

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «8D07104 – Нефтегазовая и рудная геофизика»

Құдайбергеновой Сабины Сатыбалдықызы

Современные технологии геодинамического мониторинга при изучении и картировании быстроменяющихся природно-техногенных процессов на месторождениях углеводородов

Актуальность диссертационной работы определяется сложностью, системностью и многофакторностью проблемы обеспечения геодинамической безопасности освоения недр РК, что, во-первых, определяет необходимость более углубленного изучения условий формирования быстроменяющихся природно-техногенных событий, учитывая большое разнообразие геодинамических и экологических рисков, а, во-вторых, требует существенного развития подходов к своевременному выявлению этих рисков, а также реальных оценок последствий проявления сейсмодинамических процессов на разрабатываемых месторождениях углеводородов.

В свою очередь, это вызывает актуальную необходимость использования системного подхода с применением теоретических, модельных, экспертных и других видов исследований по результатам геодинамического мониторинга.

Объекты исследований – разрабатываемые месторождения нефти и газа Западного Казахстана, РФ и зарубежных стран.

Предметами исследования являются вариации силы тяжести, удельное электрическое сопротивление горных пород, параметры сейсмических и деформационных процессов, а также техногенные процессы в приповерхностной части геологического разреза.

Методология – синтез и системный анализ, переобработка и переинтерпретация, моделирование геолого-геофизических данных с применением современного ПО на базе результатов комплекса методов, охватывающего высокоточный гравиметрический мониторинг, электротомографию, вертикальное электрическое зондирование, электромагнитное зондирование становлением поля, частотное зондирование, повторное точное нивелирование, GPS-измерения (частично радарную интерферометрию и сейсмологический мониторинг).

Инструменты исследований – программное обеспечение Grapher, Surfer, Didger (США, Golden Software), ArcGIS&Esri (США), COSCAD 3D, SiBER Tools (Новосибирск, РФ), RES2D (Geotomo softwear, Малайзия), Эра, EMS (ИНГГ СО РАН) и ZondTEM1D и т.д.

Цель – на основе долговременного контроля за быстроменяющимися природно-техногенными процессами, связанными с аномальными изменениями параметров геофизического поля (силы тяжести, удельного

электрического сопротивления) и сопутствующих им деформационных геодинамических параметров (просадок, горизонтальных сдвигов, землетрясений) изучение особенностей (закономерностей) проявления природно-техногенных сейсмодиформационных процессов на разрабатываемых месторождениях УВ.

Решаемые задачи:

- сбор, анализ и обобщение имеющихся фондовых материалов, опубликованной отечественной и зарубежной литературы, составление аналитических обзоров случаев возникновения деформационных и сейсмических событий на разрабатываемых месторождениях УВ;
- анализ методов, аппаратного обеспечения и методики проведения ГДМ;
- оценка достоверности БД по комплексному ГДМ за современным природно-техногенными процессами на месторождениях УВ;
- выявление закономерностей возникновения и пространственно-временного развития различных форм проявления природно-техногенной геодинамики недр;
- выполнение геодинамического районирования территории месторождений УВ – выделение зон и участков геодинамического риска по комплексу геолого-геофизических и геодезических методов исследований;
- обоснование рекомендаций по оптимизации комплексного ГДМ для решения задач по размещению систем и объектов обустройства на месторождениях УВ, что позволит избежать возникновения возможных аварийных ситуаций, связанных с геодинамическим фактором.

Защищаемые положения:

1. На разрабатываемых месторождениях углеводородов наличие техногенного фактора проявляется в свде локальных структур уменьшением значений локальной составляющей гравитационного поля, сопровождающегося увеличением амплитуды вертикальных просадок дневной поверхности и уменьшением пластового давления.

2. Относительно пониженные значения аномалий гравитационного поля соответствуют зонам возникновения сейсмодиформационных процессов (в форме очагов землетрясений и зон активизации разломов в результате увеличенных объемов добычи углеводородов), с которыми связаны просадки земной поверхности и уменьшение пластового давления.

3. Комплексные исследования методами гравиразведки, электроразведки и лабораторных исследований образцов керна дают возможность выявить зоны формирования суффозионно-карстовых воронок в результате совместного проявления поверхностных факторов и глубинной тектоники.

4. Система мониторинга геолого-геофизическими и геодезическими методами при изучении и картировании природно-техногенных сейсмодиформационных процессов требует постоянного совершенствования в методике и аппаратном обеспечении.

Научная новизна диссертационных исследований состоит в анализе многолетних измерений и в обобщении методологии комплексного мониторинга геофизических и геодинамических процессов земной коры в районах добычи нефти и газа с оценкой техногенных изменений в верхней части земной коры и их последствий; в установлении и подтверждении общих и локальных особенностей влияния добычи нефти и газа на геодинамические процессы и сейсмичность; в обосновании комплекса геофизических методов в составе гравиразведки и электроразведки при изучении суффозионно-карстовых процессов в районах разработки месторождений нефти и газа, техногенных воздействий и зон повышенной сейсмической активности; в выполнении районирования территории нефтегазоносного региона по уровню сейсмической активности. На основе выполненных исследований предлагается современная технология контроля техногенных изменений в динамике земной коры на разрабатываемых месторождениях углеводородов путем создания геодинамических полигонов.

Практическая значимость – полученные выводы подтверждают принципиальную возможность оценки возникновения различных сценариев геодинамических ситуаций и экологических рисков, связанных с разработкой месторождений УВ, рекомендованы мероприятия с целью снижения этих геодинамических рисков.

Результаты диссертационных исследований представляют практический интерес для компаний ведущих операционную и сервисную деятельность на месторождениях УВ Казахстана.

Апробация

Основные научные положения диссертационной работы докладывались: на международном форуме «Карбонатные бассейны Казахстана и сопредельных территорий» (г. Туркестан, май 2022 г.), на международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, экологии и химии с использованием современных образовательных технологий» (г. Алматы, февраль 2022 г.), на 17-ой конференции Европейской Ассоциации Геоученых и Инженеров (г. Геленджик, апрель 2021 г.), на СМУ ИГиНГД (апрель 2021, январь 2023г.), на СМУ SU (январь 2023 г.), в Институте сейсмологии МЧС РК (январь 2023 г.), на кафедре «Маркшейдерского дела и геодезии» (январь 2023 г.), в Международном центре анализа и разработки месторождений SU (февраль 2023 г.) и на внутренних кафедральных заседаниях.

В период с 6 по 30 апреля 2022 года была пройдена научная стажировка в Erciyes University г. Кайсери, Турция, под руководством профессора, доктора Абдурахман Геймена.

Основные положения диссертационной работы **опубликованы** в 9 научных трудах, в т.ч. 4 статьи опубликованы в журналах, входящих в базу данных Scopus и Web of Science, 1 статья в других научных журналах и изданиях, 4 публикации – в изданных трудах международных конференций, казахстанских и зарубежных.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 174 страницах компьютерного набора и состоит из введения, семи разделов, заключения и списка использованных источников, включающего 201 наименований. Диссертация иллюстрирована 45 рисунками и 7 таблицами.

Фактографическая база

Фактографическую базу диссертационных исследований составили изданные материалы авторских исследований, опубликованные статьи и монографии в отечественных и зарубежных изданиях, а также фондовые отчеты по теме диссертации.

В первой главе с учетом целевого направления исследований охарактеризованы *природные и техногенные деструктивные факторы геодинамического и геоэкологического рисков в районах интенсивной добычи углеводородов* в объеме, достаточном для понимания последующего изложения работы.

Во второй главе подробно изложены материалы по *современной геодинамике платформенных областей, по становлению и развитию представлений по геодинамической активности нефтегазоносных областей*. Особый интерес представляет аналитический обзор случаев возникновения сейсмодиформационных событий на разрабатываемых месторождениях углеводородов, иллюстрируемая различными рисунками проявления современной геодинамики недр и сводной таблицей. Приведены примеры негативных последствий проявления сильных сейсмодиформационных событий на месторождениях углеводородов и выявлены основные закономерности возникновения и развития геодинамических событий. По обобщению результатов сейсмологического мониторинга на разрабатываемых месторождениях углеводородов обосновано четыре возможных модели формирования техногенной и техногенно-индуцированной сейсмичности.

Третья глава посвящена изучению и анализу *зарубежного и отечественного опыта организации и проведения геодинамического мониторинга недр на месторождениях углеводородов*. В главе показана и подробно описана история геодинамических исследований в Казахстане, РФ и дальнего зарубежья (приоритет принадлежал месторождениям США, Франции и др.) в отношении развития геодинамических полигонов. Основное внимание сосредоточено на комплексе методов включающий повторные высокоточные гравиметрические, повторное точное нивелирование и GPS-измерения, частично сейсмологический и космический мониторинги. Показана важная роль комплексного подхода к созданию геодинамических полигонов и проведению геодинамического мониторинга, обосновано, что весь положительный опыт работ в различных аспектах решения этой проблемы может быть использован при проведении геодинамического мониторинга и истолкования результатов в Республике Казахстан.

В четвертой главе приведена *краткая информация о геологическом строении и тектонике и др. особенностей исследуемых объектов*. Обобщенная информация о геологическом строении территории

Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения (КНГКМ) и газонефтяного месторождения Бозашы Северный (ГНМБС) приводится в том составе и объеме, который позволил сформулировать факторы геодинамического риска природного генезиса с целью обоснования методов геодинамических наблюдений. Описание геологического строения выполнено с использованием Атласа нефтяных и газовых месторождений РК (Турков О.С. и др., 2020 г.).

Пятая глава посвящена непосредственно *методике проведения и аппаратурному обеспечению геодинамического мониторинга на месторождениях углеводородов Казахстана*. Глава состоит из трех разделов. В первом разделе выполнено целесообразное выделение четырех информационно взаимосвязанных подсистем: геофизической, сейсмологической, деформационной и флюидо-геохимической, в виде таблицы собрана и представлена детальная информация по видам и объемам работ геодинамического мониторинга на месторождениях УВ РК. Дана характеристика точности выполненных работ. Во втором разделе представлена методика проведения геодинамического мониторинга на примере КНГКМ и ГНМБС, на которых были выполнены повторные: гравиметрические измерения, нивелирование II класса повышенной точности и GPS наблюдения. Помимо вышеперечисленных базовых методов, по этим месторождениям УВ в диссертации были использованы частично сведения по сейсмологическим наблюдениям, радарной интерферометрии и специфическим электроразведочным методам (электротомография, вертикальное электрическое зондирование, электромагнитное зондирование становлением поля, частотное зондирование). Приведена информация по переобработке цифровых материалов проведенная с целью оценки достоверности полученных результатов по каждому методу. В третьем разделе представлены передовые технологии при проведении геодинамического мониторинга. Показано, что получение достоверных данных о геодинамическом состоянии объектов мониторинга и решение задач геодинамического мониторинга обеспечивается надежным, безотказным функционированием измерительной и информационно-коммуникационной систем мониторинга. Поскольку основным принципом создания системы ГДМ является унификация применяемой аппаратуры, методик измерений и обработки получаемой информации, показана важная роль соответствия применяемых аппаратных средств поставленным задачам.

В шестой главе сформулированы группы факторов геодинамического риска при разработке месторождений углеводородов, это тектогенные (природные) и техногенные, связанные с разработкой месторождений. В содержании раздела приведены показатели и параметры современной природно-техногенной геодинамики недр на разрабатываемых месторождениях УВ РК. Все геодинамические риски рассматриваются через призму Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения и газонефтяного месторождения Бозашы Северный. Раздел посвящен изучению и анализу геодинамических параметров (вариации силы тяжести,

сейсмичность, вертикальные движения дневной поверхности, горизонтальные подвижки) и факторов развития суффозионно-карстовых процессов на территории КНГКМ на основе детального изучения материалов всех ранее проведенных геолого-геофизических исследований в районе развития суффозионно-карстовых образований Карачаганакского месторождения. По НГМБС показаны результаты по комплексному анализу геодинамического мониторинга, иллюстрируемая графиком современных вертикальных движений дневной поверхности, вариаций силы тяжести, объемов добычи нефти, газа и жидкости, закачки жидкости и пластовых давлений по резервуарам (рис. 6.20) и выполнено сопоставление результатов наблюдений наземных инструментальных и дистанционных методов, установлена их высокая сходимость (рис. 6.21). Сделан вывод, что радарные съемки постепенно могут стать ключевым источником получения кондиционной информации о вертикальных смещениях дневной поверхности и если не полностью заменить нивелирование, то могут сократить объемы трудоемкого метода.

В седьмой главе приведены **выводы и рекомендации** по дальнейшему проведению геодинамического мониторинга на КНГКМ и ГНМБС. Выполненный анализ результатов по ведению комплексного геодинамического мониторинга (повторных высокоточных гравиметрических измерений, сейсмологического мониторинга, точного нивелирования, высокоточных спутниковых (GPS и радарных) измерений) показал, что на территории месторождений УВС Западного Казахстана, выявлены значительные изменения вариаций силы тяжести и движения земной поверхности во времени и пространстве, связанные с процессами добычи УВС и закачки жидкости в продуктивные пласты для поддержания пластового давления и повышения нефтеотдачи пластов. Предположено, что неравномерный объем добычи и изменчивость коллекторских свойств пород по территории месторождений углеводородов приводят к сложному процессу пространственно-временного изменения геодинамических параметров, и причины движений земной поверхности обусловлены природно-техногенными факторами.

На основании результатов исследований суффозионно-карстовых явлений площадной гравиметрической и электрометрической съемок (вертикальное электрическое зондирование, электротомография, электромагнитное зондирование становлением поля) спрогнозированы местоположения зон потенциального развития провалов. Приведены разрезы и карты распределения удельного электрического сопротивления на разных глубинах, трехмерные геоэлектрические модели, как для приповерхностной, так и глубинной части исследуемого участка. В результате геологической интерпретации данных выделены зоны (по параметру УЭС), к которым приурочены существующие воронки, определено направление выноса разрушенных (размытых) горных пород. Выявлены структуры, связанные с зонами развития суффозионно-просадочных процессов, и сформулированы возможные причины их формирования. Доказана эффективность комплекса

электромагнитных методов, использованных на участке с деструктивными явлениями.

В результате проведенного исследования, сформулирован вывод о том, что основной механизм образования воронок связан с вымыванием известнякового и солевого «цемента» из неоген-четвертичных отложений, с дальнейшей разгрузкой в более глубокие обводненные горизонты. Рекомендовано, что при решении аналогичных задач в других регионах, где имеются зоны проявления суффозионных процессов, а также для мониторинга их развития может быть использован данный комплекс работ. Обоснование результатов проведено на основе анализа и сопоставления полученных данных электроразведки с априорными геологическими данными.

Таким образом, диссертационные исследования свидетельствуют, что предложенные результаты комплексного мониторинга сейсмодинамических процессов на месторождениях УВ могут стать действенным методом обеспечения геодинамической безопасности в общей системе управления и контроля за разработкой этих месторождений, а также в системе охраны недр и окружающей среды.