

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

Кафедра геофизики

**«Взаимосвязь гравитационного поля и естественных сейсмических
колебаний земной коры»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 521 группы
направление 05.03.01 геология
геологического ф-та
Мельникова Сергея Николаевича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2019

Введение. Короткопериодные микросейсмы (КМ) 1-10 Гц, высокочастотные сейсмические шумы (ВСШ) 10-100 Гц, сейсмоакустические шумы (САШ) более 100 Гц связаны с действием внешних и внутренних источников. Внешние источники - волнение воды в водоёмах, шум горных рек, порывы ветра, дождь, работа различных механизмов, транспорт, и т.д. «создают довольно значительный фон, особенно на урбанизированных территориях. Действие внутренних - эндогенные источники сейсмического шума остаются пока мало изученным.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью расширения наших знаний, разработки методов контроля и мониторинга геодинамических процессов, а также необходимостью решения фундаментального вопроса о связи микросейсм с развитием процессов разной природы.

Цель выпускной квалификационной работы **анализ связи между изменением гравитационного поля и изменением природных микросейсмов.**

Задачи: Выявление закономерностей возникновения природных микросейсмических колебаний и их связь с гравитационным полем Земли.

Изучаемая территория расположена в юго-восточной части Рязано-Саратовского прогиба на сочленении его с Волго-Уральской антеклизой.

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.

Палеозойская эратема

Девонская система

Средний отдел

Отложения среднего отдела представлены переслаиванием терригенных и карбонатных пачек шельфового генезиса. Характеризуется значительной

латеральной изменчивостью состава и мощности отдельных пластов и пачек при хорошей относительной выдержанности мощности выделяемых горизонтов в целом.

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.

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 пликативную 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, 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).

Основное содержание работы.

Раздел 1 «Аппаратура и методика проведения работ». В качестве основного измерительного использовался гравиметр CG-5 Autograv заводской 424, разработанный компанией Scintrex Ltd. На сегодняшний день данный гравиметр является наиболее совершенной системой для производства полевых работ.

Autograv представляет собой автоматический микропроцессорный гравиметр, диапазон измерений которого превышает 8000 мГал, без необходимости переустановки, а разрешающая способность при снятии показаний достигает 0,001 мГал. Все это позволяет использовать Autograv как для подробных полевых исследований, так и для крупномасштабных региональных геофизических или геодезических съемок.

Точные измерения производятся простым нажатием клавиши, и в большинстве случаев снятие показаний занимает менее минуты. Для выполнения серии гравиметрических измерений на определенной площадке система Autograv может быть переведена в режим циклических измерений.

Показание в системе Autograv получается путем постоянного усреднения замеров, снимаемых с периодичностью 6 Гц. Результаты отдельных измерений отображаются на дисплее непосредственно в мГал. Данные сохраняются во флэш-памяти, и могут быть отправлены на принтер, модем, устройство записи, или компьютер.

Датчик гравитации, система управления и аккумуляторная батарея расположены в одном корпусе, который может быть использован также в качестве контейнера для переноски. При этом устраняется необходимость

упаковки и распаковки датчика в перерывах между выполнением замеров.

Благодаря отсутствию внешнего кабеля между аккумуляторной батареей и датчиком повышается устойчивость системы, и снижается вероятность повреждений. Система крепления, которая позволяет устанавливать систему Autograv на треногу, также позволяет повысить устойчивость работы прибора.

При использовании системы Autograv для снятия замеров, программно реализованные датчики угла наклона обеспечивают большую точность и облегчают работу, по сравнению с традиционными пузырьковыми уровнями. Выходные сигналы, поступающие от датчиков, установленных на измерителях с высоким разрешением, гравиметр отображает на дисплее VGA размером 1/4.

Прекрасная защита от изменений внешней температуры и атмосферного давления достигается герметизацией чувствительного элемента системы Autograv в вакуумной камере с температурной стабилизацией. Благодаря широкому диапазону рабочих температур, оператор может использовать систему Autograv в самых разных условиях. Так как датчик изготовлен из немагнитного плавленого кварца, система Autograv не подвержена воздействию изменений магнитного поля (если только они не превышают в десять раз величину магнитного поля Земли, т.е., $\pm 0,5$ мТ).

Малое смещение нуля-пункта является результатом чрезвычайно устойчивой операционной среды упругой кварцевой системы. Это позволяет произвести точную долговременную оценку смещения датчика, а коррекция программными средствами в масштабе реального времени уменьшает величину смещения до уровня, составляющего менее чем 0,02 мГал в день (на момент съемки для гравиметра CG-5 Autograv заводской 424 остаточный суточный дрейф составлял менее 10 мкГл).

Программно-аппаратное обеспечение Scintrex предлагает новый способ обработки гравитационного сигнала, который называется SEISMIC FILTER (Сейсмический фильтр). Если эта функция неактивна, обработка

гравитационного сигнала представляет собой непрерывное усреднение 1-секундных отсчетов гравитационного сигнала, в силу чего все отсчеты являются равно взвешенными. Взятие отсчетов гравитационного сигнала чередуется 1 секундными калибровками. Частота повторения калибровок контролируется с помощью параметра CALIBRATE AFTER (Калибровка производится через 12 секунд).

Такая методика обработки сигнала дает хорошие результаты, если сейсмичность низка: величина SD (стандартное отклонение 1-секундных отсчетов гравитационного сигнала) не превышает примерно 0,05 мГал. Она обеспечивает эффективное удаление помех, создаваемых аналого-цифровым преобразователем, которые преобладают при таком низком уровне внешних сейсмических помех Scintrex. По данным гравиметрической лаборатории компании величина SD редко превышает уровень 0,1 мГал. По их мнению, большую часть времени эта высокая сейсмичность бывает вызвана воздействием волн (микросейсмические колебания) Атлантического океана (расстояние от Торонто не более 800 км). Наибольшие значения SD в лаборатории Scintrex регистрируются во время землетрясений (примерно 1,5 мГал). Однако, известны случаи более высоких уровнях микросейсмических помех: SD был порядка 1,5 мГал во время тайфуна в Токио; 0,3 мГал в Северной Италии; до 0,5 мГал во время урагана в Австралии.

Для того, чтобы уменьшить помехи при измерении в ситуациях, аналогичных описанной выше, рекомендуется использовать другой метод обработки гравитационного сигнала, под условным названием SEISMIC FILTER. Разница между обработкой 1-секундных отсчетов гравитационного сигнала сейсмического фильтра и стандартного фильтра, заключается в следующем:

1. Взятие отсчетов гравитационного сигнала не чередуется с взятием отсчетов калибровочного сигнала (эталонное напряжение). Вместо этого, берется группа отсчетов перед, и после измерения гравитационного сигнала.

2. Отсчеты силы тяжести не являются взвешенными в равной степени, как в стандартном фильтре – для подавления краевых эффектов используется специальная функция взвешивания.

3. Порог отбраковки был увеличен с 4 x SD до 6 x SD. Время опережения перед активизацией отбраковки, равное 5 секундам, остается без изменения. Отбракованный отсчет заменяется величиной предыдущего отсчета. Причина увеличения порога отбраковки заключается в том, что во время микросейсмических колебаний, сильно меняется уровень сейсмических помех. Если измерение начинается во время нерегулярных промежутков с низким уровнем помех, устанавливается слишком низкий порог отбраковки, и удаляются последующие сейсмические помехи более высокого уровня, в результате чего имеет место большое количество отбраровок. Это сводит на нет преимущества функции SEISMIC FILTER.

Следует заметить, что цель отбраковки – устранить импульсные помехи, а не микросейсмический шум. Кроме того, из-за импульсных помех, которые возникают в течение первых 5 секунд после начала измерения, не имеет никакого значения то, что сейсмический фильтр очень эффективно уменьшает погрешности измерений, так как весовые коэффициенты первых отсчетов относительно малы.

Во время периодов низкой сейсмичности ($SD < 0,05$ мГал), рабочие характеристики этого фильтра немного хуже, чем у стандартного фильтра, при обработке чередующихся этапов измерения/калибровки. В течение интервалов, когда увеличиваются сейсмические помехи, содержащие волны с периодом 4-30 секунд, вследствие чего величина SD выходит за пределы уровня 0,1 мГал, выбор сейсмического фильтра может значительно уменьшить погрешности измерения.

Степень уменьшения погрешности измерения зависит от амплитуды сейсмических помех, периода сейсмических волн, и продолжительности измерения силы тяжести.

Здесь следует отметить, что данный параметр SD в основном носит

вспомогательную функцию при определении объективности замера. Долгосрочные наблюдения за данным параметром не проводились.

Величина SD (Standard Deviation) стандартное (среднеквадратическое) отклонение используется для оценки отклонения (разброса) значений от их средней величины скорректированных отсчетов.

Рассчитывается как корень квадратный из дисперсии (разница между каждым наблюдением и средним значением возводится в квадрат; сумма таких составляющих, возведенных в квадрат, затем делится на количество наблюдений).

SD является мерой зашумленности сигнала, оказываемой на гравиметр, и включает в себя помехи, складывающиеся из параметров динамики изменения гравитационного поля и внешних сейсмических помех. Стандартное отклонение (SD) скорректированных отсчетов рассчитывается каждую секунду, и те отсчеты, которые отличаются от среднего более чем на четыре стандартных отклонения, отбраковываются. Иными словами, мы имеем частично искусственный параметр (с большой долей вероятности, дающий относительно объективную характеристику микросейсмических шумов) на основе интенсивности изменения гравитационного поля во время замера.

Следует отметить, что данный параметр обычно рассматривается как вспомогательный, в основном служит для оценки качества единичного замера гравиметра, и его анализ ранее носил случайный характер лишь в экстремальных ситуациях во время землетрясений, тайфунов и прочее.

Раздел 2 «Измерение гравитационного поля». Учебная лаборатория комплексных проблем геофизики и инженерной геологии СГУ выполнила серию стационарных замеров вертикальных ускорений в 6 учебном корпусе СГУ и Соколовогорском месторождении УВ. В итоге было выявлено, что вертикальное ускорение помимо различных значений имеет различную амплитуду при одинаковой амплитуде вариаций гравитационного поля. Если амплитуду вертикального ускорения в корпусе принять за краевые условия

для Соколовгорского месторождения, которое находится на расстоянии около 6 км, то можно сказать, что шумы возникают на глубине до 6 км. Запись осуществлялась непрерывно в течении 20 суток и прибор находился в стационарном состоянии. К сожалению, данный эффект нельзя считать доказанным т.к. в лаборатории имеется только один гравиметр и замеры разнесены во времени.

График вертикальных ускорений с наложенными на него вариациями гравитационного поля показывает, что наиболее резким изменениям угла наклона прибора соответствует возрастающая динамика исследуемого параметра.

Минимальные значения параметра наименее обременены сейсмическими нагрузками техногенного характера. Минимальные уровни сигнала весьма синхронны с вариациями гравитационного поля и более того, они имеют квазифункциональную детерминистскую зависимость.

Возможно вариационная часть гравитационного поля является задающим генератором Микросейсмических шумов. И всё это в корне противоречит утверждению, что «Микросейсмический шум обусловлен движением континентальной коры, которая является эффективным проводником для сейсмических поверхностных волн с периодом (как правило) от 4 до 8 секунд. И данные эффекты вызваны ударами длиннопериодных океанических волн в береговую линию и их влияние распространяется на центральные части континентов.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что причины микросейсмических колебаний нужно искать в особенностях гравитационного поля земли.

Одним из возможных механизмов, может являться понижение значений вертикального градиента над структурными геологическими построениями месторождений УВ. Это явление упоминалось в работах Ю.В. Антонова и К.С. Черникова. Данный процесс носит энергетический характер, а одним из результатов выделения энергии являются сейсмические шумы. С

геологической точки зрения это явление отражено в работе А. А. Акимовой и А. И. Волгиной, где дано теоретическое обоснование ФГМ, основанной на результатах исследований неустойчивости термодинамических условий в земной коре, различии сжимаемости УВ и пластовой воды. Однако связь между изменениями силы тяжести и концентрацией УВ авторами считается неоднозначной.

В работе представлены графики зависимости вертикального градиента гравитационного поля от вариаций гравитационного поля в учебном корпусе центра города и на опорной точке месторождения. Оба графика похожи друг на друга, но имеют различную амплитуду.

Таким образом, можно сделать вывод, что графики вариаций вертикального градиента поля и вариаций гравитационного поля находятся в предполагаемой зависимости, требующей специальных исследований.

Следует отметить, что в ходе проведенных работ на опорной точке на месторождении у нас имеется дефект вертикального градиента, который не достигает своей усредненной величины 0,3086 мГл/м от 22 до 13 мкГл/м в зависимости от времени замера.

Различная амплитуда нарастания вертикального ускорения говорит о различной скорости нарастания вертикального ускорения, что должно порождать шумы

Заключение. Выявление данного эффекта гравитационного поля, прежде всего, позволит методам, базирующимся на регистрациях природных сейсмических волн (сейсмическая локация очаговой эмиссии, геоакустический каротаж) перейти от случайных статистических выборок к регистрациям при разной амплитуде шумов, обусловленных состоянием гравитационного поля. Иными словами, использовать природные источники возбуждения, что, безусловно, должно повысить объективность исследований и интерпретации данных низкочастотных микросейсмических колебаний.