приборы транспортировались грузовым транспортом, а каждое измерение длилось несколько часов, поэтому можно представить трудоемкость этих съёмок. Вариометры измеряли вторые производные потенциала силы тяжести, что позволяло определить величину и направление наибольшего градиента силы тяжести. (Эти съёмки вспоминал В.М.Новоселицкий: «новое – это хорошо забытое старое», когда обосновывал метод векторного сканирования гравитационного поля, основанный на вычислении векторов горизонтальных градиентов, имея в виду высокую чувствительность к плотностным неоднородностям градиентов, определяемых вариометром, по сравнению с данными последующих гравиметрических съёмок [6]).

Основной задачей гравиразведки тех лет было прежде всего выяснение возможностей картирования кровли соляной залежи. Для интерпретации использовался корреляционный метод, заключающийся в определении коэффициентов уравнения регрессии между значениями поля и глубины кровли солей. Результаты интерпретации были подтверждены последующим бурением. Расхождение отметок кровли солей составило 10-15 м.

В условиях тех лет была проделана огромная работа, значение которой для геологической разведки Верхнекамского месторождения калийных солей и в целом для развития гравиметрии трудно переоценить. Как сказано в конце доклада [1]: *«Результатами гравиметрических работ Союзкалий пользуется и будет пользоваться при выборе новых рудников и при заложении шахт»*. Можно констатировать, что исследованиями первых гравиметристов был дан мощный импульс применения гравиметрии для исследования Верхнекамского месторождения солей.

С конца 50-х годов, с появлением высокопроизводительных кварцевых гравиметров, начаты планомерные гравиметрические исследования ВКМКС [3]. В 1986-1990 годах Баженовской геофизической и Пермской геологоразведочной экспедициями выполнены ревизионные и увязочные работы съемок прошлых лет и составлена кондиционная гравиметрическая карта масштаба 1:25 000 центральной части месторождения (рис. 1).

По результатам этих съемок были построены карты поверхности покровной каменной соли, уточнены контуры крупных структур соленосной толщи, протрассированы борта Дуринского и Боровицкого прогибов и возможные разрывные нарушения в осадочном чехле, выявлены рифогенные массивы в подсолевых отложениях, выделены участки возможного развития ослабленных зон. С использованием современных методов извлечения информации из гравиметрических данных, эти материалы используются в настоящее время для переинтерпретации, с целью выявления зон разуплотнения в водозащитной толще на планируемых к отработке площадях шахтных полей.

В 1990-1995 гг. гравиметрическими партиями ФГУП «Пермрудгеофизика» выполнены съемки на севере, востоке и юге ВКМКС масштаба 1:50 000. Таким образом, к настоящему времени практически вся территория ВКМКС обеспечена гравиметрической основой масштабов 1:25 000 и 1:50 000 и представлена кондиционными гравиметрическими картами.

Созданная в 2000 г. в Горном институте УрО РАН Научно-производственная геофизическая экспедиция, оснащенная современными высокоточными компьютеризированными гравиметрами, провела большой объем гравиметрических работ преимущественно на западе ВКМКС масштабов 1:25 000 и 1:50 000. Хотя эти работы проводились с нефтепоисковыми целями, они позволили полностью закрыть гравиметрическими съемками всю территорию месторождения и построить сводную гравиметрическую карту (рис. 2).

Кроме того на многих участках проведены детальные гравиметрические исследования масштабов 1:10 000 и 1:5 000 с целью изучения пространственного распределения плотности горных пород в надсоляной и соляной толщах, выявление разуплотненных участков, динамики их развития в пределах потенциально-опасных участков, контроля оседаний земной поверхности.

Общий диапазон изменения гравитационного поля ВКМКС составляет более 30 мГал. Наблюдается отчетливое уменьшение значений поля в восточном направлении. Данное уменьшение, очевидно, объясняется погружением поверхности кристаллического фундамента, сложенного более плотными породами относительно отложений осадочного чехла на восток до 8 – 9 км, а также резким увеличением в восточном направлении мощности нижнепермского терригенного клина от 0 м до 2500 м, сложенного менее плотными породами, относительно карбонатных отложений [5].

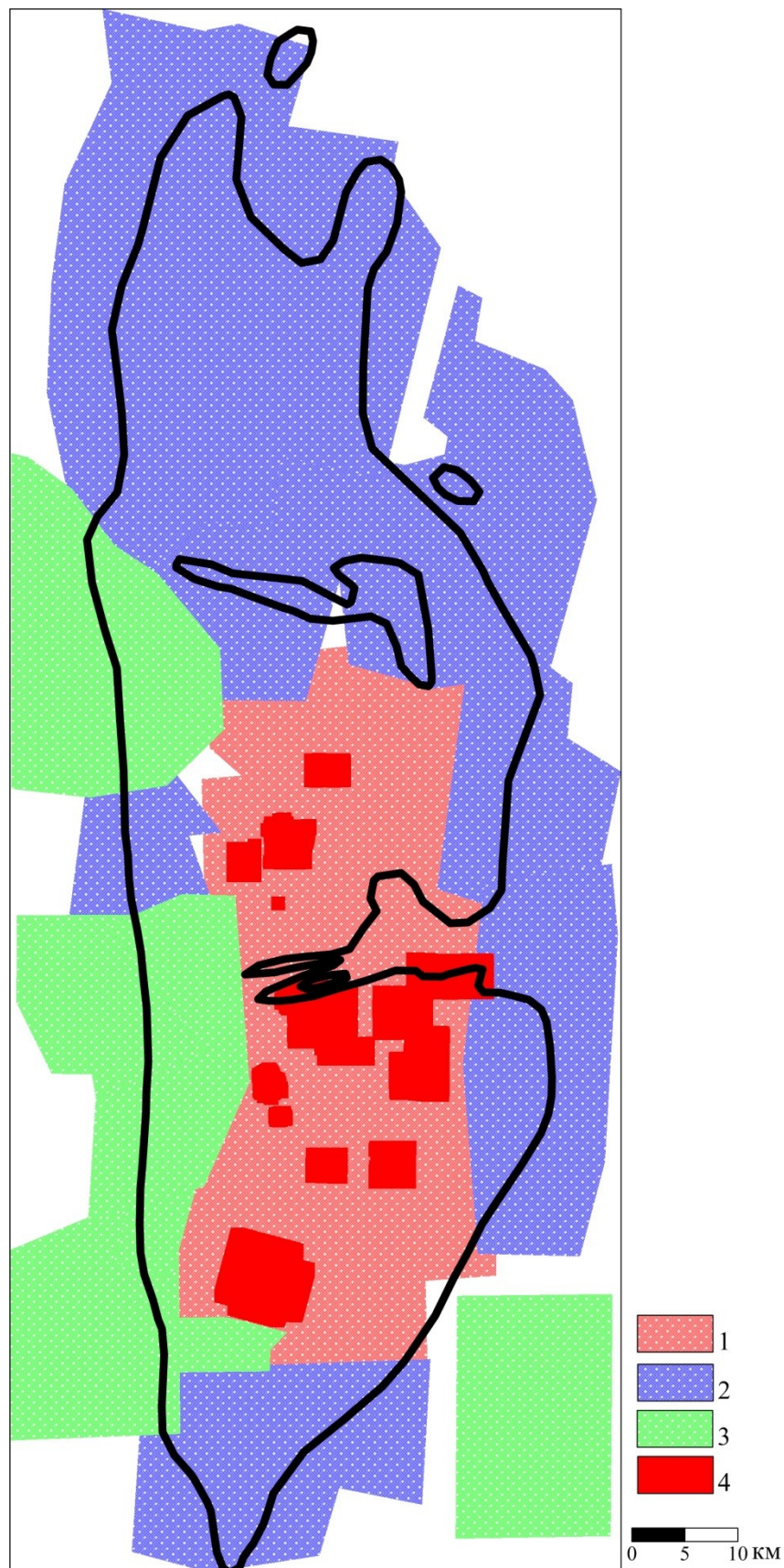


Рис. 1. Гравиметрическая изученность Верхнекамского месторождения калийных солей:
1 – Баженовская геофизическая и Пермская геологоразведочная экспедиции, масштаб 1:25 000,
2 – Пермрудгеофизика, масштаб 1:50 000, 3 – Горный институт УрО РАН, масштабы 1:25 000, 1:50 000,
4 – Горный институт УрО РАН, масштабы 1:5 000, 1:10 000

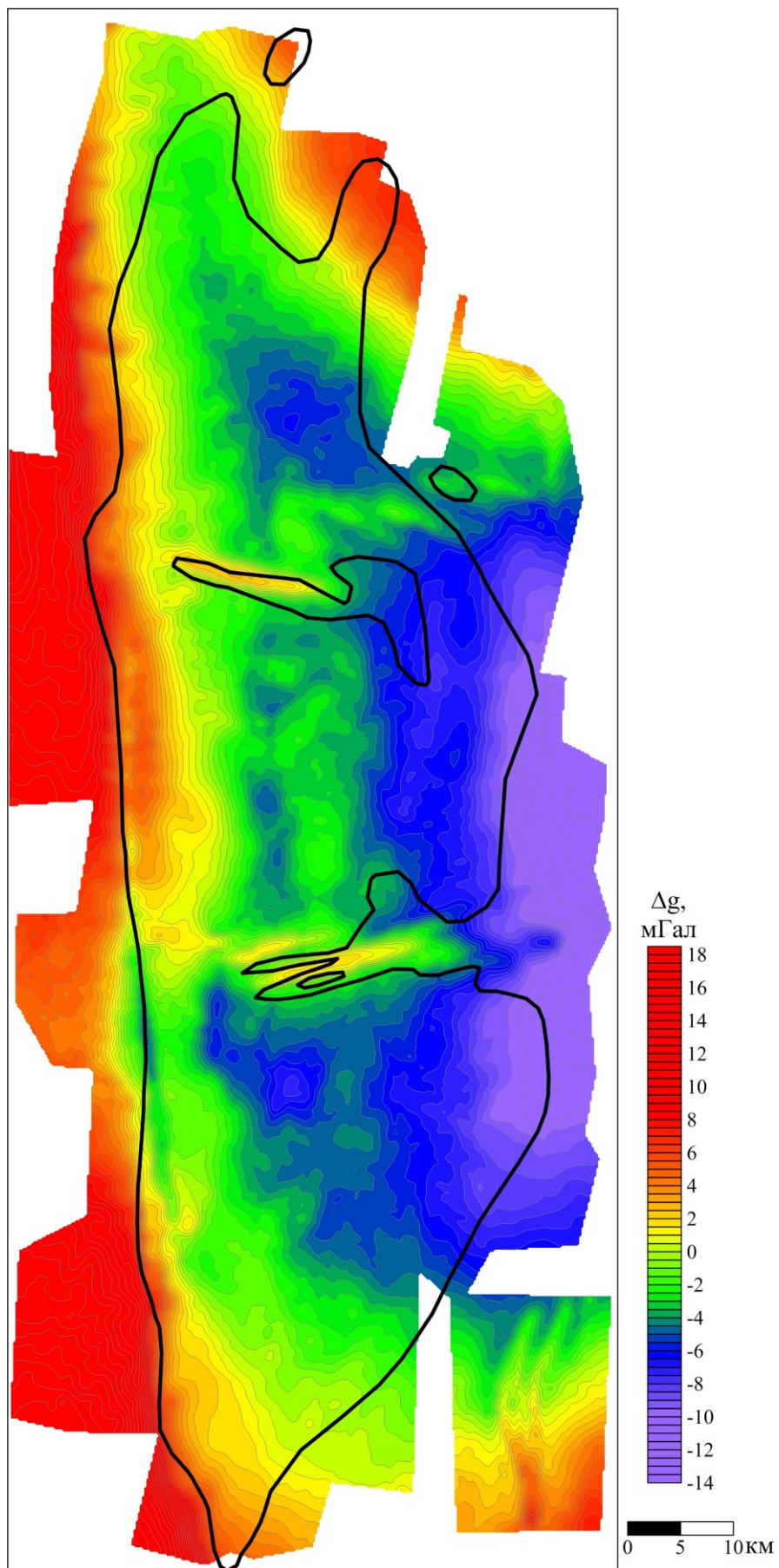


Рис. 2. Гравитационное поле Верхнекамского месторождения (уровень условный)

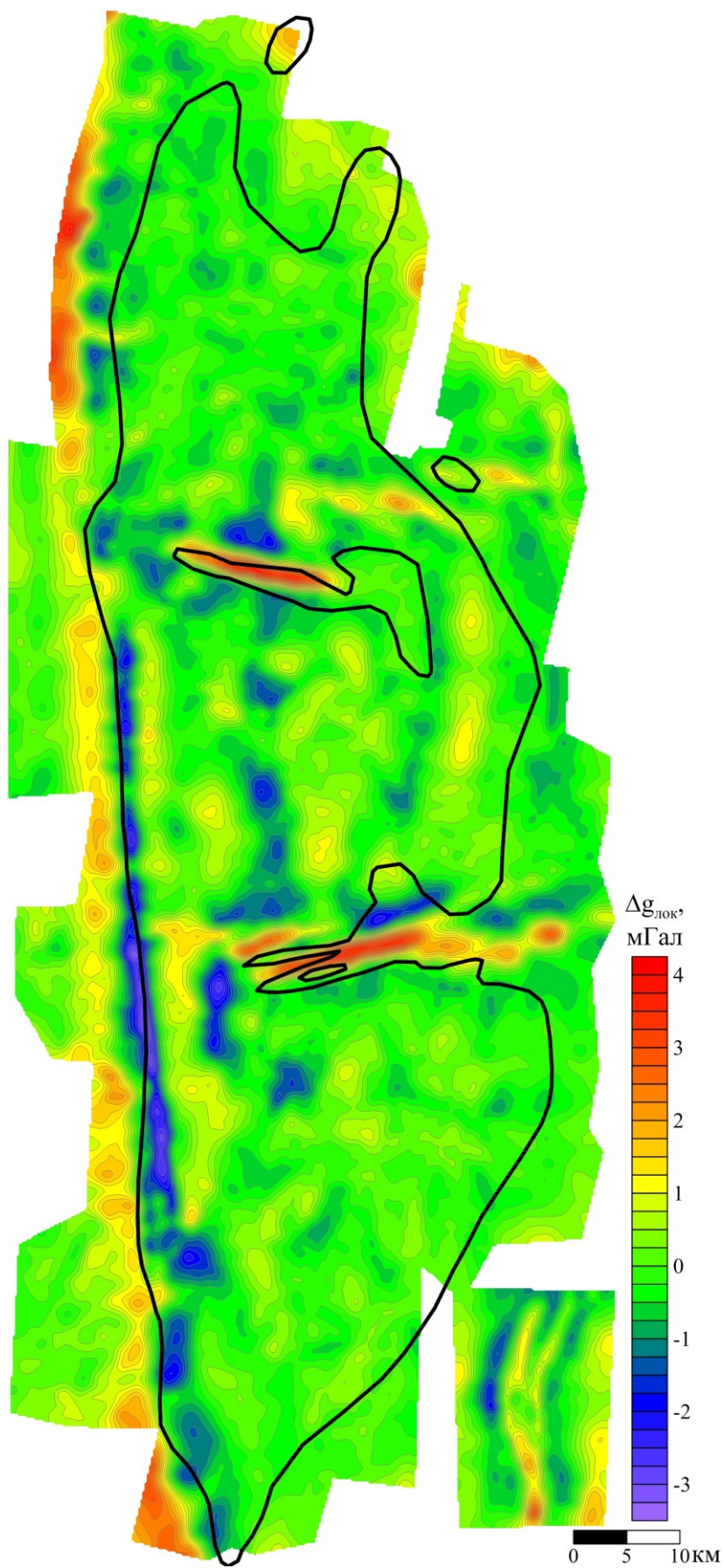


Рис. 3. Локальная составляющая гравитационного поля

В гравитационном поле отчетливо выделяется западная граница соляной толщи, где происходит выклинивание мощной пачки соляных пород [4] со средней плотностью 2.10 г/см^3 и замещением их терригенными породами с плотностью $2.40\text{-}2.50 \text{ г/см}^3$. На востоке месторождения выклинивание солей происходит более плавно, поэтому граница залежи в поле не выделяется. Интенсивными положительными аномалиями выделяются Дуринская и Боровицкая системы.

Наиболее отчетливо особенности строения соляной залежи отражаются на карте локальных аномалий силы тяжести (рис. 3), которая получена осреднением поля скользящим окном размером $10 \times 10 \text{ км}$. На данной карте интенсивной отрицательной аномалией выделяется Камско-Вишерский соляной вал и западнее линейная положительная аномалия, обусловленная границей выклинивания молей. Отдельными положительными и отрицательными локальными аномалиями размерами до $5\text{-}7 \text{ км}$ выделяются купола и прогибы кровли солей. В юго-восточной части выявлена интересная зона чередования положительных и отрицательных линейных субмеридиональных аномалий, которые интерпретируются как результат динамического влияния Урала или эффект чередования линз нижнепермских солей и ангидритов на периферии месторождения [2, 7].

Таким образом, за почти столетнюю историю гравиметрических исследований различными геофизическими организациями вся территория Верхнекамского месторождения калийных солей закрыта крупномасштабными полевыми съемками, что позволило создать сводную гравиметрическую карту месторождения. Современное программное обеспечение и методические приемы интерпретации геопотенциальных полей позволяют, кроме решения поисковых и разведочных задач, которые ранее проводились на месторождении, создавать информативные и геологически содержательные модели строения соляной и надсоляной толщ и их временных трансформаций, отражающих последствия ведения горных работ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания (рег. номер НИОКТР 124020500054-3)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев С.И. Результаты гравитационных наблюдений в Соликамском районе // Труды первой Всесоюзной геофизической конференции (с комментариями) / ПГНИУ; отв. за переизд. В.И. Костицын. – Пермь: 2012. – С. 230-234.
2. Бычков С.Г. Геофизические феномены Пермского края // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы юбилейной конф., посвящ. 80-летию геологич. ф-та и 95-летию Перм. ун-та / ПГУ. – Пермь, 2011. – С. 72-78.
3. Бычков С.Г., Неганов В.М., Нояксова Л.Д. Геофизическая изученность // Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края: энцикл. – Пермь, 2006. – С. 41-49.
4. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2001. – 429 с.: ил.
5. Неганов В.М., Родионовский В.И., Зотеев М.С. Геологическое строение Пермского Прикамья по данным геолого-геофизических исследований // Геофизика: спецвып. «Пермнефтегеофизика». – 2000. – С. 11-22.
6. Новоселицкий В.М., Маргулис А.С., Чадаев М.С. Использование гравиметрической съемки для локализации плотностных неоднородностей // Геофизические работы при региональных и геологосъемочных исследованиях на Урале: тез. докл. – Свердловск, 1989. – С. 33-35.
7. Щербинина Г.П., Новоселицкий В.М., Бычков С.Г., Никифоров А.Л. Применение гравиметрии для изучения строения деформированных толщ // Южные районы республики Коми: геология, минеральные ресурсы, проблемы освоения: материалы третьей Всерос. конф. – Сыктывкар, 2002. – С. 99-100.