

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**«Связь показателей гравиметрического поля и угловых коэффициентов  
гравиметра с фазами Луны»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 261 группы  
направление 05.04.01 геология  
профиль «Геофизика при поиске нефтегазовых месторождений»  
геологического факультета  
Коваленко Сергей Сергеевич

**Научный руководитель**

К. г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Е.Н.Волкова

подпись, дата

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Е.Н.Волкова

подпись, дата

Саратов 2020

**Введение.** В настоящее время наибольшую актуальность приобретает вопрос о необходимости новых методов мониторинга устойчивости сооружений ко всевозможным сейсмическим явлениям. Этот вопрос вызван активно растущим спросом на сооружения исполинских размеров, таких как например крымский мост. Используемые в настоящее время геодезические методы либо не удовлетворяют в полной степени все запросы либо слишком затратные, как в денежном, так и во временном эквиваленте, т.к. требуют длительного времени для подготовки к мониторингу. Новые исследования в области гравиразведки, в области связи между вариациями гравиметрического поля, а так же между углами наклона гравиметра способны предложить принципиально новый метод, способный удовлетворить многие запросы, обеспечив стабильный мониторинг за строениями при условии использования достаточного количества приборов, расположенных по периметру исследуемого объекта.

При проведении геодинимического мониторинга на геодинимических полигонах постоянно возникает проблема, что при всех равных условиях проведения гравиметрической съемки контрольные замеры в смежных рейсах часто выбиваются далеко за рамки погрешности приборов. Так, имея прибор, обладающий точностью при единичном замере 4 мкГал, выявляется разница в замерах 0.01 мГал и более. Причем, наибольшая невязка при проведении контрольных замеров фиксируется в дни кульминационного положения лунно-солнечных вариаций. Поэтому изучение их влияния на данные гравиметрической съемки весьма актуально.

**Целью выпускной квалификационной работы:** является исследование вариаций гравитационного поля и углов наклона гравиметра. Установление их взаимосвязи, а так же возможные влияния лунно-солнечных вариаций и сейсмических явлений на показания прибора.

В рамках проведения дипломных исследований были поставлены следующие частные задачи:

- рассмотрение физико-геологических предпосылок применения гравиразведки для режимных наблюдений;

-анализ методики проведения полевых гравиметрических исследований с целью изучения лунно-солнечных вариаций;

- проведение гравиметрических работ;

- обработка и интерпретация полученных результатов с использованием ранее полученных материалов;

- определение возможных областей применения полученных результатов;

- формулировка рекомендаций по продолжению исследований.

В настоящей выпускной квалификационной работе методика и результаты проведения гравиметрической съемки с целенаправленным изучением вариаций гравиметрического поля и их связи с лунно-солнечными вариациями проводились по результатам ранее полученных исследований с использованием новых результатов, полученных непосредственно для данных исследований.

**Основное содержание работы:** Раздел 1 «Геологическая характеристика исследуемой территории».

Подраздел 1.1 «Краткая характеристика геологического строения района работ». В геологическом строении территории Саратовского района участвуют отложения осадочного чехла, представленные отложениями девонской, каменноугольной, юрской, меловой и четвертичной систем. Непосредственно на поверхность выходят только отложения меловой и четвертичной систем, более древние, начиная с юрских, вскрываются буровыми скважинами. Строение Саратовской области включает в себя:

Девонскую систему, средний отдел, эйфельский ярус представленный Мосоловским горизонтом, Черноярским горизонтом

Живетский ярус представленный Воробьевским горизонтом, Ардатовским горизонтом, Муллинским горизонтом

Верхний отдел франского яруса с нижнефранским подъярусом, среднефранским подъярусом, верхнефранским подъярусом.

Фаменский ярус включающий в себя задонско-елецкий горизонт, данково-лебедянский горизонт, а так же заволжский надгоризонт.

Каменноугольная система, нижний отдел, турнейский ярус с нижнетурнейским подъярусом и упинский горизонт с верхнетурнейским подъярусом

Визейский ярус включающий в себя нижневизейский подъярус и верхневизейский подъярус.

Серпуховской ярус, состоящий из нижнесерпуховского подъяруса и верхнесерпуховского подъяруса.

Средний отдел, башкирский ярус включающий в себя нижнебашкирский подъярус, верхнебашкирский подъярус, черемшано-прикамский и мелекеский горизонты.

Московский ярус, нижнемосковский подъярус, каширский горизонт.

Верхнемосковский подъярус, подольский и мячковский горизонты.

Мезозойская эратема юрской системы представлена средним и верхним отделами. Средний отдел юрской системы представлен байосским и батским ярусами, верхнебайосский подъярус, нижнебатский подъярус, средне и верхнебатский подъярусы.

Верхний отдел юрской системы представлен келловейским и оксфордским нерасчлененными ярусами.

Келловейский и оксфордский яруса (нерасчлененные)

Ярусы представлены литологически однородной толщей

Меловая система

Представлена меловая система породами нижнего отдела.

Нижний отдел

Нижний отдел меловой системы представлен готеривским, барремским, аптским и альбским ярусами.

Готеривский ярус

Аптский ярус

Альбский ярус

Четвертичная система

Нерасчлененные четвертичные отложения

Представлены элювиальными и делювиальными образованиями

Современные отложения

В генетическом плане подразделяются на аллювиальные и техногенные образования. Техногенные отложения представлены различными насыпями, осадками прудов-шламонакопителей, свалками отходов и др.

В разделе 1.2 «Тектоника и неотектоника», представлено тектоническое описание города Саратов. В тектоническом плане город Саратов и его окрестности находятся в юго-восточной части Русской плиты на юго-западе Волго-Уральской антиклизы, в южной части новейшей структурной формы первого порядка Присаратовского мегавала. Территория города по современному положению палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений четко разделяется Елшано-Сергиевской флексурой на две части, сложно построенную северную и относительно ровную южную, частично относимую к Латрык-Карамышской впадине.

Присаратовский мегавал – является крупной изометричной новейшей структурной формой второго порядка Волго-Уральской антеклизы. К южному склону мегавала примыкает Латрык-Карамышская впадина - новейшая структурная форма, принадлежащая Ломовско-Цимлянскому мегапрогибу. Каждый из указанных тектонических элементов имеет характерные особенности истории геологического развития и присущую ему разрывную и пликтивную тектонику.

Не вдаваясь в подробности рифейской и палеозойской истории развития Присаратовского мегавала, следует отметить, что в палеозойском разрезе на месте древнего грабена сформировался сложный субширотный Елшано-Сергиевский вал (структура третьего порядка), в пределах которого на рассматриваемой территории выделяется ряд нефтегазоносных структур (Елшанская и Песчаноумётская), приуроченных к приподнятому крылу Елшано-Сергиевской флексуры.

Елшано-Сергиевская флексура, а точнее: флексурно-разрывная зона, представляет собой новейшую структурную форму, развитую вдоль древнего разлома в фундаменте, проявленную в современном рельефе, в распределении выходов морских мезозойских и кайнозойских отложений и в амплитудах новейших тектонических движений. В пределах северного крыла флексуры

амплитуда неотектонических движений, определённая по величине денудационного среза, достигает 850-875 м (Елшанская и Песчаноуметская брахиантиклинали), в то время как на южном, опущенном крыле, амплитуды колеблются в пределах 200-500 м.

В северной части выделяются три поднятия – Елшанское (или Елшано-Курдюмское), Песчаноумётское и Соколовогородское. Эти поднятия содержат месторождения нефти и газа к настоящему времени практически отработанные. Максимальный перепад по кровле каменноугольных отложений между этими структурами и Латрык-Карамышской впадиной составляет 460 м на расстоянии 2,5 км в пос. Елшанка.

Таким образом, на новейшем этапе развития земной коры территория в целом претерпела восходящие движения. Максимальные относительные их значения составили +875 м (Елшанское поднятие), а минимальные + 250 м (Латрык-Карамышская впадина).

## Раздел 2 «Некоторые аспекты теории»

В Подразделе 2.1 «История развития прецессионных и нутационных процессов» Описываются исследования астрономов и математиков в области определения начальной точки для отсчета меридиан и определения координат, как на Земной поверхности, так и на небесной сфере. Дано описания таких явлений как нутация и прецессия историях их изучения и основные процессы влияющие на возникновение данных явлений.

В подразделе 2.2 «Спутниковая навигация».

Спутниковая навигационная система состоит из наземной и спутниковой группировок. Навигационный Спутник - это платформа, несущая комплекс оборудования, обеспечивающего энергопитание спутника, возможность корректировки орбиты и его работоспособность. Питание обеспечивают солнечные батареи и аккумуляторы. Орбиту корректируют с помощью двигателей небольшой мощности. Наземная группировка осуществляет наблюдение спутников станциями слежения, первичная обработка результатов, передача их на главную станцию управления и контроля, где производится обработка результатов, передача их на станции закладки информации.

Хранящиеся в памяти бортовых компьютеров и транслируемые широкоэмитательные эфемериды в момент их трансляции уже устаревают. Поэтому транслируемые эфемериды - это результат предсказания, экстраполяции. По этой же причине эфемериды закладывают в память бортовых компьютеров спутников как можно чаще. Эфемериды спутника - это полный набор данных об орбите спутника и о положении спутника на орбите. Пользователя навигационных систем интересуют геоцентрические координаты спутника в системе на которую опираются группировка в момент ухода сигнала с этого спутника. Аппаратура пользователя вычисляет координаты спутника, используя данные, содержащиеся в файле эфемерид. Эфемеридная информация отнесена к референцному (опорному, исходному) моменту  $t_0$ , этот момент указан в файле эфемерид. В сообщении приведен также "возраст" эфемеридных данных, то есть интервал времени, прошедший с момента закладки данных в память бортового компьютера.

### Раздел 3 Методика режимных гравиметрических наблюдений и

Аппаратура. В подразделе «3.1 Аппаратура», описывается основной прибор и методика его применения в рамках данного исследования. Гравиразведочные работы проводились с применением высокоточного гравиметра «Scintrex CG-5 Autograv»

Использование современного гравиметрического оборудования позволяет:

- 1) создавать малоуровневую (одно- или 2-х ступенчатую) опорную гравиметрическую сеть за счёт полного или частичного исключения из её структуры многочисленного числа пунктов заполняющей опорной сети (ЗОС);
- 2) уменьшить объём пунктов каркасной опорной сети (КОС);
- 3) На начальном этапе работ выполнять полевые гравиметрические рейсы по схеме центрального опорного пункта, т.е. начало рейса совпадает с его окончанием (ОП – ГП<sub>i</sub> – ГП<sub>i+1</sub> - ... - ОП), где ОП – опорный пункт (им может быть любой каркасный опорный пункт, либо исходный пункт), ГП<sub>i</sub>, ГП<sub>i+1</sub> - пункты рядовой сети

( Впоследствии нами отработывалась схема прямого и обратного хода по схеме (ОП - ГП<sub>i</sub> - ГП<sub>i+1</sub> - ... - ГП<sub>i+n-1</sub> - ГП<sub>i+n</sub> - ГП<sub>i+n-1</sub> - ... - ГП<sub>i+1</sub> - ГП<sub>i</sub> - ОП));

4) выполнять гравиметрический рейс длительностью до 6-8 ч. при линейном смещении нуля пункта, что уменьшает экономические и временные трудозатраты при повышении производительности работ.

Раздел 4 «Результаты обработки и интерпретации наблюдаемых данных».

В подразделе 4.1 «взаимосвязь вариаций гравиметрического поля и углов наклона гравиметра их связь с фазами Луны и землетрясениями»

Во время сбора данных гравиметр находился в нескольких точках шестого корпуса СГУ. Первая запись, сделана в период с 12 августа по 20 ноября 2012 года, прибор располагался в учебном кабинете, на первом этаже, на площадке, опирающейся на внешнюю капитальную стену. Вторая запись сделана в период с 20 ноября 2014 года по 6 февраля 2015 года. Во время второй записи прибор располагался на фундаменте подвального помещения учебного корпуса.

У системы Autograv, используемой при сборе данных для исследований, в ходе снятия замеров, электронные датчики угла наклона обеспечивают большую точность. Выходные сигналы, поступающие от датчиков, установленных на измерителях с высоким разрешением, гравиметр фиксирует в своей памяти.

Поэтому было принято решение на проведение ревизии долговременных записей проведенных в автоматическом режиме при снятии дрейфа нулевой линии и дополнительно рассмотреть поведение углов наклона гравиметра. По данным записям были построены графики взаимосвязи вариаций гравиметрического поля и углов наклона гравиметра. На приведенных ниже графиках синим цветом показано смещение угла наклона по оси X, зеленым изменение угла наклона по оси Y, красным вариации гравитационного поля рассчитанные по формуле Лонгмана. К сожалению, гравиметр не был

ориентирован по сторонам света, так как на момент проведения данных записей, для решаемых задач связанных с дрейфом 0 линии, это было не актуально. На диаграммах четко видно, что изменения угла наклона прибора в пространстве, в подавляющем большинстве случаев повторяют вариации гравиметрического поля Земли (красная линия). Из данных графиков мы видим, что существует квазифункциональная детерминистская связь между изменениями углов наклона прибора и вариациями гравитационного поля Земли.

На второй группе графиков наблюдается несколько иная картина, отличная от первой группы графиков. Картина получилась более сглаженная, между вариациями гравитационного поля и углами наклона связь менее заметна, т.к. отсутствует синхронность данных, хотя можно отметить более высокий уровень флуктуации кривых, что можно объяснить различным уровнем шумов гравитационных и техногенных сейсмических в помещениях здания. По полученным данным можно сделать вывод об относительной независимости между фундаментами самого здания и фундаментом его подвального помещения, что собственно и есть на самом деле.

Если пойти от обратного и за неподвижную точку взять центр масс Земли совмещенный с центром референс - эллипсоида то мы получаем смещение по координате эффективной точки замера угломера гравиметра, т.е. как бы напрямую замеряем нутации оси вращения Земли. Однако центр масс Земли с точки зрения диалектики может совпадать с центром Земли, только если поместить ее в инерциальную систему, где на неё не будут действовать никакие гравитационные силы, существование лунно-солнечных вариаций гравитационного поля делает такое совпадение невозможным.

Если из центра референс эллипсоида поднять радиус вектор к реперу на его поверхности, а затем опустить нормаль, на плоскость, проходящую через его центр и перпендикулярной нашему радиус вектору, мы получим проекцию центра масс Земли на данную плоскость несовпадающую с центром эллипсоида. Из данной точки, подняв радиус вектор, к поверхности эллипсоида мы получим приращение координаты нашего репера, которая согласно всем

правилам построения геодезических систем изменить свою координату не может т.к. центр масс помещён в центр эллипсоида.

При этом спутниковая группировка движется по законам баллистики относительно постоянно изменяющего положения центра масс, а посылаемые с них эфемериды рассчитаны относительно центра эллипсоида. Решение задачи элементарное жертвуем высотой, пуская её режим плавания.

В 2011 году аналогичные исследования провели специалисты из геодезической обсерватории Ветцелль (Geodätisches Observatorium Wettzell) технического университета Мюнхена, а так же ряда других германских научных учреждений с помощью чувствительного лазерного гироскопа смогли уловить колебания земной оси.

**Заключение.** В процессе проведения дипломных исследований было получено, подтверждено влияние лунно-солнечных вариаций на наблюдаемое гравитационное поле. В частности, выявлена связь между изменениями вариаций гравиметрического поля и смещениями углов наклона чувствительного элемента гравиметра по X и Y, а так же связь вариаций гравиметрического поля и влияния на данный параметр системы Земля – Луна – Солнца. Проанализированы также возможные погрешности при обработке данных гравиметрических измерений за счет неточности возможного влияния внешних факторов.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы, которая заключалась в исследовании вариаций гравитационного поля и углов наклона гравиметра. Установление их взаимосвязи, а так же возможные влияния лунно-солнечных вариаций и сейсмических явлений на показания прибора, можно считать выполненной.

В рамках проведения дипломных исследований были решены следующие задачи:

- рассмотрение физико-геологических предпосылок применения гравиразведки для режимных наблюдений;

- анализ методики проведения полевых гравиметрических исследований с целью изучения лунно-солнечных вариаций;

- проведение гравиметрических работ;
- обработка и интерпретация полученных результатов с использованием ранее полученных материалов;
- определение возможных областей применения полученных результатов;
- формулировка рекомендаций по продолжению исследований.

В дальнейшем, при наличии аппаратуры в многоканальном (многодатчиковом) варианте, данные параметры могут быть использованы в мониторинге сооружений. В исполинских объектах, таких как крымского моста, а так же и мелких объектов, подверженных разрушению. Кроме того, в последнее время уделяется внимание так называемым геодинамическим полигонам. Имея разработанные методики, в режиме реального времени, можно будет оценить устойчивость заложенных реперов и соответственно геоморфологические особенности местности. Наиболее интересные данные, скорее всего, будут в зонах оползней, пльвунов, соляных куполов, разломах.

Высокоточное определение пространственного положения точек на поверхности Земли необходимо при решении целого ряда прикладных задач. К ним относятся: выставка лазерных систем наблюдения за космическими объектами, оценка положения антенн фазированных антенных решёток, оценка смещения антенн радиотехнических дальномерных систем, строительство и обслуживание крупных инженерных сооружений и т.д. Данные задачи решаются с помощью регулярных наземных, дистанционных (аэрокосмических) и инструментальных наблюдений в рамках геодинамического мониторинга. Статистическая обработка полученных материалов позволяет выявить корреляционные связи геодинамических процессов с причинами их вызывающими.