

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет им.  
К.И. Сатпаева

Институт геология, нефти и горного дела имени К. Турысова  
Кафедра «Маркшайдерское дело и геодезия»

Фадеева Арина Евгеньевна

«Инструментальные наблюдения за оседаниями земной поверхности на  
нефтегазовом месторождении «Тенгиз»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

5B070700 – Горное дело

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт Геология, нефти и горного дела имени К.Турысова

Кафедра Маркшейдерское дело и геодезия

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой  
«Маркшейдерское дело и  
геодезия», доктор PhD

Имансакипова Имансакипова Б.Б.  
«  » 20 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Инструментальные наблюдения за оседаниями земной  
поверхности на нефтегазовом месторождении «Тенгиз»

по специальности 5В070700 – Горное дело

Выполнил:   
Фадеева А.А.

Научный руководитель  
м.т.н., доктор  
 Токтаров А.А.  
«20» 05 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт Геология, нефти и горного дела имени К.Турысова

Кафедра Маркшейдерское дело и геодезия

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
«Маркшейдерское дело и  
геодезия», доктор PhD

*Имансакипова* Имансакипова Б.Б.  
«  » 20 г.

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся Фадеевой Арине Евгеньевне

Тема: «Инструментальные наблюдения за оседаниями земной поверхности на нефтегазовом месторождении «Тенгиз»

Утверждена приказом по университету № 762-б от «27» 01. 2020г.

Срок сдачи законченного проекта «20» 05. 2020г.

Исходные данные к дипломной работе:

- 1 Геологические данные месторождения.
- 2 Мониторинг оседания земной поверхности на месторождении
- 3 Выполнение маркшейдерских операций при вычислении оседания земной поверхности

Краткое содержание дипломной работы:

- а) в работе описываются проблемы, связанные с оседанием земной поверхности на территории месторождения;
- б) в работе также описываются методы по наблюдению за земной поверхностью и результаты наблюдений.

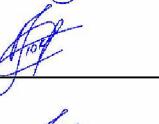
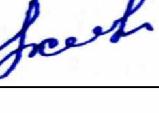
Рекомендуемая основная литература:

- 1 Ю.А. Кашников. Маркшейдерия нефти и газа. – М. Недра, 2018;
- 2 М. Б. Нурпеисова Н. А. Милитенко. Геомеханика. – Алматы, 2015;
- 3 Р.Р. Синанян. Маркшейдерское дело. – М.: Недра, 1988.

**ГРАФИК**  
Подготовки дипломной работы

Наименование разделов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Геология месторождения	10.02.2020	
Общие сведения о месторождении	24.02.2020	
Горная часть	12.03.2020	
Маркшейдерские работы на месторождении	20.03.2020	
Спец.часть	10.04.2020	

**Подписи**  
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу

Наименование разделов	Научный руководитель, консультанты	Дата подписания	Подпись
Геология месторождения	Токтаров А.А.	20.05.2020	
Горная часть	Токтаров А.А.	20.05.2020	
Маркшейдерские работы на месторождении	Токтаров А.А.	20.05.2020	
Общие сведения о запасах полезных ископаемых	Токтаров А.А.	20.05.2020	
Спец.часть	Токтаров А.А.	20.05.2020	
Нормоконтролер	Нукарбекова Ж.М.	20.05.2020	

Научный руководитель



Токтаров А.А.

Задание принял к исполнению



Фадеева А.Е.

Дата

«\_20\_» \_\_\_\_ 05 \_\_\_\_ 2020г.

## **АНДАТПА**

Бұл дипломдық жұмыста Тенгіз кен орнының аумағында жер бетінің шөгуіне байланысты барлық мәселелер зерделеніп, талданды. Бұл жұмыстың мақсаты жер бетінің шөгуін бақылау бойынша барлық әдістерді зерделеу, сондай-ақ Тенгіз кен орнында болашақ шөгуді болжау болып табылады. Аспаптық әдіс және жерсеріктік дифференциалды интерферометрия әдісі толық қарастырылған.

Жер бетінің шөгуі бойынша есептеу, спутниктік бақылаулардың көмегімен алынған графиктер мен суреттер келтірілген. Жер бетінің шөгуінің мульдалары табылып және кен орнының аумағында жер бетінің шөгуінің ең жоғары шамасы анықталды.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной дипломной работе изучены и проанализированы все проблемы, связанные с оседанием земной поверхности на территории Тенгизского месторождения. Целью данной работы является изучение всех методов по наблюдению за оседанием земной поверхности, а также прогноз будущих оседаний на месторождении Тенгиз. Подробно рассмотрены инструментальный метод и метод спутниковый дифференциальной интерферометрии.

Приведены расчет по оседанию земной поверхности, графики и снимки, полученные с помощью спутниковых наблюдений. Найдены мульды оседания земной поверхности и определена максимальная величина оседания земной поверхности на территории месторождения.

## **THE SUMMARY**

In this work, i studied and analyzed all the problems associated with the subsidence of the earth's surface on the territory of the Tengiz field. The aim of this work is to study all methods for observing the subsidence of the earth's surface, as well as the forecast of future subsidence in the Tengiz field. The instrumental method and the satellite differential interferometry method are considered in detail.

Calculation of the subsidence of the earth's surface, graphs and images obtained using satellite observations. The troughs of subsidence of the earth's surface were found and the maximum value of subsidence of the earth's surface in the field was determined.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Геологическая часть .....</b>	<b>10</b>
1.1 Общие сведения о месторождении.....	10
1.2 Геологическое строение месторождения .....	12
1.2.1Стратиграфия.....	12
1.2.2 Тектоника.....	14
<b>2 Современное состояние и актуальность проблемы оседания земной поверхности на нефтегазовом месторождении Тенгиз .....</b>	<b>16</b>
2.1 Явление деформаций горных пород при разработке месторождения Тенгиз .....	16
2.2 Наблюдения за оседаниями земной поверхности Тенгизского месторождения .....	17
<b>3 Инструментальный метод мониторинга смещений земной поверхности на нефтегазовом месторождении Тенгиз .....</b>	<b>22</b>
3.1 Обработка результатов инструментальных наблюдений .....	22
3.2 Результаты наблюдений за сдвижением земной поверхности на территории Тенгизского месторождения.....	30
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>32</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>33</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Месторождение Тенгиз было открыто в 1981 году, когда из первой скважины был получен нефтяной фонтан. Это событие ознаменовало начало разработки нефтегазового месторождения с запасами углеводородов 1,25 тонны.

6 апреля 1993 года был подписан меморандум между Республикой Казахстан и корпорацией Chevron, создавшей СП «Тенгизшевройл». В настоящее время, помимо «Chevron-Тексасо», в совместном предприятии участвуют «LukArgo», «Exxon-Mobil», Казахстан в лице НК «Казмунайгаз».

ТШО выполнил большой объем работ, связанных с изучением геологического строения нефтегазового месторождения, свойств пласта-коллектора, ряда исследований, связанных с продуктивностью эксплуатационных скважин и динамикой изменения давления в коллекторах в различных частях нефтегазового месторождения в ходе промышленной эксплуатации. Они пробурили несколько оценочных скважин, которые проходили почти по всей толщине нефтяных пород, почти в девонские отложения. Результатом многих работ стало то, что ТШО создал детальную геологическую и физическую компьютерную модель месторождения Тенгиз, а затем на ее основе гидродинамическую трехмерную многофазную компьютерную модель. Это месторождение характеризуется очень сложной физико-геологической структурой.

Данная работа в целом посвящена решению большой и практической научно-технической задачи прогнозирования параметров напряженности гор при разработке нефтегазового месторождения Тенгиз.

# **1 Геологическая часть**

## **1.1 Общие сведения о месторождении**

Тенгизское месторождение расположено на восточном побережье Каспийского моря в Атырауской области Республики Казахстан.

Территория месторождения считается полупустыней равнинного типа с небольшим уклоном в сторону Каспийского моря, где нет древесной растительности. Средняя абсолютная высота составляет минус 25 метров.

В восточной части месторождения Тенгиз небольшие гряды субширотного простирания поднимаются на несколько метров над окружающей территорией. Есть озера с соленой водой, называемые "сор". Прибрежная часть этой области - бывшее выравненное морское дно.

Верхний слой земной коры состоит из рыхлых отложений, которые включают смесь песка и измельченного известняка. Песок поступает в месторождение с восточной части. Там нет речной системы. В этом районе нет пресной воды. Растительность очень мала и в основном солончакового типа. Животные в этой области живут характерные для полупустыни. Климат резко континентальный. Лето очень жаркое и сухое (до + 45 ° С), зима морозная (до -35 ° С), с минимальными осадками, но с сильными ветрами. Ветер дует с востока и юго-востока в сопровождении песчаных бурь. Ближайшие населенные пункты в районе Тенгиза - Каратон и село Сарыкамыс, ближайшая железнодорожная станция - Кульсары, расположенная в 115 км к северо-востоку от Макат-Бейнеуской железной дороги. В районе проходит однопутная железная дорога Аксайская-Атырау-Кандагаская. Полевая дорога Кульсары-Тенгиз, которая в настоящее время находится в эксплуатации, также строится. С областным центром, расположенным в Атырау, месторождение Тенгиз соединено дорожным покрытием с твердой поверхностью, а также железнодорожным и воздушным транспортом. Для воздушных перевозок используются 3 неклассифицированных аэропорта местных авиалиний: Каратон, Кульсары и Сарыкамыс. Сменный лагерь Тенгизшевройл также имеет собственную посадочную площадку.

Автомобильный транспорт используется для всех перевозок пассажиров и грузов в пределах района. Государственная дорога - Доссор-Кульсары-Сарыкамыс-Прорва, которая является основой дорожной сети района. Границит с дорогами местного и регионального значения.

Протяженность газопроводов, проходящих через район, составляет более 1600 км и представлена следующими направлениями: нефтепровод Атырау-Узень-Кульсары-Самара; Газопровод Тенгиз-Кульсары-Атырау-Новороссийск, трубопровод Кощагыл-Каратон-Кульсары-Орск. (Рис. 1.1).

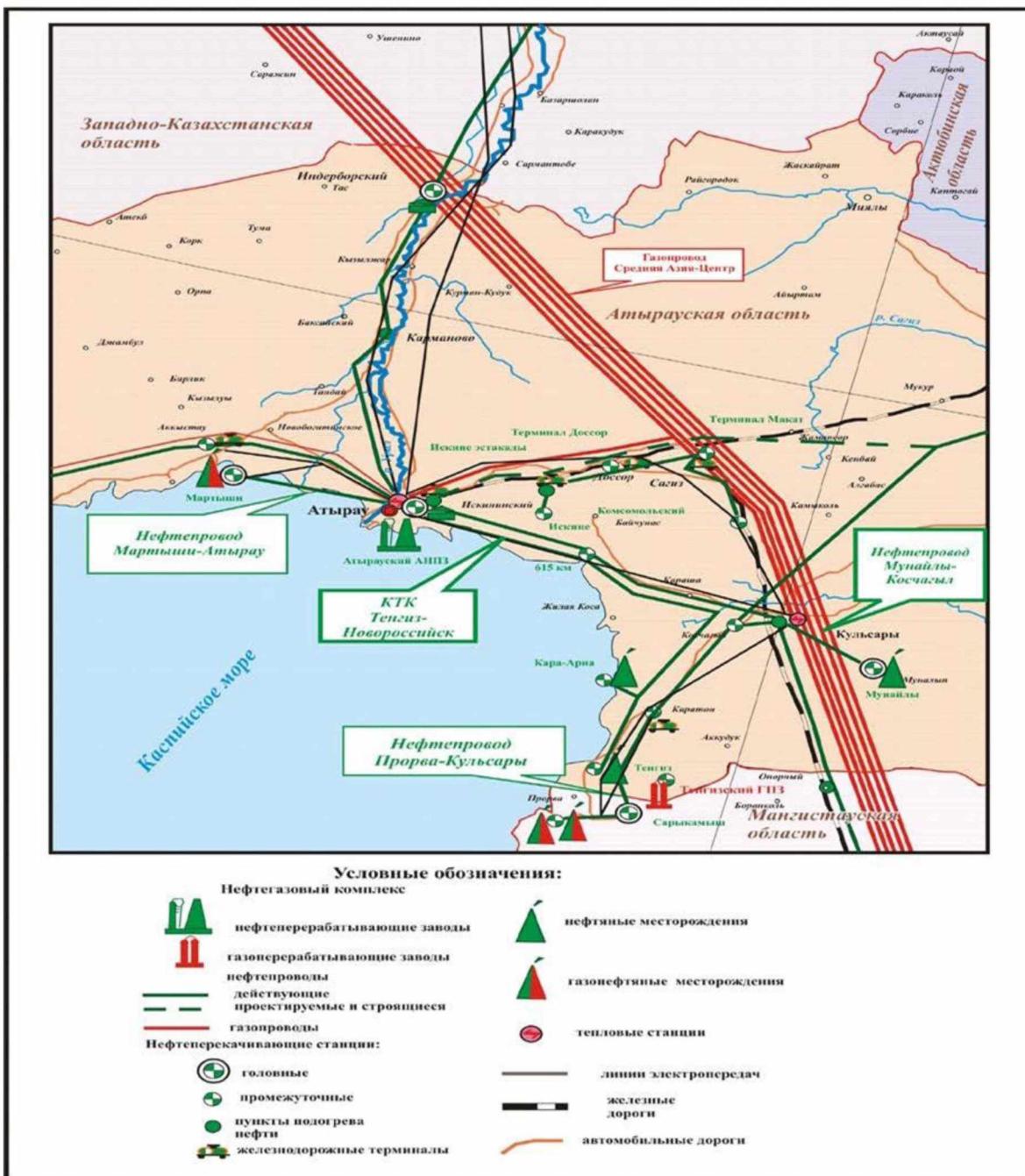


Рисунок 1 – Обзорная карта района

Проектные данные по добыче нефти за 2002-2004 годы достигли 11 - 13 миллионов тонн, исходя из мощностей существующих систем по переработке и сбору, переработке газа и нефти.

## 1.2 Геологическое строение месторождения

### 1.2.1 Стратиграфия.

Нефтяное месторождение Тенгиз, относящееся к карбонатным отложениям периода верхнего девона среднего карбона, которое находится в южной части Прикаспийской впадины.

Обнаруженный скважинами осадочный слой состоит из горных пород от верхнего девона до четвертичных отложений. Когда кора была разрезана, были выделены три слоя горных пород: надсолевой, солевой и соленосный.

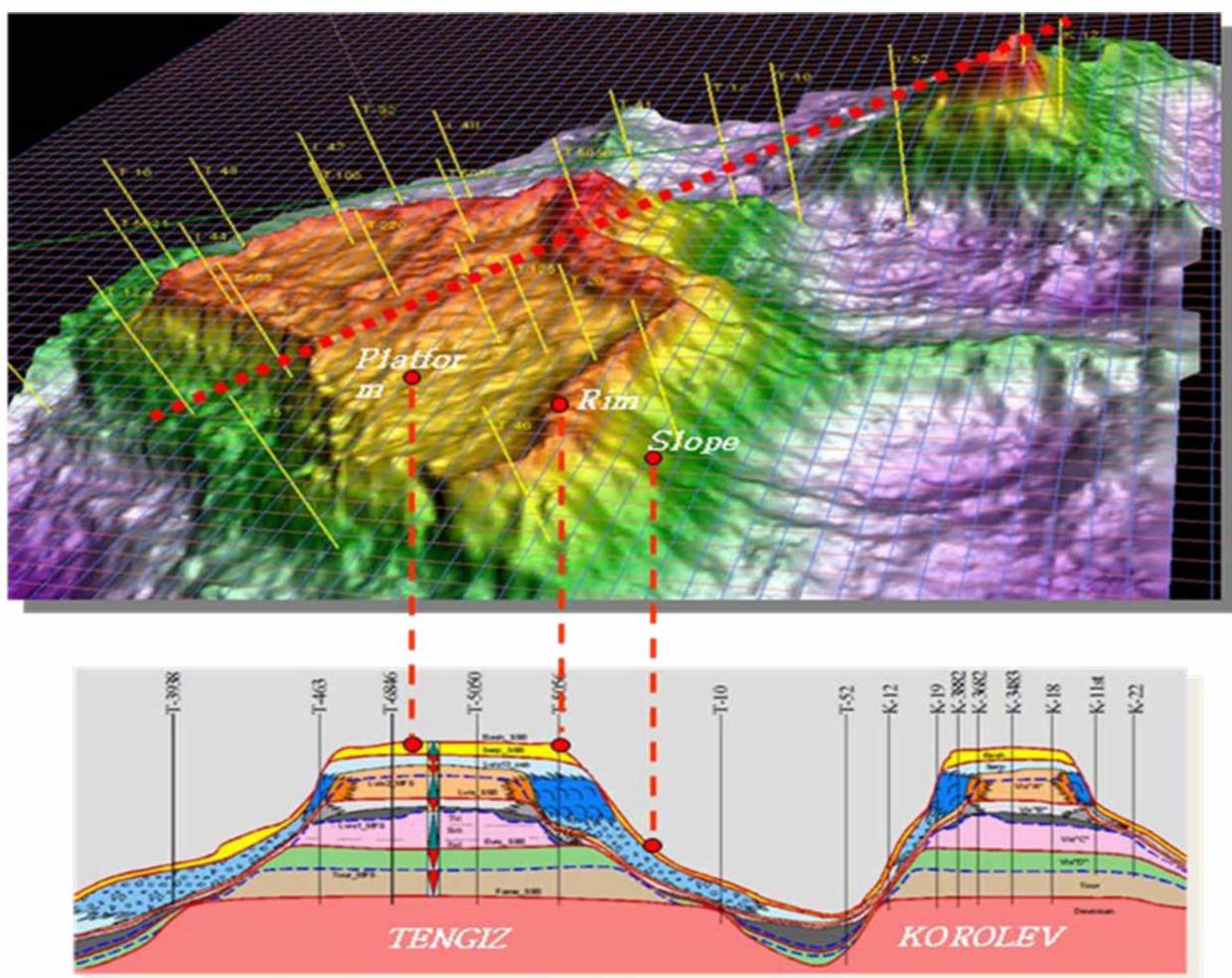


Рисунок 2 – Геологическое строение Тенгизского месторождения

Надсолевой слой содержит части уфимского и казанского слоев от Верхней Перми до четвертичного периода. Литологические характеристики включают континентальные отложения, пески, разноцветные пестрые глины, ангидриты и прослои гипса.

Соляной слой состоит из сульфатно-галогенных пород кунгурской степени в нижнем перми, мощность которых составляет от 470 до 1670 метров.

Характерной особенностью подсолевого слоя является то, что артин-московские глинисто-карбонатные породы тянутся в кровле. Соляной слой и слой частиц служат поверхностью нижележащих слоев нефти.

Состав карбонатов девон-углеродных отложений состоит из трех основных частей, определяемых скоростью роста конструкции: крыла, боковой части и платформы. Эти отложения представляют собой массивы биогермического типа, которые развивались в открытом море.

Другим типом отложений - литологически продуктивным - являются карбонаты, и из-за высокого содержания кальция (78 - 100%) они относятся к известняку.

Девонские и карбонатные отложения являются наиболее продуктивными в этой области. Карбонатный массив, состоящий из одной гидродинамической системы, делится на 3 основных стратиграфических объекта:

- 1 объект, в том числе Окинское, Серпуховское и Башкирское месторождения;

- 2 объекта, в том числе турнейско-нижний визейский;

- 3 объекта, в том числе только девонские отложения;

Такое разделение объектов обусловлено следующими факторами:

- высокая производительность труда;

- интеркалирование карбонатных глин и туфо-аргиллитовых отложений толщиной около 50-60 метров, которые изолируют серпуховско-башкирско-поздний визейский, другими словами, часть Ока полезного слоя в пределах платформы нижних виз и туров;

- разница в характеристиках коллектора резервуара в этих частях секции;

- отличие строения вышележащей нижней средней углеводородной последовательности от девонских отложений.

Самым изученным является 1 объект так как башкирская часть разреза вскрыта 133 скважинами, серпуховская – 111 скважинами, поздневизейская – 85 скважинами. Наибольшее количество скважин находится на платформе. По литологическим характеристикам породы представляют собой водорослевые грейнстоуны и биокластические пакстоуны.

Следующие 2 стратиграфических объекта были обнаружены в 33 скважинах и исследованы примерно в 47 скважинах и, согласно литологическим характеристикам, состоят из восковых камней, биокластических упаковочных материалов, водорослевых литокластических зерен и литокластических упаковочных материалов.

Эти породы в основном рекристаллизованы, доломитизированы и кремнисты. Примечательной особенностью этой породы является частая смена лиофаций и их небольшая толщина.

Месторождение Тенгиз характеризуется изменением осадконакопления, которое неравномерно распределено по всему полю и характеризуется высокой частотой. Однако вышеуказанный фактор не повлиял на темпы и

характер развития структуры, возникшей в Верхнем Девоне после заселения верхнепермских отложений кунгурского сорта.

### 1.2.2 Тектоника

Тенгизское нефтяное месторождение расположено на южной стороне Каспийской геологической провинции. По тектонической характеристике структура Тенгизского месторождения расположена в середине Тугаркчанского (Южно-Ембинского) изгиба, характерной особенностью является глубина фундамента до 10,5 - 11 км (рис. 3). Структура месторождения Тенгиз характеризуется большим увеличением генезиса тектоноседиментарного типа с плоской, обширной арочной частью и крутыми широкими крыльями.

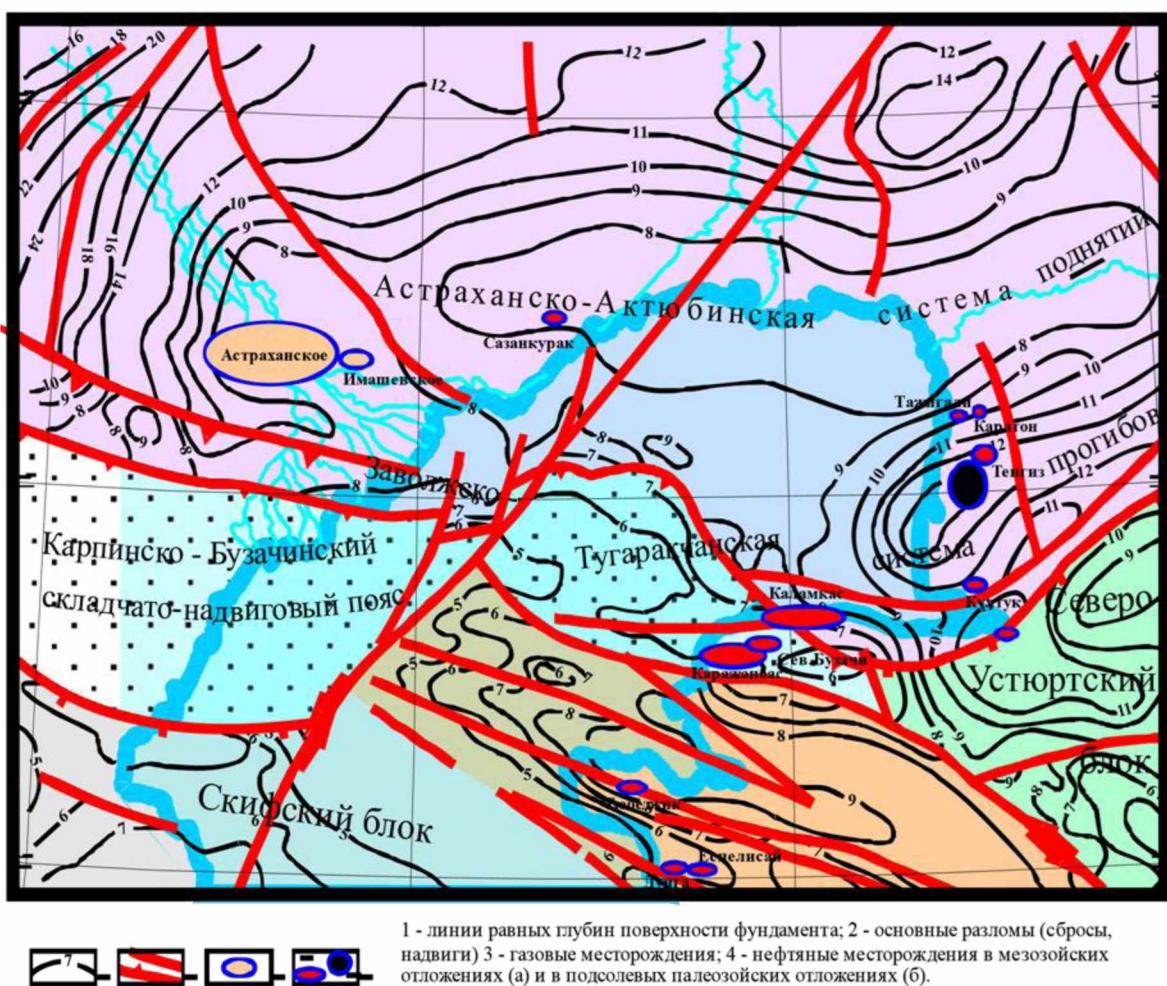


Рисунок 3 – Тектоника района

Размер Тенгизского нефтяного карбонатного месторождения составляет около  $23 \times 24$  километров, нефтяной пласт - в основном 1500 метров. Подшипник имеет форму трапеции, то есть плоской крыши с крутыми крыльями.

Карбонатный коллектор ограничен площадью глинистых глубоких отложений бассейна. Эти отложения только играют роль надежной боковой поддержки жидкости и не являются резервуарами.

Толщина пород, относящихся к нижнепермскому периоду и состоящих из глинисто-карбонатных отложений, сформировавшихся в течение артинского периода, а также сульфатно-галогенные породы кунгурского слоя толщиной 640-1650 метров играют роль шин для нефтяных месторождений и являются важной частью.

Все три вышеперечисленных объекта образуют одну гидродинамическую систему. Они образовались за счет содержания крупных трещиноватых зон в биохимических и рифовых структурах, которые разграничивают платформу и соприкасаются с коллекторами 1 и 2 объектов, которые разделены отложениями карбонатной глины в платформе.

Была проведена сейсмостратиграфическая интерпретация для определения границы области распространения карбонатного коллектора и всех перекрывающихся «вулканических» пород.

В восточной части здания, на глубине около 5100 - 5400 метров, находится край распределительной зоны коллектора 1 здания, а в западной части - на глубине около 5300 - 5600 метров. Распределение толщины различных карбонатных коллекторов является относительно сложным, так как общая мощность башкирско-окских отложений в плоской дуге составляет в среднем около 400-650 метров, а толщина карбонатных формаций 1 в северной и восточной части склона резко возрастает до 660-800 метров.

Конструкция крыши трех зданий имеет почти изометрическую структуру, которая простирается с северо-запада на юго-восток и поднимается в северной части.

## **2 Современное состояние и актуальность проблемы оседания земной поверхности на нефтегазовом месторождении Тенгиз**

### **2.1 Явление деформаций горных пород при разработке месторождения Тенгиз**

Тенгиз является крупнейшим месторождением по запасам нефти в Казахстане, который был открыт в 1979 году и расположен в каспийской провинции нефти и газа в 160 км к юго-востоку от Атырау (ранее Гурьев). Продуктивные горизонты находятся на глубине 3,8 - 5,4 км от поверхности земли. Существенной особенностью резервуара является наличие большого количества сероводорода, который находится под ненормально высоким давлением в резервуаре. Коллектор состоит из сложного полого резервуара с трещиноватым или разбитым карбонатом и рассолом. Особенность конструкции резервуара при наличии отдельных гидроблоков, соединение которых затруднено или отсутствует;

Аномально высокое давление в пласте, сложная геологическая структура, а также значительный срок службы на месторождении с постоянно растущими объемами извлекаемой нефти являются причинами возможных просадок техногенного происхождения.

Известно, что во время разработки нефтяного и газового месторождения давление в резервуаре изменяется, а в следствие этого воздействие на залежь нефти также возрастает, что бы поддерживалось давление в резервуаре и повышалась нефтеотдача. Эти процессы изменяют напряженно-деформационные характеристики горных массивов, и поэтому могут возникать крупные техногенные катастрофические природные явления, которые являются причиной многих проблем, связанных с деформацией земной поверхности на поверхности месторождения Тенгиз, а также различными авариями и повреждением оборудования. Геомеханика отвечает за вопросы, связанные с повышением безопасности и эффективности разработки различных видов полезного сырья, которые связаны с пересчетом и прогнозированием изменений напряженного состояния на Тенгизе и любых других нефтегазовых месторождениях. Эта проблема стала настолько актуальной из-за того, что случаи острых и опасных явлений геомеханического и геодинамического типа встречаются чаще. Причина в том, что добыча полезных ископаемых увеличивается и развивается с каждым годом. Есть также проблемы не только с технологическим и экологическим планом, который возникает в результате этих явлений, но также вызывает социально-экономическую напряженность в западном регионе.

Система этих явлений, причина их возникновения, взаимозависимость природных и научно-технических условий до сих пор недостаточно поняты. На данный момент, нашего уровня познаний об техногенной геодинамике недостаточно, что бы можно было создать способ, который мог бы предугадать местность или точное время следующего техногенного

землетрясения. Однако можно ответить вопрос о проблеме основной способности и насыщенности техногенных явлений при изучении того или иного месторождения. Эта геодинамическая проблема является одной из наиболее значительных, с которыми сталкиваются специалисты в области Тенгиза. Сильные, а иногда и трагические геодинамические и геомеханические влияния природно-техногенной природы в разрабатываемом районе Тенгиза предполагают относительно редкое проявление, угроза которого невелика, но эту угрозу нельзя недооценивать. Моделирование этих угроз, а также уменьшение масштабов разрушений считаются важной проблемой, поскольку их возникновение будет иметь трагические последствия как для общества, так и для окружающей среды.

Для повышения продуктивности освоения территории Тенгиза, а также для обеспечения процесса развития и снижения вредного воздействия на окружающую среду в районе, были проведены исследования. Целью этих исследований было:

- провести исследование результатов инструментальных исследований за смещением общей земной плоскости в районе месторождения Тенгиз;
- провести исследования гибких, прочностных и компрессионных свойств горных работ в этой области;
- провести аналитические исследования методов расчета уплотнения резервуара при снижении начального давления в резервуаре;
- обосновать выбор наиболее представительных механических моделей для расчета напряженно-деформационного состояния пород в полевых условиях и рассмотреть особенности их использования;
- провести исследование характера и уровня влияния различных условий на характеристики хода движения массива горных пород, а также на плоскость общего основания;
- разработать численную модель для оценки насыщенности техногенных сейсмических явлений в Тенгизском регионе.

## **2.2 Наблюдения за оседаниями земной поверхности Тенгизского месторождения**

В наше время имеются 2 проблемы, связанные с присутствия техногенных деформаций земной плоскости при исследовании месторождения Тенгиз. Главная проблема – при исследовании газовых месторождений появляются широкие по площади просадки общеземной плоскости. Другая проблема – доставаемые черное золото также голубое топливо в порах пород-коллекторов заменяются несжимаемой жидкостью водою, также по этой причине практически никаких значительных техногенных оседаний общеземной плоскости в целом не присутствуют.

Территория месторождения Тенгиз, которое относится к каспийской провинции нефти и газа, характеризуется наличием множества природных процессов, вызывающих положительные и отрицательные смещения земной

поверхности. Тут необходимо, в главную очередь, выделить геокриологические движения (мерзлотное сезонное пучение грунтов, солифлюкционные также низкотемпературные оползни, термокарстовые движения также полиадельфит), а также геодинамические движения.

И естественные, и техногенные смещения земной плоскости в промысловой области, автотранспортной области, а также в области жилой инфраструктуры предполагают внешне потенциально опасный процесс. С целью углубленного исследования также рассмотрения этой техногенной проблемы, в Казахстане созданы несколько геодинамических полигонов, также проводятся долголетние групповые исследования. В наше время наблюдение деформационных действий исполняется, как правило, классическими маркшейдерско-тригонометрическими способами, такими как высокоточное нивелирование и спутниковые исследования. На сегодняшний день учитывается организация концепции исследований за состоянием горных отводов в варианте концепции прикрепленных реперов в пределах контура месторождения с примыканием к основным местам, вынесенным за сферу воздействия деформационных действий также с применением классических способов вторичных приборных замеров. Такого рода аспект характеризуется внушительными экономическими расходами уже в период закрепления реперных пунктов, так как дистанция между ними твердо установлена, поменять их целиком нереально, так как регламентированная дистанция между реперными пунктами 300-500 м, в местах предполагаемых тектонических нарушений – 100 м. Весьма дороги также высокоточные классические тригонометрические замеры. Помимо этого, они требуют существенных расходов также характеризуются, как правило, продолжительными скоротечными интервалами между вторичными измерениями. Помимо этого, своевременность извлечения данных в базе сведений способов считается довольно невысокой, т.к. с целью получения динамики формирования деформационных действий необходимо осуществление стабильных серий исследований также непрерывная заключительная обработка их итогов. В связи с вышеизложенным, в местности Тенгизского месторождения стали стремительно вводить новейшие способы прогноза деформаций крупных участков земной поверхности, из числа которых наиболее распространенным стал способ спутниковой радарной интерферометрии. Этот способ предоставляет превосходство перед традиционными способами прогноза сдвигов, потому что возможен охват гораздо большей интересующей территории. Проанализируем детальное способ космического радарного мониторинга.

В космическом радарном прогнозе имеются множественные методы, именуемые дифференциальной радиолокационной интерферометрией (DInSAR), с целью поддержки исследования передвижения почвы, также их можно объединить в 2 главные группы: стабильные также когерентные рассеиватели, более популярным из которых считается способ небольшого базисного подмножества (SBAS). Интерферометрия стабильных

рассеивателей (PSI) мерит сдвиг точечных целей, свойства рассеяния которых, остаются стабильными в очередности радиолокационных исследований, в то время равно как SBAS фокусируется в измерении смещения сфере территории, включающей разделение когерентных рассеивателей. Аспект PSI более результативен с целью прогноза локализованной деструкции, сопряженной с точечными текстурами, в то время равно как SBAS является наиболее оптимальным с целью областного прогноза деструкции в не городских регионах. Но, равно как также PSI, SBAS более результативен в местах, показывающих значительную отражающую способность и согласованность в абсолютно всех радиолокационных отображениях, то что свойственно для городских и скальных областей. С целью наиболее активных нелокальных (в таком случае растительных) видов растительного покрова SBAS как правило гарантирует только редкий объем и никак не предоставляет детального понятия об областных процессах деструкции почвы.

Вероятно, экономически результативным согласно периода и областному заключению с целью прогноза деструкции почвы считается спутниковый дифференциальный интерферометрический локатор с синтезированной апертурой (DInSAR). Данный способ устанавливает субсантиметровые быстроты смещения почвы в крупных площадях путем расчета разностей фаз среди изображений SAR, приобретенными в 2-ух различных скоротечных местах. Во взаимосвязи со данным усовершенствованием этой технологии со целью усовершенствования качества получаемых карт смещений общеземной плоскости, раскрывает новейшие способы обработки радарных сведений.

Применение космических сведений с целью оценки оседания промышленной поверхности, дает возможность не только лишь заметить современную геодинамическую обстановку в исследуемой местности, однако также взглянуть в 30-40 лет обратно. Сведения, полученные с архивных мировых фотоснимков, дают возможность дать оценку главным трендам в смещении общеземной плоскости также получить постоянные деформационные характеристики. При этом, использование спутниковых сведений никак не ликвидирует потребности планирования наземных исследований, однако дает возможность их наиболее четко ограничить, а также осуществлять наиболее разреженно во времени и в пространстве. Возможным заключением считается способ прерывистой малой базовой линии (ISBAS), что считается моделью метода SBAS. Версия предусматривает неравномерный вид когерентности динамического земного покрова (к примеру, лугопастбищных угодий, лесов, аграрных полей), существенно повышая насыщенность замеров в негородских регионах, для того чтобы гарантировать наиболее всеобъемлющий объем.

Тенгизское нефтяное месторождение с его активным полузасушливым рельефом также неимением заселенных мест предполагает собой вид территории, где мониторинг изменений земной поверхности будет достаточно проблематичен для некоторых методов DInSAR. Тем не менее, так как

добычание углеводородов считается одним-единственным преобладающим условием деструкции почвы также, как правило, недостающего плотного растительного покрова, нефтяное месторождение было прежде изучено с применением некоторых способов DInSAR, подобных равно как SBAS и SqueeSAR. Замера перемещения почвы, приобретенные с применением ISBAS, испытываются линией сопоставления с обычновенной технологии SBAS, итогами предшествующих изучений DInSAR, а также сведениями нивелирной съемки. Потом способ ISBAS используется к прогрессивным сведениям SAR, для того чтобы вообразить новейшую перспективу не так давно произошедшей деструкции над нефтяным месторождением, показывая ее возможности с целью помочи геодинамического прогноза в районе. Отличительная радиолокационная интерферометрия с синтезированной апертурой (DInSAR) предполагает собой микроволновую технику дистанционного зондирования, позволяющая изучить деформацию плоскости с правильностью вплоть до миллиметра, а также с огромным пространственным покрытием. В частности, технология DInSAR применяет разницу фаз, зачастую именуемую интерферограммой, между двумя SAR изображениями, принадлежащие к временно поделенным исследованиям исследуемой сферы и гарантирует определение проекции деструкции почвы по направления радарной съемки. Методика DInSAR представляет немаловажную значимость с целью рассмотрения плоскости также прогноза смещений, но кроме того содержит ограничения, из-за влияния шума в интерферограммы, именуемые явлениями декорреляции. Декорреляция может появиться из-за изменений отражательной способности области, произошедшими между двумя периодами (кратковременная декорреляция) либо отличиями тенденции изображений из-за пространственного распределения среди двух орбит съемки (пространственная декорреляция).

Методика DInSAR была использована в основном с целью изучения единичной деструкции территории. Заинтересованность к формированию данной методологии подтверждаются некоторыми раскладами, какие ранее были презентованы либо пребывают в периоде исследования. Базовая техника SBAS была сначала изобретена с целью изучения крупных пространственных смещений с сравнительно невысоким дозволением (как правило режима  $100 \cdot 100$  м), и для этого используются отфильтрованные по низким частотам (универсальные) интерферограммы DInSAR. Базой технической SBAS считается применение универсальный интерферограммы также верный подбор пары фотоснимков с целью минимизации пластических также временных различий (базисная линия) среди орбит съемки, то что уменьшает значимость декорреляции. Методика SBAS предполагает собою способ DInSAR (Отличительная радиолокационная интерферометрия), позволяющую устанавливать деформацию земной плоскости, также, наиболее основное, исследовать ее формирование во времени.

С приведенных теоретических баз метода радарной дифференциальной интерферометрии было выделено несколько вопросов, которые появляются в

период фактического использования этого способа при оценке деформационного состояния техногенно-загруженных земель. Сведения трудности формируют практический недостаток в радарной интерферометрии, который имеется в этот период между академическим объяснением способа и его фактическим применением. В следствии использования представленных теоретических баз применения отличительной радарной интерферометрии в практике изучений предметов техногенно загруженных территорий имеют все шансы появляться низкокачественные итоги.

Во многих нефтегазовых месторождениях плоскость территории обладает невысокой отображающей способностью, что оказывает большое влияние на приобретение высококачественного итога. Огромное число растительности также сырого атмосферного климата способен значительноказать влияние на результат InSAR. Простые способы InSAR, подобные равно как SBAS, какие в основополагающем применяются в большинстве проектов, потерпели провал в использовании к оползням из-за ползучих, напоенных также обработанных растительностью возвышенностей. Свойство оценок деструкции, меримых размером, именуемой «корреляция», кроме того находится в зависимости от природы самой плоскости, что станет отражаться. Перемена отражающей возможности плоскости во времени либо «временная декорреляция», спровоцированное растительностью либо таянием снегопада либо иными естественными действиями, существенно коррелирует измерения, совершая измерения фазы не внушающими доверие. В следствии большая часть изучений InSAR, равно как принцип, фокусируются в острозасушливых также крайне редко растущих ареалах.

Кроме того, следует выделить то, что на отображающую способность плоскости, весьма значительное воздействие имеет присутствие снегопада, поэтому применение данного метода имеет сезонный характер.

Последующим, одним из ключевых вопросов при обрабатывании радиолокационных сведений, можно охарактеризовать атмосферное проявление, что удерживает фазу сигнала и, в соответствии с этим, уменьшает качество получаемого итога.

Четвертый вопрос технологии - крупные базисы космического аппарата (КА) с синтезированной радиолокационной апертурой. Они уменьшают вероятность четкого статистического анализа пар снимков, сохраняя с целью рассмотрения случайные пары снимков, приобретение данных относительно которых осуществляется за счет усреднения итогов, что в свою очередь потребует значительного числа излишних сведений. Осложнение свойств интерферометрической фазы либо декорреляции также совершается из-за перемены геометрии изображения. Отличие в углах падения приводит к тому, то что вейвлеты с рассеивателей с элемента разрешения на земле формируются несколько по-иному, также измерения никак не отражаются четко. Это именуется «пространственной декорреляцией» также возрастает со повышением поперечного элемента базисной направления.

Существует еще одна проблема - это чрезмерность циклов съемок с помощью КА с синтезированной радиолокационной апертурой. Хотя установлено, то что огромное число фотоснимков дает изобилие способностей, в особенности принимая во внимание, то что с целью свершения более справедливого итога необходимо огромное число сведений. Но чрезмерность циклов съемок постоянно урезана финансовой необходимостью применения радарных фотоснимков. Принимая во внимание, то что копии издалека с синтезированной радиолокационной апертурой обходятся дорого, и не каждый способен предоставить возможность для себя. Последующий вопрос технологии обрабатывания фотоснимков-применение крупных промежутков среди циклов съемки, предопределенные сезонностью съемки либо лимитированием базисов интерферограмм, имеют все шансы послужить причиной не верному развертыванию фазы, также равно как результат к неверной оценке деформационного состояния объекта.

Помимо выше упомянутых вопросов также могут возникнуть следующие проблемы:

- Смещения могут быть измерены только лишь в двухмерных также многомерных векторах.
- Мониторинг за территорией не в режиме настоящего времени.
- Процедура обрабатывания достаточно непростая и продолжительная.

При распаковке и фильтрации вероятно лишиться определенных сведений.

Подобным способом, сведения издалека с синтезированной радиолокационной апертурой раскрывает большое число способностей перед пользователями, какие в значительном превышают наземные технологические процессы. Но, при обрабатывании этих же сведений попадаются трудности, какие имеют все шансы значительно оказать влияние на окончательный результат, вплоть, непригодности результатов.

### **3 Инструментальный метод мониторинга смещений земной поверхности на нефтегазовом месторождении Тенгиз**

#### **3.1 Обработка результатов инструментальных наблюдений**

Следующая точность определения элементов сети наблюдений рекомендуется для изучения современных движений земной поверхности и технологических процессов на территории отработанных нефтяных месторождений в области промышленного и гражданского развития:

- Среднеквадратичная ошибка (СКП) при определении превышения в выравнивающих проходах по линиям профиля не должна превышать  $\pm 1$  мм / км, и не больше  $\pm 0,3$  мм на станцию.
- Измерения расстояния СКП при изучении оползневых, карстовых процессов и зон активных тектонических разломов не должны превышать  $\pm 3$  мм.

- СКП, который определяет плановое положение точки спутниковой сети относительно опорных точек, не должен превышать  $\pm 7$  мм.
- СПК, который определяет высоту точки спутниковой сети относительно опорных точек, не должен превышать  $\pm 11$  мм.

Средняя квадратичная ошибка при определении векторов вертикального смещения относительно опорных точек должна составлять:

Для высокоточного метода центровки - не более  $\pm 10$  мм;

При спутниковом методе измерения - не более  $\pm 15$  мм;

При наблюдении оползневых и карстовых процессов - не более  $\pm 2$  мм;

Квадратный корень ошибки при определении векторов горизонтального смещения относительно опорных точек:

Методом спутниковых измерений  $\pm 10$  мм;

При наблюдении оползней и карстовых процессов -  $\pm 3$  мм;

Первый цикл измерений на линиях профиля эталонных значений выполняется в соответствии с высокоточным методом балансировки класса 2, основными требованиями которого являются следующие:

- максимальная длина прицельного луча составляет 50 м;
- высота прицельного луча над поверхностью основания должна быть не менее 0,5 м;
- разница между превышениями, измеренными на станции на первичных и вторичных рельсовых весах, а также разница высот нулей рельсов не должна превышать 0,5 м;
- разница между прямым и задним выбросами не должна превышать  $\pm 3$  мм  $\sqrt{L}$ , где L - длина хода, км.

Чтобы приблизиться к соответствующей обработке результатов повторного нивелирования на участках геодинамического полигона (ГП), следует отметить, что существуют значительные отличия от традиционных государственных сетей нивелирования (ГНС), которые определяют не только схемы их построения, но также и методику обработки измерений на местах.

Таким образом, конечной характеристикой точки уровня сетки является ее положение по высоте относительно нуля Кранштадского фудштока, в то время как в геодинамическом многоугольнике обязательным параметром точки выравнивания является ее вертикальная составляющая вектора смещения. Поэтому геодезические маркеры с известными абсолютными высотами (определяемыми с требуемой точностью) служат отправными точками для построения GSS, а стабильные опорные значения, расположенные вне зон предполагаемых смещений (другими словами, вектор смещения которых априори равен нулю), играют вспомогательную роль в создании ГП. Другими словами, для определения вертикальных смещений точек GP вообще не нужно знать абсолютную или относительную высоту опорных пунктов, достаточно быть уверенным в их неподвижности. Степень абсолютности высотной системы не влияет на величину наблюдаемого снижения. И из-за того, что вертикальное смещение представляет собой другое значение, то есть определяется как разность двух превышений, влияние

ошибок увеличения начальной точки в геодинамических сетях на значения зарегистрированного уменьшения рабочих эталонных значений незначительно, поскольку схемы компенсации (количество движений, их геометрия и длина) невелики изменить с помощью настроенного мониторинга. Очевидно, что постоянная ошибка начальной точки отсчета знака, распределенного в каждом цикле прямо пропорциональна, например, длины компенсирующих движений, компенсируются при расчете оседаний.

Система инструментальных наблюдений геодинамических процессов на месторождении Тенгиз. Извлекаемые запасы нефти категории С1 + С2 составляют 26 млн тонн в год, остаточные запасы нефти достигают 3,1 млрд тонн нефти. Месторождения нефти расположены на глубине 3,7 - 5,5 км. Массивная залежь, имеющая рифогенное строение. Коэффициент нефтенасыщенности составляет 0,83; начальный газовый фактор 485 ме / ме; начальный дебит нефти 510 м<sup>3</sup> / сут на штуцере 10 мм; начальное давление в резервуаре составляет 85,25 МПа; температура 105 градусов по Цельсию; плотность масла 791 кг / м<sup>3</sup>; содержание серы составляет 0,8%, парафинность составляет 3,68%, она считается слегка битумной, поскольку она содержит 1,14% и содержит 0,13% асфальтенов. С 2010 года на нефтяном месторождении Тенгиз была организована система мониторинга геодинамической безопасности посредством ежегодных наблюдений на геодинамическом полигоне. Геодинамический полигон месторождения Тенгиз состоит из двух станций наблюдения:

- Линейная станция наблюдения
- Зона наблюдения станции.

Расположение области исследуемой территории Тенгизского месторождения указаны на рисунке 4.

При выборе типа реперов специалисты ориентировались на правила закладки центров на пунктах геодезической и нивелирной сети.

Для реперов на пунктах была принята конструкция тип 150 оп. знак (рисунок 5).

Глубина заложения реперов 3,5-4,0 м. Наблюдательная станция опиралась исключительно на реперы линейного наблюдения и подразумевала наблюдения GNSS для определения сдвигов реперов в средней части поля. Для определения зоны максимальных вертикальных смещений и расширения зоны мониторинга была модернизирована геодинамическая испытательная среда путем установления трех профильных линий и включения их в общий список работ по мониторингу в районе Тенгиза.

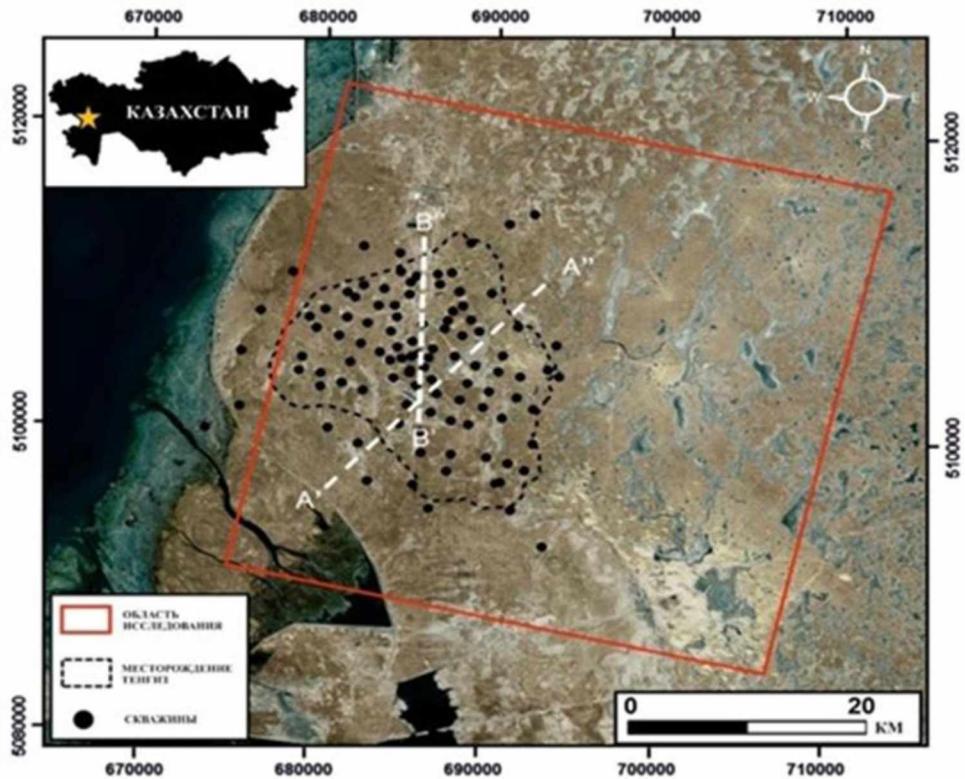


Рисунок 4 – Область исследуемой территории месторождения Тенгиз

Таким образом, наблюдательная станция имеет следующие характеристики: протяженность линий повторного нивелирования составляет 400 км.; количество нивелируемых пунктов – 1420; Количество циклов нивелирования – 3-6; количество сейсмологических пунктов – 8; количество реперов GNSS-сети – 20; количество измеряемых векторов – 60.

Схемы повторного нивелирования, созданных в пределах геодинамического полигона на месторождении Тенгиз, показаны на рисунке 6.

Глубина заложения реперов составляет 3,5-4,0 м. Станция площадного наблюдения опиралась исключительно на реперы линейной наблюдательной станции и подразумевала наблюдения GNSS для определения сдвигов реперов в средней части поля.

Площадная наблюдательная фактически состоит из двух полигонов (рис. 7): локального и глобального.

Нивелирование класса II проводилось с использованием высокоточного инструмента Trimble DiNi-12. Для нивелирования класса II использовались твердые деревянные штативы с металлической головкой длиной 1,7 м. В качестве точек перехода использовались стержни диаметром 2 см и длиной 20 см. LD-13 производства Nedo (Германия). Рейки оснащены круглыми планками и ограничительными насадками на пятках для одинаковой установки направляющих на перекладине.

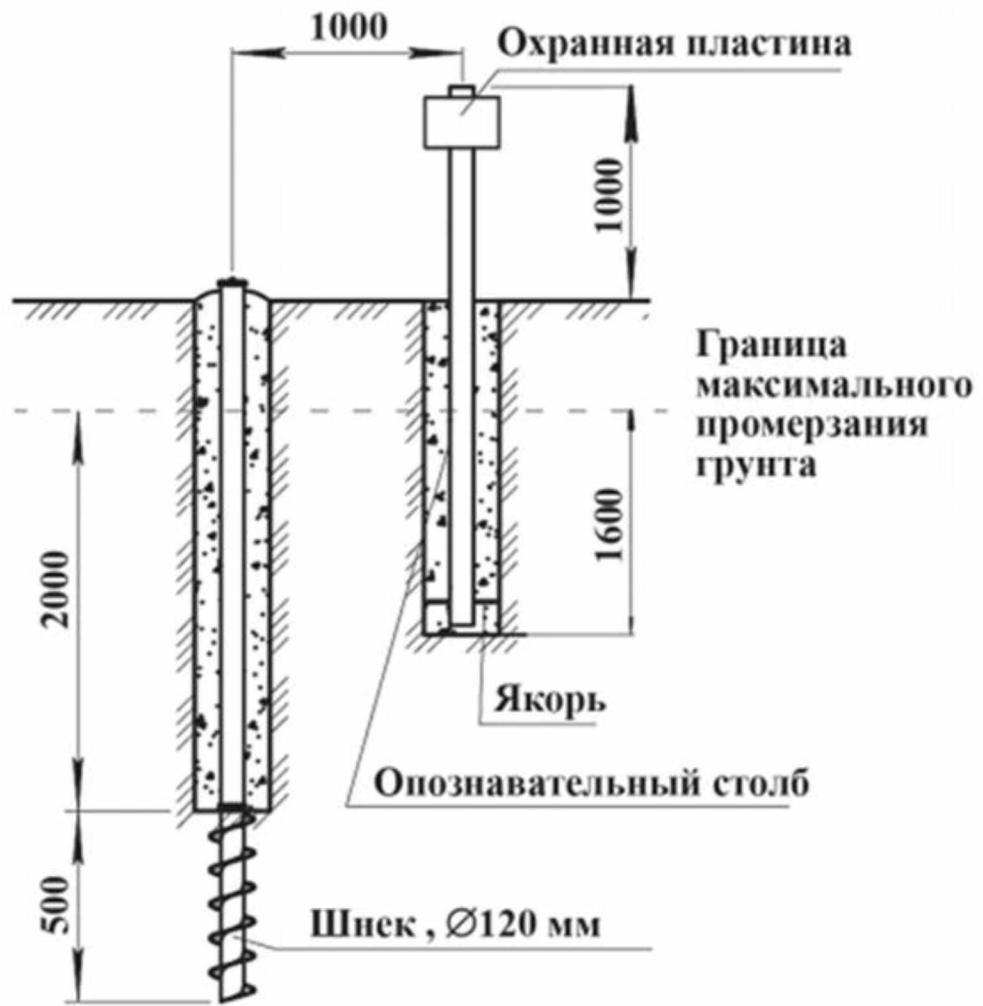


Рисунок 5 – Репер конструкции тип 150 оп. знак, заложенный на территории месторождения Тенгиз

Во время каждого измерения и, как правило, всего цикла наблюдения на станции, прибор анализировал результат измерения и, когда он удовлетворял указанным требованиям, отображал результат наблюдения на доске и записывал его на карту памяти. В случае расхождения между результатами или нарушения команды балансировки устройство сообщило об ошибках.

Наблюдения проводились утром и днем, начиная не ранее, чем через полчаса после восхода солнца и заканчиваясь не позднее, чем за час до захода солнца, а также в периоды спокойных и ясных изображений.

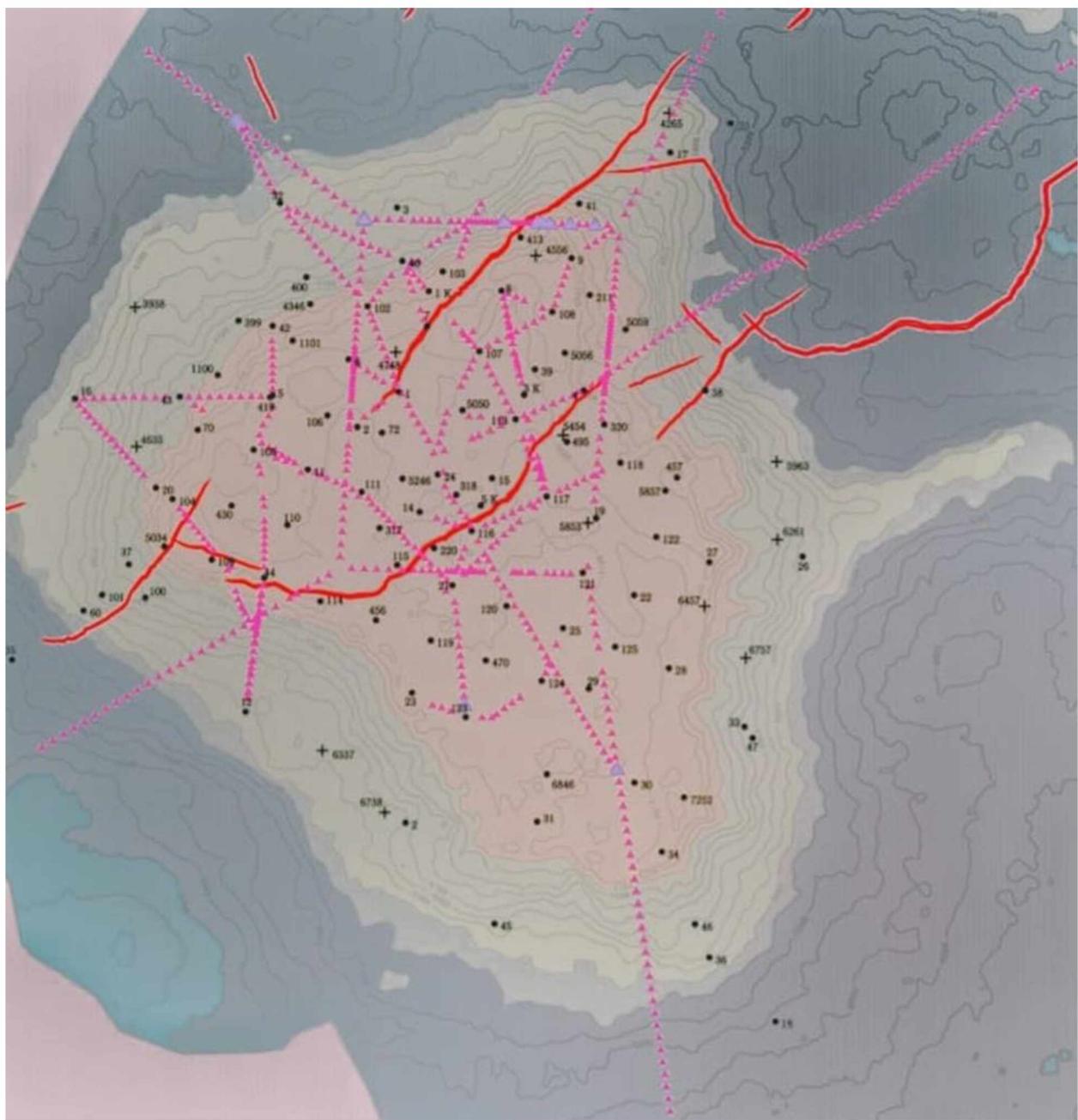


Рисунок 6 – Схема нивелирной сети 2 класса на Тенгизском месторождении

Длина прицела была от 15 до 50 м. Высота балки над нижней поверхностью была не менее 0,5 м. В некоторых случаях длина наблюдаемого луча до 30 м составляла высоту луча не менее 0,3 м.

Расстояние от горизонтальной установки до контрольных точек измерялось с помощью ленты. Во время перерывов в работе наблюдения заканчивались устойчивым знаком.

Избыточные значения были рассчитаны на каждой станции. Различия между превышениями не превышали 0,02 мм.

Проверка выравнивания поперечного сечения между соседними эталонными значениями и закрытыми областями была следующей: после

выравнивания поперечного сечения в прямом и обратном направлениях сравнивались два избыточных значения; разница между этими значениями не превышала. Если расхождение более чем приемлемо, расчет повторяется. Абсолютно неудовлетворительная избыточная стоимость была исключена. Оставшиеся два значения были приняты к обработке, если они не отличались друг от друга более чем на указанный допуск и были получены путем выравнивания в противоположных направлениях.

Нивелирование класса II, первый цикл, позволили получить данные о чрезмерных значениях между точками геодинамического полигона, создав тем самым эпоху наблюдений.

Оценка точности проведенного нивелирования позволяет сделать вывод, что результаты нивелирования соответствуют требованиям для геометрического нивелирования повышенной точности класса II.

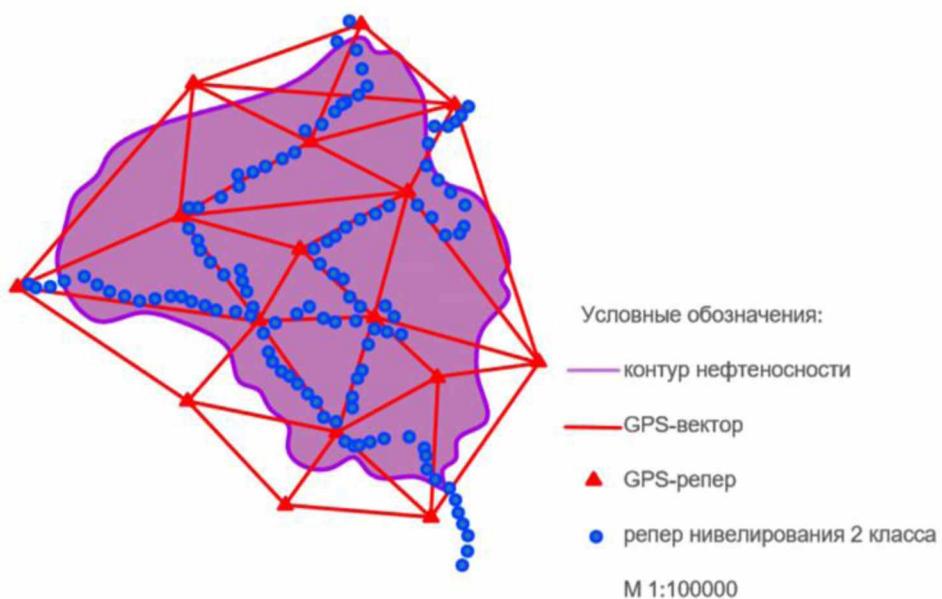


Рисунок 7 – Схема GNSS-сети на Тенгизском месторождении

Камеральная обработка результатов повторного нивелирования на наблюдательной станции за сдвигением земной поверхности выглядит так.

1 В каждом цикле мониторинга в измеренные в прямом и обратном направлениях превышения вводятся поправки за различие температур инварных реек при эталонировании и во время нивелирования, определяемое по формуле:

$$\delta_{\Pi} = k * (t_h - t_s) * h. \quad (1)$$

Вычисляется вероятнейшее превышения между реперами как среднее арифметическое значение из прямого и обратного ходов нивелирования. Уравниваются превышения в кустах опорных реперов.

2 Второй цикл наблюдений при отсутствии оседаний земной поверхности либо при их малых скоростях и величинах, а также плавном распределении следует рассматривать как контрольный, а в случае неизменного положения опорных реперов как избыточный как отношению к начальному циклу. Грубые погрешности и промахи в сети выявляются по результатам первого и второго циклов нивелирования.

3 По результатам первых двух периодов мониторинга в группах опорных реперов, выделяются наиболее устойчивые знаки, сохранившие свое высотное положение в наблюдаемые период относительно соседних реперов в пределах точности измерений между опорными реперами используется предельная точность наблюдений:

$$\pm f * \sqrt{L}. \quad (2)$$

4 Оценка взаимной устойчивости выделенных опорных реперов производится также по *критерию надежности измерений*

$$\pm f * \sqrt{\frac{1}{P_{h_{ij}}}}. \quad (3)$$

5 В качестве единицы веса рекомендуется использовать среднюю квадратичную случайную погрешность случайную погрешность нивелирования на один километр хода, определенную по внутренней сходимости измерений в первом или втором циклах мониторинга, вес превышений при этом следует находить находить по формуле:

$$P_i = \frac{m_i^2}{m_i^2 * L_i}. \quad (4)$$

6 По уравненным результатам повторного нивелирования определяют значения вертикальных деформаций земной поверхности по формулам:

$$n_i = H_i^n - H_i^{n+m}; \quad (5)$$

$$i_k = \frac{n_{i+1} - n_i}{l_k}. \quad (6)$$

Определяем значение вертикальных деформаций по вышеописанным формулам. Для примера рассмотрим значение деформации между реперами 36 и 37. Период измерений – 2 года.

$$\delta_{\pi} = 9 * 10^{-6} * (22^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}) * 10\text{мм} = 630 * 10^{-6} = 0,00063,$$

$$\pm 5\text{мм} * \sqrt{300\text{м}} = \pm 552,722\text{мм} = 0,552\text{м}.$$

$$\pm 5\text{мм} * \sqrt{\frac{1}{P_{h_{36-37}}}} = \pm 5\text{мм} * \sqrt{\frac{1}{P_{h_{36-37}}}} = \pm 5\text{мм} * \sqrt{\frac{1}{7,323}} = \pm 0,682\text{мм}.$$

$$P_{36} = \frac{\left(\frac{3\text{мм}}{\text{км}}\right)_1^2}{\left(\frac{4,5\text{мм}}{\text{км}}\right)_{36}^2 * 300\text{м}_{36}} = \frac{9\text{мм}/\text{км}}{6,075\text{мм}} = 1,48.$$

$$P_{37} = \frac{\left(4,8\text{мм}/\text{км}\right)_1^2}{\left(\frac{2,5\text{мм}}{\text{км}}\right)_{37}^2 * 280\text{м}_{37}} = \frac{23,04}{1,75} = 13,166.$$

$$P_{36-37} = \frac{1,48 + 13,166}{2} = 7,323.$$

$$n_{36} = 398,574\text{м} - 398,569\text{м} = \frac{0,005\text{мм}}{\text{год}}.$$

$$n_{37} = 397,989\text{м} - 397,983\text{м} = \frac{0,006\text{мм}}{\text{год}}.$$

$$i_{36-37} = \frac{n_{37}^{-0,005}}{50\text{м}} = \frac{0,006\text{мм}^{-0,005}}{50\text{м}} = \frac{1,026\text{мм}}{50000\text{мм}} = 0,00002.$$

### 3.2 Результаты наблюдений за сдвижением земной поверхности на территории Тенгизского месторождения

В течение всего периода наблюдения у реперов профильных линий наблюдаются вертикальные смещения. Результаты измерений показали наличие ускоряющегося уменьшения земной поверхности в то время, когда добывается активный углеводород. Скорость оседания в середине основной зарегистрированной впадины составляет около 24 мм в год. На момент завершения исследования западная граница впадины не доходила до берега в направлении его движения. Также появились следующие функции:

- Западная граница основного поселения сместилась в сторону побережья

- Создан еще один поверхностный поддон - к северо-востоку от первого.

Местные хребты земной поверхности появились на северном краю основного отстойника - в районе сероводородных очистных сооружений. Также сравнивались деформации резервуара Тенгиз, которые были

нормализованы по производительности, измеренной путем выравнивания, (см. рисунок 8).



Рисунок 8 – Нормированные по продуктивности деформации Тенгизского пласта

На основе всех геологических данных и проведенных измерений можно выделить следующие выводы:

- Основная зарегистрированная мульда оседаний земной поверхности совпадает с контуром месторождения Тенгиз на глубине 5 км.
- В северо-западной части мульды – в районе геологического разлома – смещения более интенсивные, чем в юго-восточной ее части.
- Вторая – небольшая – мульда оседаний, образовавшаяся к северо-востоку от первой – основной – мульды оседаний, приурочена к узлу пересечения двух крупных геологических разломов.
- Максимальное опускание составляет 24 мм.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Тенгизское месторождение Республики Казахстан имеет исключительно сложное геологическое и физическое строение. Долгосрочные результаты

опытно-промышленной эксплуатации месторождения и очень большой объем исследовательских работ, проводимых компанией «Тенгизшевройл», позволяет наметить наиболее эффективные пути развития и освоения месторождения.

Таким образом, в состав работ, связанных с исследованием геомеханических и геодинамических процессов при разработке нефтегазового месторождения Тенгиз входили горно-геологическое обоснование (ГГО), проведение исследований геомеханических и геодинамических процессов.

На данном месторождении производились инструментальные и космические методы исследования оседания земной поверхности. Оба метода имеют свои преимущества и недостатки, поэтому для более точного результата используется оба этих метода, а после полученных результатов их сравнивают и выводится окончательный итог оседаний и высчитывается примерный прогноз деформаций. В ходе измерений, которые были выполнены по методике нивелирования 2 класса, было выявлено что за весь период наблюдений у реперов профильной линии наблюдались вертикальные смещения, и были выявлены 2 мульды оседания земной поверхности: большая и малая, а также максимальное оседание земной поверхности, по данным измерений, составило 24 мм. По всем вышеизложенным данным можно сделать вывод, что на данный момент, деформация земной поверхности на территории Тенгизского месторождения является умеренной, и пока не несет опасного воздействия.

Дальнейшее наблюдение за оседаниями земной поверхности необходимо, чтобы предотвратить возможное неожиданное подтопление объектов наземной инфраструктуры добывающей углеводородов, поскольку четко зафиксировано развитие мульды оседаний на запад – к побережью Каспийского моря.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Ю.А. Кашников, К.В. Беляев, Е.С. Богданец, А.А. Сорогин. Маркшейдерское обеспечение при разработки месторождений нефти и газа. – М.: Недра, 2018.
- 2 М.Б. Нурпейсова, Н.А. Милитенко. Геомеханика. – Алматы, 2015.
- 3 Р.Р. Синанян. Маркшейдерское дело. – М.: Недра, 1988.
- 4 Горная геомеханика и маркшейдерское дело. Сборник научных трудов. – М.: Недра, 2017.
- 5 Л.Г. Грабчак Ш.Б. Багдасаров С.В. Иляхин. Горноразведочные работы. – М.: Недра, 2003.
- 6 А.С. Мазницкий, В.Г. Сова. Маркшейдерско-геодезические работы на месторождениях нефти и газа. – М.: Недра, 1979.
- 7 В.Г. Аковецкий. Аэрокосмический мониторинг месторождений нефти и газа. – М.: Недра, 2008.
- 8 А.П. Крылов, А.С. Вирновский, Ю.П. Борисов. Вопросы маркшейдерии и горной геометрии в нефтедобывающей отрасли. – М.: Недра, 1962.
- 9 Н.А. Еременко. Геология нефти и газа. – М.: Недра, 1961.
- 10 Д.М. Трофимов. Аэрокосмические исследования на поисковом этапе геологоразведочных работ на нефть и газ. – М.: Недра, 2010.

## **Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем**

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор: Фадеева Арина Евгеньевна**

**Название:** «Инструментальные наблюдения за оседаниями земной поверхности на нефтегазовом месторождении «Тенгиз»

**Координатор:** Аян Токтаров

**Коэффициент подобия 1:** 2

**Коэффициент подобия 2:** 0

**Замена букв:** 1

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;

обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

**Обоснование:**

21.05.2020  
Дата

Подпись Научного руководителя

**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу  
Фадеевой Арины Евгеньевны  
Специальность 5В070700 – Горное Дело

Тема: «Инструментальные наблюдения за оседаниями земной поверхности на нефтегазовом месторождении «Тенгиз»

Дипломная работа Фадеевой А.Е. посвящена актуальной проблеме оседания земной поверхности на территории Тенгизского месторождения. Главной проблемой при наблюдениях за оседаниями земной поверхности на нефтегазовых месторождениях являются огромные размеры нефтегазоносных бассейнов и соответствующие им обширные площади на земной поверхности. Помимо этого, месторождение Тенгиз характеризуется очень сложной физико-геологической структурой. Целью работы являлось изучение методов наблюдения за оседанием земной поверхности на месторождении Тенгиз.

В специальной части дипломной работы подробно рассмотрен инструментальный метод наблюдений и дан краткий обзор метода спутниковый дифференциальной интерферометрии. Студентом приведены формулы для расчетов оседания земной поверхности по результатам инструментальных наблюдений. Показаны мульды оседания земной поверхности и определены максимальные величины оседания земной поверхности на территории месторождения.

В процессе написания дипломной работы студент проявил самостоятельность и инициативность, показал хорошую теоретическую подготовку в рамках маркшейдерской специальности, навыки поиска и анализа литературных источников. С уверенностью можно отметить, что студент полностью овладел базовыми знаниями и умениями необходимыми для выпускника ВУЗа, как потенциального молодого специалиста маркшейдера.

Учитывая вышеизложенное, рекомендую допустить Фадееву А.Е. к защите выпускной квалификационной работы на заседании ГАК, с последующим присуждением квалификации «бакалавр» по специальности 5В070700 – Горное Дело.

Научный руководитель  
лектор кафедры МДиГ, м.т.н.  Токтаров А.А.  
«20» \_05\_ 2020 г.