

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

На правах рукописи

АБДУЛРАЗАГОВА ПАРВАНА АЖДАР ГЫЗЫ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ФЛЮИДОВ
В СЕЙСМОГЕННЫХ ОБЛАСТЯХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО
СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА
*(на примере Шамахинской и Исмаиллинской
сейсмогенных зон Азербайджана)***

2503.01 – Геохимия, геохимические методы поисков
полезных ископаемых

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание ученой степени
доктора философии по наукам о Земле

БАКУ – 2018

Работа выполнена в Республиканском Центре Сейсмологической Службы Национальной Академии Наук Азербайджана, в Отделении “Геохимия”.

Научные руководители: доктор геолого-минералогических наук,
чл.-корр. НАНА **А.Г. Гасанов**

доктор геолого-минералогических наук
Р.А.Керамова

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Н.А.Новрузов

доктор философии по
геолого-минералогических наук
И.Ш.Ибрагимова

Ведущая организация: АГНПУ, кафедра «Нефтегазовая геология»

Защита диссертации состоится «30» апреля 2018 г. в 14⁰⁰ на заседании Диссертационного Совета В/Д.01.081 при Институте Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана

Адрес: AZ1143, г. Баку, Азербайджан, пр. Г.Джавида, 119

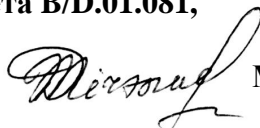
Факс: (+99412) 537 22 85

E-mail: gia@azdata.net

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана

Автореферат разослан «30» марта 2018 г.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета В/Д.01.081,
доктор философии по
техническим наукам



Мирзоева Д.Р.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

К числу важнейших флюидогеодинамических (ФГД) процессов Земли относятся: землетрясения, активный вулканизм и тектонические деформации. Все эти факторы являются основными источниками современных движений земной коры. Наиболее интенсивно флюидогеодинамические процессы происходят в местах взаимодействия тектонических плит. Именно в этих местах нашей планеты происходят катаклизмы - сильные землетрясения, региональное изменение тектоники и извержения вулканов, сопровождающиеся напряжённо-деформационными процессами геологической среды на обширной территории. Причём, землетрясение, из всех природных катастроф, является наиболее непредсказуемым, фатальным и экстремально развивающимся событием, которое по своим разрушительным последствиям, количеству жертв и материальному ущербу приносит населению Земли неисчислимы бедствия.

Следует также отметить, что в течение последнего десятилетия на нашей планете масштабы и скорость глобальных изменений геологической среды многократно возросли, а сейсмическая и тектоническая активность резко увеличилась.

Известно, что территория Азербайджана и прилегающая акватория Каспийского моря также относятся к сейсмически активным регионам Земли, а Шамаха и Исмаиллинская сейсмоактивные зоны отличается в Республике наиболее высокой сейсмогенностью. В исторических данных указано, что в этих регионах происходили катастрофические землетрясения, которые, по шкале Рихтера, достигали 9 и более баллов, соответствуя магнитудам $M_{pv} \geq 8.0$. Исходя из вышеизложенного, для Азербайджана чрезвычайно актуальна проблема изучения процессов, которые как инициируют сейсмическую, тектоническую и грязевулканическую активность, так и провоцируют дальнейшее изменение геодинамики в регионе, являясь причиной напряжённо-деформационной обстановки.

Наряду с другими направлениями, проблема изучения геодинамики флюидов, т.е. флюидогеодинамических процессов, в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах имеет приоритетное значение в науках о Земле и важное народно-хозяйственное - для Республики.

В связи с этим, постановка работ по поиску геохимических предвестников землетрясений, именно в этой зоне является наиболее

актуальной.

Цель исследований.

Изучение круглогодичного геохимического мониторинга флюидов в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах и разработка на этой основе метода идентификации напряжённо-деформационного поля, как наиболее вероятной зоны сейсмической активности.

Основные задачи исследования:

1. изучить влияние напряжённо-деформационного поля на режим флюидов в период активизации сейсмических процессов на территории Азербайджана по данным круглогодичного геохимического мониторинга;

2. выявить характерные закономерности в динамике геохимических полей флюидов в период активизации сейсмических процессов в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах;

3. разработать экспресс-методы идентификации разных сейсмических очагов Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон на основе данных круглогодичного геохимического мониторинга режима флюидов

Основные защищаемые положения:

1. Геохимические особенности режима флюидов в сейсмических очагах Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон

2. Экспресс-методы идентификации напряжённо-деформационного поля в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах по комбинациям короткопериодных гидрогеохимических аномалий.

Научная новизна работы:

1. Составлен “Атласа идентификации очагов сильных землетрясений в Азербайджане по геохимическим аномалиям флюидов Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон”.

2. Установлено, что аномалии в геохимических полях флюидов в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах возникают на заключительном этапе подготовки землетрясений.

3. Впервые по результатам многолетнего мониторинга геохимических полей в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах на основе комбинаций геохимических параметров выделены 5 микро-сейсмозон.

4. Установлены закономерности в информативных комбинациях геохимических параметров, которые являются индикаторами активизации сейсмических и грязевулканических процессов в конкретных

микросейсмозонах.

5. Установлена универсальная информативность гидрогеохимического параметра – сульфат-иона (SO_4) для всех землетрясений, очаги которых расположены в пределах зоны Вандамского разлома.

Практическая значимость.

Разработанные методы обработки и интерпретации данных режимных наблюдений на скважинах и источниках существенно расширяют возможности геохимического мониторинга флюидов в части оперативного выделения гидрогеохимических предвестников.

Публикации и апробация работы.

Результаты выполненных исследований по теме диссертации изложены в 9 статьях и 3 тезисах, опубликованных в республиканских и зарубежных журналах и материалах конференций.

Частично, основные результаты были опубликованы как “Важнейшие НАН Азербайджана”.

Основные результаты и положения диссертационной работы докладывались на местных и международных конференциях: I, III международные конференции молодых ученых и студентов (Баку, Азербайджан, 2005, 2009); Proceedings Natural Cataclysms and Global Problems of the Modern Civilization.

WORLD FORUM-INTERNATIONAL CONGRESS. September 19-21, 2011-Istanbul, Turkey.

Фактический материал.

Основой для работы послужили материалы круглогодичного геохимического мониторинга флюидов; комплексная систематизация, обобщение, анализ и интерпретация сейсмологических материалов которые отражены в “Каталоге сейсмологических и сеймопрогностических исследований Азербайджана “ РЦСС НАНА и данные круглогодичного геохимического мониторинга; сопоставлены данные сейсмологических и геохимических материалов и их интерпретация, тестирование алгоритмов и программного обеспечения для ежедневного, экспрессного автоматического выявления короткопериодных аномалий в геохимических полях флюидов; построение графического материала, который отразил влияние напряженно-деформационных полей, которые возникли в результате активизации сейсмических процессов в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах, выявление эталонных комбинаций информативных геохимических параметров, которые отразили процесс подготовки конкретных сейсмических очагов в Шамахин-

ской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах к реализации на основе новой технологии “ SEISMOGEOCHEMICALon-line”

Структура работы.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, выводов и списка использованной литературы. Общий объем работы составляет 191 страниц, включая 67 иллюстрацию и 10 таблиц. Библиографический список включает 116 наименования.

Работа выполнена в Республиканском Центре Сейсмологической Службы Национальной Академии Наук Азербайджана, в Отделе “Геохимия”.

Благодарности. Автор выражает огромную благодарность своему руководителю, чл.-кор. НАНА, профессору А.Г.Гасанову, ныне покойному, за его ценные рекомендации по представленной работе и содействие в организации поисково-съёмочных гидрогеохимических исследований в регионе.

Автор выражает признательность руководителю д. г.- м. н. Р.А. Керамовой за помощь и постоянное содействие в завершении диссертационной работы.

За большое внимание к работе и ценные советы автор благодарит генерального директора РЦСС НАНА, член-корреспондент НАНА, д.г.-м.н. Г.Д.Етирмишли. За научные консультации при написании настоящей диссертационной работы, автор глубоко признателен д.г.-м.н., профессору Ш.А.Балакишибейли, д.г.-м.н., профессору М.И.Исаевой, член-корреспонденту НАНА, профессору. А.А.Фейзуллаеву, д.г.-м.н. Т.Я.Мамедли, к.ф.-м.н. А.Г.Рзаеву.

За постоянное внимание и большую помощь при выполнении работы автор выражает благодарность д.ф.-м.н. Е.Н.Лятифовой, д.ф.-м.н. Д.Р. Мирзоевой.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА I. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФЛЮИДОВ

В Азербайджане проблема исследования различными методами напряжённо-деформационных зон, возникших в земной коре в результате активизации сейсмичности, региональной тектоники или грязевулканической деятельности, и их влияния на флюидогеохимические поля была изложена в трудах по радиометрии [Т.А.Золотовацкая,

1976; Алиев Ч.А., 1985], геофизике [Т.А.Исмаил-заде, 1979; М.И.Исаева, 1979], газогеохимии [Ф.Г.Дадашев, 1963; А.А.Якубов, 1978; Ш.Ф.Мехтиев, 1980; З.З.Султанова, 1986; Ад.А.Алиев, 1989; А.Я.Кабулова, 1989 и многие др.]. Однако все эти исследования были дискретными, т.к. проводились только в полевой, летний период года.

Началом стационарных, круглогодичных (круглосуточных) наблюдений в Азербайджане за параметрами геофизических и геохимических полей в рамках сейсмопрогностических исследований, было создание в 1980г., в Институте Геологии АНА Опытной-Методической Геофизической Экспедиции, ОМГЭ ИГ АНА. Это стало возможным на основании Постановления Президиума Академии Наук Азербайджана.

Впервые сейсмопрогностические исследования в республике начали интенсивно развиваться после сильного Исмаиллинского землетрясения (29.11.81г.; $M_{pв}=6.2$; $K=14.0$). Принимая во внимание, что решение проблемы прогноза землетрясений возможно только комплексными сейсмологическими, геофизическими и геохимическими методами, наряду с сейсмологическими и геофизическими исследованиями, в ОМГЭ ИГ АНА также активно стало развиваться сейсмогеохимическое направление. Уже в январе 1983г. была организована опытно-методическая геохимическая партия, которая в 1999 г. выросла в сейсмогеохимическую экспедицию (СГХЭ).

В Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах круглогодичный геохимический мониторинг был начат в 1980 году (Р.А.Кермова). Он продолжается по настоящее время.

ГЛАВА II. ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ШАМАХИНСКОЙ И ИСМАИЛЛИНСКОЙ СЕЙСМОГЕННЫХ ЗОНАХ

В данной главе, на основе использования значительного объема опубликованных материалов и ссылкой на работы известных азербайджанских ученых, геологов и сейсмологов, приведена краткая характеристика геологии, сейсмичности и гидрогеологии Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон Азербайджана.

Геолого-тектоническое строение

Шамахинская и Исмаиллинская сейсмогенные зоны Азербайджана, по результатам геолого-тектонических и сеймотектонических [Р.А.Агамирзоева (1987); Э.Ш.Шихалибеги (1976, 1996);

Ф.С.Ахмедбейли, А.Г.Гасанов, Ф.Т.Кулиев, М.Панахи, (1991); А.Д.Исмаил-заде, Т.Н.Кенгерли (2002); Ф.С.Ахмедбейли, А.Г.Гасанов (2004)] исследований относятся к сложной территории, в геологическом и тектоническом плане.

Здесь выделены разломы глубокого заложения: Вандамский и Аджичай-Агричай-Алятский. Последний из них относится к крупным региональным разломам глубокого заложения, который проникает почти до подошвы земной коры и простирается от западных границ Азербайджана до Каспийского побережья и даже в шельфовую зону Каспийского моря.

В главе рассмотрены основные структурные единицы региона исследований используя опубликованные материалы Р.А.Агамирова, Э.Ш.Шихалибейли и Т.Н.Кенгерли.

Гидрогеологическая и гидрогеохимическая обстановка

В общей схеме гидрогеологического районирования территории Азербайджана по условиям формирования и миграции подземные воды Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенной зоны относятся к двум областям: а) трещинные и трещинно-жильные воды горно-складчатой зоны Большого Кавказа; б) порово-пластовые воды низменной области Шамахи-Гобустанского бассейна.

Дебиты подземных вод. В формировании подземных вод четвертичных отложений в пределах Шамахинского района значительную роль играют подрусловые потоки рек Пирсаат, Гозлучай, Чигилчай и Зогаловайчай. По ионно-солевому составу подрусловые воды, в основном, пресные, с минерализацией 0.5÷1.0 г/л, гидрокарбонатного кальциево-натриевого, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого составов. Встречаются слабосолоноватые воды с величиной минерализации 1.3÷1.4 г/л хлоридно-сульфатно-натриевого состава, приуроченные к участкам, примыкающим к бортам долины рек.

Минеральные источники. В основном, они характерны для высокогорных областей Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон. Дебиты водопунктов редко превышают 1 л/с. Обычно они равны 0.1 л/с (реже 0.01÷0.02 л/с). По химическому составу эти подземные воды, как правило, пресные, с сухим остатком 1 г/л, чаще 0.3÷0.6 г/л. Лишь в очень редких случаях минерализация этих вод превышает 1 г/л. По химическому составу они карбонатные кальциевые и гидрокарбонатные натриевые.

ГЛАВА III. АСПЕКТЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФЛЮИДОВ

За период 1999-2017 гг. был собран большой фактический материал, отражающий геохимический мониторинг флюидов в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах Азербайджана. Он представлен круглогодичными режимными наблюдениями, которые отразили вариации пространственно-временных геохимических полей на объектах флюидов и их корреляцию с напряженно-деформационными процессами, возникающими в регионе при активизации сейсмичности и грязевулканической деятельности

На основе детального анализа и интерпретации фактических данных геохимического мониторинга флюидов и сейсмологического материала конкретно по Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенным зонам, были составлены графики вариаций геохимических параметров в пространстве и времени, таблицы и диаграммы. При систематизации и корреляции геохимического и сейсмологического материала были сопоставлены: а) 575200 данных по вариациям параметров круглогодичных геохимических наблюдений; б) сейсмологические данные по 892-м сейсмическим событиям ($m \geq 3.0$); [Каталог землетрясений Азербайджана. РЦСС НАНА.].

В данной работе в качестве флюидов рассмотрены: а) подземные воды артезианских и субартезианских скважин и колодцев; б) подземные воды минеральных источников; в) растворённые в водах газы (гелий);

г) эманации радиоактивных элементов (альфа-поле) локальных участков поверхности Земли.

Круглогодичный геохимический мониторинг флюидов проводился на 9-ти объектах: а) 4 водопункта в Шамахинском (скв. “Шамахи № 8”, скв. “Чухурюрд № 49”, кол. “Шамахи № 9”, кол. “Шамахи № 10”) и 3 водопункта – в Исмаиллинском (ист. “Бядо” и “Лагич №1 и № 3”) районах; б) один вулкан “Дямирчи” (Шамахинский район); в) альфа-поле одного локального участка поверхности Земли (Шамахинский район). Следует отметить, что флюиды (подземные воды, растворённые в водах газы, эманации альфа-поля) изучались в дискретном режиме: а) водопункты Шамахинского района – круглогодично, 5 раз в неделю; б) минеральные воды источников “Исмаиллинского района (“Бядо” и “Лагич №1 и № 3”) – круглогодично, 2 раза в неде-

лю; в) вулкан “Дямирчи” (Шамахинский район) – ежегодно, только в течение 3-х сезонов года, т.е. в доступное для транспорта время года – летом и весной; в) эманации альфа-поля локального участка поверхности Земли (Шамахинский район, сгх/ст “Шамахи”) – круглогодично, 5 раз в неделю, через каждые 15 мин.

С целью комплексного изучения геохимического режима флюидов в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах Азербайджана проводились экспериментальные и теоретические работы. Экспериментальное направление было представлено проведением геохимического мониторинга в стационарных и полевых условиях.

Стационарный геохимический мониторинг флюидов проводился гидро-, газо-, и радиогеохимическим методами..

Теоретические работы были представлены исследованиями по выявлению и анализу фактов влияния напряжённо-деформационных полей в период активизации сейсмических и грязевулканической деятельности в регионе на геохимические поля флюидов, а также выявление информативных геохимических критериев, которые реагируют на эти процессы.

Геохимические исследования проводились по 3-м направлениям:

- 1) круглогодичный геохимический мониторинг флюидов;
- 2) ретроинтерпретация в конце каждого года фактического материала мониторинга геохимических полей. Она основана на сопоставлении имеющихся данных с сейсмологическими данными [Каталоги землетрясений Азербайджана.];
- 3) тестирование разработанных экспресс-методов оперативной оценки состояния напряжённо-деформационного поля, которое возникает в период активизации сейсмических, тектонических процессов и грязевулканической деятельности в Азербайджане, по вариациям геохимических полей.

Экспресс-метод выявления аномалий в геохимических полях флюидов.

Среди разработанных и внедрённых на геохимических станциях экспресс-методов обработки и интерпретации данных геохимического мониторинга, важнейшими являются следующие этапы расчетов:

- а) среднесезонный фон и дисперсия для всех геохимических параметров;

б) ежедневное выявление геохимических аномалий в круглогодичных, режимных вариациях геохимических полей флюидов Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон (112 значений по 14-ти параметрам).

Экспресс-метод выявления геохимических аномалий – предвестников событий (сейсмическая или грязевулканическая активизация) использоваться как ретроспективно, так и в реальном масштабе времени (on-line). Он включает: а) уравнение расчета границ максимальных-минимальных значений аномальной концентрации любого параметра для оценки его информативности короткопериодных аномалий в геохимических полях флюидов, которые возникают в период подготовки сеймотектонической и грязевулканической активизации в регионе; б) алгоритмы и компьютерные программы для “условного форматирования (УФ) и автофильтра (АФ)” геохимических аномалий на ЭВМ в реальном масштабе времени (on-line).

Экспресс-метод идентификации местоположения напряжённо-деформационной зоны по геохимическим полям.

В практику работ ежедневного анализа и интерпретации данных круглогодичного геохимического мониторинга флюидов в сейсмогенных зонах Азербайджана и, конкретно в Шамахинской и Исмаиллинской зонах, был впервые внедрён экспресс-метод идентификации напряжённо-деформационной зоны по геохимическим полям. После выявления в режимных вариациях (как круглогодичных, так и ежедневных) отдельного объекта (флюид: подземная вода, растворённый газ или локальный участок поверхности Земли) геохимической аномалии, по приведённой выше формуле, составляется геохимический “портрет” напряжённо сейсмической деятельности. На рис. 1, который условно назван “идентификационным графиком” приведён пример геохимического “портрета” конкретной напряжённо-деформационной зоны при активизации сейсмичности в Шамахинской сейсмогенной зоне.

Ось ординат отражает название аномального геохимического параметра и его вариацию по фазе. При этом, указание на оси (У) слов “max-min” отражает факт: аномалия какого геохимического элемента по фазе (положительная или отрицательная) обнаружена в вариациях. Эта аномалия отражена условно на графике в виде параболы.

Азербайджан - р-н Шамахи (Мыхтокийский хребт)
 (19.12.08; ml=4.7; M_{гв}=5.4; K=11.5; h=14 км)
 $\phi=40.85$; $\lambda=48.47$

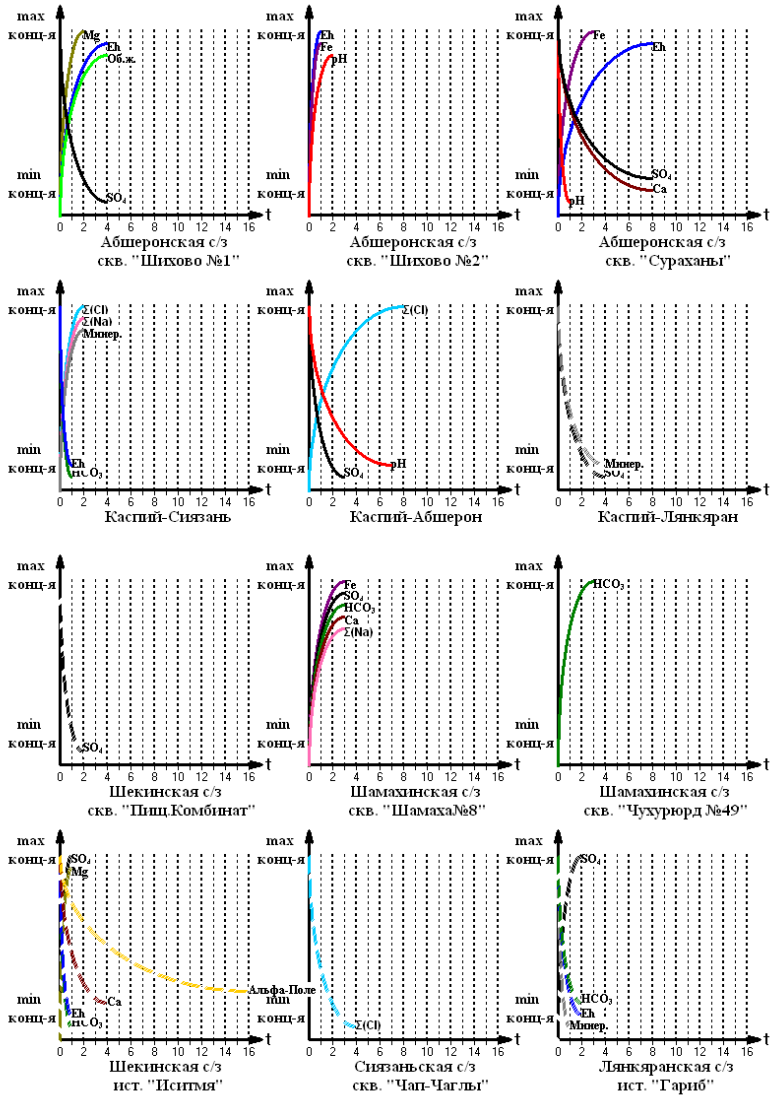


Рис. 1. Идентификация напряжённо-деформационных зон при активизации сейсмичности по геохимическим аномалиям флюидов Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах

Ось абсцисс на идентификационный график (ИГ) представлена временем, которое осталось до реализации конкретного сейсмического события. Эмпирически был установлен этот “интервал” времени. Он равен 1÷16 дням, т.е. геохимические аномалии возникают в вариациях только тогда, когда до основного сейсмического толчка остаётся указанное время. Причём, в разных объектах наблюдений флюидов для конкретных сейсмических очагов аномальные вариации одинаковых геохимических параметров возникают всегда в один и тот же интервал времени, было установлено, что ИГ, т.е. геохимический “портрет” для каждого события (сейсмическая или грязевулканическая активизация) индивидуален. Далее, геохимический “портрет” напряжённо-деформационного поля конкретного сейсмического очага в режиме “on-line” можно идентифицировать с другими “портретами” эталонного “Атласа идентификации напряжённо-деформационной зоны при активизации сеймотектонической и грязевулканической деятельности по геохимическим полям флюидов сейсмогенных зон Азербайджана”.

ГЛАВА IV. ГЕОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ФЛЮИДОВ В ШАМАХИНСКОЙ И ИСМАИЛЛИНСКОЙ СЕЙСМОГЕННЫХ ЗОНАХ

В представленной главе отражены результаты анализа и интерпретации данных как по сейсмичности в сейсмогенных зонах Шамахинского и Исмаиллинского районов Азербайджана, так и по геохимическому мониторингу флюидов в указанном регионе и в других сейсмогенных зонах республики. При этом было:

а) доказано влияние очаговых зон землетрясений Шамахинского и Исмаиллинского районов на гидрогеодинамический (ГД) режим флюидов, которые находятся в этом же регионе; б) доказано влияние очаговых зон землетрясений Шамахинского и Исмаиллинского районов на гидрогеодинамический режим флюидов, которые находятся в других сейсмогенных зонах Азербайджана; в) разработано экспресс-метод по геохимическим полям, согласно которому можно будет дифференцировать очаги землетрясений, различающиеся по конкретным признакам (геолого-морфологические, механизм очагов и т.д.) внутри одной, конкретной сейсмогенной зоны; г) разработано экспресс-метода для идентификации и локализации местоположения сейсмического очага по геохимическим полям флюидов. д) обработка

но числовой ряд “Базы данных круглогодичного ГД мониторинга флюидов” по единой методике; б) протестированы ГД аномалии, которым соответствуют конкретные периоды времени до момента реализации сейсмического события; в) идентифицированы ГД аномалии по степени их информативности в роли предвестников землетрясений.

Микросейсмозоны в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах, выявленные по геохимическим полям флюидов

В Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах очаги землетрясений сгруппированы в 5-ти выделенных микросейсмозонах: Исмаиллинский, Мыхтокянский, Центрально-Шамахинский, Восточно-Шамахи-Маразинский, Южно-Шамахинский (Гушчинский). (рис. 2)

Конкретные сочетание геохимических параметров являются индикаторами-предвестниками землетрясений в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах и указывают на их подготовку в 5-ти выявленных сейсмомикрозонах:

а) Исмаиллинский – ионы: кислотно-щелочные свойства среды (Ph), окислительно-восстановительные свойства среды (Eh), сумма хлора, брома, йода [$\sum(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$], сульфат (SO_4), кальций (Ca), сумма натрия, калия [$\sum(\text{Na}, \text{K})$], минерализация (M);

б) Мыхтокянский – ионы: кислотно-щелочные свойства среды (Ph), окислительно-восстановительные свойства среды (Eh), сумма хлора, брома, йода [$\sum(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$], сумма натрия, калия [$\sum(\text{Na}, \text{K})$];

в) Центрально- Шамахинский - ионы: сульфат (SO_4), магний(Mg), минерализация (M);

г) Восточно-Шамахи-Маразинский - ионы: кислотно-щелочные свойства среды (Ph), окислительно-восстановительные свойства среды (Eh), сумма хлора, брома, йода [$\sum(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$], сульфат (SO_4), магний (Mg), сумма натрия, калия [$\sum(\text{Na}, \text{K})$], минерализация (M);

д) Южно-Шамахинский (Гушчинский)- ионы: окислительно-восстановительные свойства среды (Eh), гидрокарбонат (HCO_3) сульфат (SO_4), магний(Mg), минерализация (M), сумма 2-х 3-х валентного железа [$\sum(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})$]

В связи с этим была выполнена работа по локализации конкретного участка внутри сейсмогенной зоны по информативным геохимическим параметрам. Была установлена закономерность: конкретные комбинации этих параметров указывают на конкретную область внутри сейсмогенной зоны. Результаты этой работы были приняты как “Важнейшие по НАНА за 2012 г.”

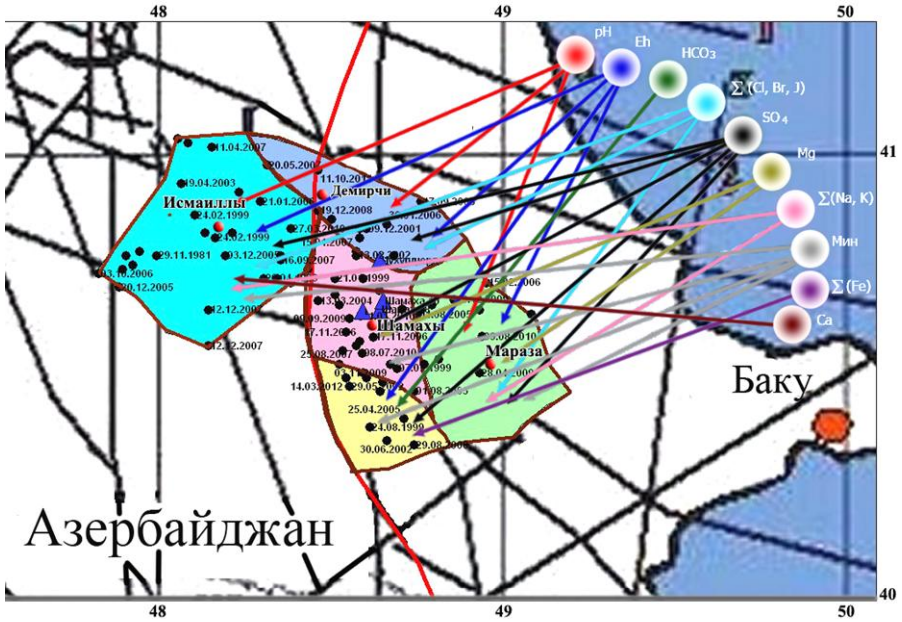


Рис. 2. Микросейсмозоны в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах, выявленные по геохимическим полям флюидов
Условные обозначения

- | | | | |
|---|--|---|--|
| ● | Землетрясения Исмаиллинского, Шамахинского и Маразинского очагов | ◡ | Исмаиллинская мкс/з |
| ▲ | Станции наблюдения | ◡ | Мыхтокян-Шамахи-Исмаиллинская мкс/з |
| ▬ | Контуры зон очагов землетрясений “оживший” разлом Нефтечала – | ◡ | Восточно-Шамахи-Маразинская мкс/з |
| ▬ | Сальяны - сел. Гущчу – Хачмаз | ◡ | Центрально-Шамахинская мкс/з |
| | | ◡ | Южно-Шамахинская (Биджов-Гущчу-Губалы) мкс/з |

Гидрогеохимический режим флюидов.

Гидрогеохимический мониторинг флюидов представлен наблюдениями за вариациями концентрации ионов таких параметров как pH, Eh, сумма хлора, брома и йода $\Sigma(\text{Cl, Br, I})^-$, гидрокарбоната (HCO_3^-), карбоната (CO_3^{2-}), сульфата (SO_4^{2-}), сумма натрия и калия ($\text{Na, K})^+$,

кальций (Ca^{2+}), магний (Mg^{2+}), общая жесткость, минерализация, сумма железа (Fe^{2+} , Fe^{3+}).

Её газовый состав характеризуется наличием растворенных азота и сероводорода. Эта вода относится к артезианским, субтермальным, слабокислым, слабominерализованным водам, которые циркулируют в предгорной зоне Большого Кавказа, и формирование их происходит в восстановительной обстановке. Причем характерной особенностью подземных вод данного типа является присутствие гидросульфид-иона.

С целью установления закономерностей при изучении процессов динамики сейсмических очагов и геохимических полей флюидов были комплексно систематизированы, обобщены и проанализированы сейсмологические и ГД материалы в Шамахинском и Исмаиллинском районах.

Газогеохимический режим флюидов региона представлен наблюдениями за растворённым в подземных водах Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон растворённого гелия. Он определялся на аппаратуре ИНГЕМ-1. Из опубликованных работ известно, что этот элемент является индикатором глубинных процессов и глубинных тектонических разломов на поверхности.

При круглогодичном геохимическом мониторинге флюидов в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах было установлено, что фоновое значение концентрации гелия во всех подземных водах объектов наблюдений в течение всех лет наблюдений был равен $X_{(\text{He}_{\text{раств.}})}=0$ мл/л. Однако, в период подготовки глубоких землетрясений ($h \geq 10$ км) величина его концентрации резко возростала до 100% в зависимости от активизации сейсмических, тектонических и грязевулканических процессов.

Радиогеохимический режим (альфа-поле)

В результате анализа и интерпретации результатов круглогодичного геохимического мониторинга режима флюидов в Азербайджане в реальном режиме времени, были установлены короткопериодные аномальные (max-min) синхронные изменения концентрации параметров в гидрогеохимических полях и интенсивности альфа-излучения – радиогеохимических. Выявленные аномалии соответствовали периоду, характеризующему завершающий этап процесса подготовки ощутимого землетрясения (19.12.14; $M_{\text{LH}}=5.0$; $K=11.0$; $h=5$ км) в Шамахинской сейсмогенной зоне. В реальном режиме времени были

установлены геохимические предвестники, которые характерны для данного очага.

ГЛАВА V. ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗУЧЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ШАМАХИНСКОГО РАЙОНА

Территория Шамахинского и Исмаиллинского районов издавна славится обилием источников минеральных и термальных вод, среди которых имеются целебные (ист. “Чухурюрд”, “Чаган”, “Калейбургурд”). До настоящего времени гидрогеологические исследования региона проводили Ш.М.Гасанов (1944 г.), А.Г.Аскеров (1945-1954 г.), М.А.Кашкай (1952 г.) и др. В течение периода 1961-1975 гг. республиканской экспедицией “Азгеокаптажминвод” были начаты и проводились поисково-разведочные, гидрогеологические и каптажные работы для расширения гидроминеральной базы вблизи источников “Чаган” и “Чухурюрд” с целью изучения перспектив для строительства курортного комплекса. Всего предыдущими исследователями было выявлено и изучено на данной территории 11-ть источников минеральных и термальных вод.

В результате проведенных гидрогеохимических съёмочных работ в Шамахи-Исмаиллинской сейсмогенной зоне автором было дополнительно изучено 5-ть источников минеральных вод

Кроме того, на окраине села Калейбургурд были обнаружены не используемые населением 2 объекта подземных вод. По ионно-солевому составу они сильно отличаются от вод источников, которые выше описаны.

Ионно-солевой состав новых минеральных источников, представлен тремя классами гидрокарбонатного типа вод:

1) гидрокарбонатный; 2) гидрокарбонатно-сульфатный; 3) гидрокарбонатно-хлоридный.

ГЛАВА VI. Влияние грязевого вулканизма на геохимический режим флюидов.

Территория Азербайджана и прилегающая акватория Каспийского моря относятся к сейсмически активным регионам Анатолийско-Ирано-Кавказского тектонического блока, который находится в пределах Альпийско-Гималайского тектонического пояса Земли. Здесь также сосредоточено до 80% всех действующих грязевых вул-

канов нашей планеты. Причем большинство из них расположено в море, на Абшеронском архипелаге и прилегающих к нему Гобустанском и Шамахинском районах. В связи с тем что проблема изучения сейсмичности и прогноза сейсмической опасности в Азербайджане является чрезвычайно актуальной, в РЦСС НАНА с 1979 года по настоящее время в различных сейсмогенных зонах республики проводится круглогодичный сейсмогеохимический мониторинг флюидов, которые представлены подземными водами, морской водой побережья Каспия и газами, выделяющимися в свободном потоке или растворенными в водах.

Рассмотренной проблеме выявления парагенетической связи между землетрясениями и грязевым вулканизмом были посвящены работы известных азербайджанских геологов (Ф.С.Ахмедбейли, 1975; Б.М.Панахи, 1987, 1998; Ад.А.Алиев, А.Г.Гасанов, А.Я.Кабулова, 1989; Ад.А.Алиев, 1992, 2001, 2003, 2012; и др.). Однако отличие настоящей работы заключается в том, что в ней отражены результаты интерпретации фактических данных по сейсмичности и гидрогеохимического мониторинга в Шамахинском районе (юго-восточный склон Большого Кавказа в пределах Азербайджана) за период 2004-2014 гг. Он представлен как дискретными наблюдениями за геодинамикой грязевулканической деятельности на поверхности Земли и гидрогеохимическими вариациями состава воды из грифона вулкана “Дямирчи”, так и круглогодичным гидрогеохимическим мониторингом подземных вод Шамахинского района.

В частности, в результате интерпретации данных ГД мониторинга грязевулканической и подземных вод региона в вариациях ионно-солевого состава воды из жерла грязевого вулкана “Дямирчи”, были впервые установлены следующие закономерности:

1. В периоды сейсмического затишья в пределах Шамахи-Исмаиллинской сейсмогенной зоны величины значений кислотно-щелочных ($\text{pH} \geq 6.0$) и окислительно-восстановительных ($\text{Eh} \geq +20$) свойств среды имеют фоновые значения. Этот факт объясняется тем, что в период относительного спокойствия эксгаляция вулканических газов к поверхности грифона замедлена и не интенсивна. В то же время такой параметр, как минерализация (М) воды ведёт себя по-разному. Появление в составе воды грязевого вулкана сульфат-иона (SO_4) можно объяснить ионно-обменными процессами грязевой воды с окружающими породами.

На заключительном этапе подготовки всех землетрясений обнаружено, что величины значений кислотно-щелочных ($\text{pH} \leq 5.0$) и окислительно-восстановительных ($\text{Eh} \leq +20$) свойств среды имеют более низкие значения.

ВЫВОДЫ

Обобщение результатов проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

1. По геохимическим аномалиям флюидов Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон был составлен “Атлас эталонов идентификации очагов сильных землетрясений в Азербайджане.
2. При круглогодичном мониторинге флюидов региона установлено, что имеют место короткопериодные геохимические аномалии, которые превышают фоновые значения на $50 \div 100$ %. Они не зависят от сезонных и гидрометеорологических процессов в регионе, а возникают только в период активизации сейсмичности и грязевулканической деятельности.
3. Напряжённо-деформационное поле на заключительном этапе, за $1 \div 16$ дней до реализации землетрясений в регионе, короткопериодно изменяет круглогодичный геохимический режим флюидов.
4. Данные геохимического мониторинга флюидов позволило разработать методы дифференциации и идентификации азимута местоположения напряжённо-гидродеформационного поля в горной (Шамахи-Исмаиллинская) и предгорной (Восточно-Шамахи-Маразинская) зонах.
5. По аномалиям в геохимических полях, внутри Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон выявлено 5-ть (пять) микросейсмозон: а) Исмаиллинская; б) Мыхтокян-Шамахи-Исмаиллинская; в) Центрально-Шамахинская; г) Восточно-Шамахи-Маразинская; д) Южно-Шамахинская (Биджов-Гушчу-Губалы).
6. Конкретные информативные комбинации геохимических параметров, в конкретных микросейсмозонах региона, позволило установить геохимические критерии дифференциации местоположения напряжённо-гидродеформационного поля
7. Установлены закономерности в информативных комбинациях геохимических параметров, которые указывают на активизацию сейсмических и грязевулканических процессов в конкретных микросейсмозонах.

8. Для всех очагов землетрясений в пределах зоны Вандамского разлома установлена универсальная информативность геохимического параметра – сульфат-иона (SO_4)
9. Детально изучена парагенетическая связь в системе “вулкан–напряжённо-гидродеформационное поле–подземные воды” на примере вулкана “Дямирчи” в высокогорной области Шамахинской сейсмогенной зоны в разные временные периоды: “затишье - активизация сейсмических процессов - грязевулканическая деятельность”.
10. Фактический материал “Базы данных круглогодичного ГХ мониторинга” обработан на основе программного пакета “Автоматизированной технологии №1 для оперативной оценки сейсмической обстановки по геохимическим полям”.

Список публикаций по теме диссертационной работы:

1. Отражение катастрофического ($MH=6,9$) ЮВ Иранского землетрясения (г. Бам; 26.12.03) в геохимических аномалиях подземных вод Шамахинской сейсмогенной зоны Азербайджана. АМЕА RSXM, 2003-cü ildə Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələrin kataloqu, Bakı 2004.s.136-144.
2. Сейсмогидрогеохимические аномалии Шамахинских землетрясений (2004). АМЕА RSXM, 2004-cü ildə Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələrin kataloqu, Bakı 2005. s.119-124.
3. Геохимические предвестники Шамахинских землетрясений в подземных водах Шеки-Шамахинского сейсмопрогностического полигона. Gənc alim və tələbələrin Birinci Beynəlxalq elmi konfransı “Yer Elmləri sahəsində tədqiqatların yeni istiqamətləri” Tezislər 3-4 oktyabr 2005-ci il Bakı s.166.
4. Идентификация очагов слабых землетрясений по результату сейсмогеохимического мониторинга флюидов в Шамахинском районе (2005). АМЕА RSXM, 2006-cı ildə Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələrin kataloqu, Bakı 2007, s.137-145.
5. Аномалии в сейсмогеохимических полях флюидов Азербайджана как предвестники Шамахинского землетрясения (19.12.2008г.; $Mpv=5.2$). АМЕА RSXM, 2007-ci ildə Azərbaycan ərazi-sində seysmoproqnoz müşahidələrin kataloqu, Bakı 2008.s. 142-145.
6. Предвестники Шамахинского землетрясения (19.12.2008г.; $MPV=5.2$) в

- геохимических полях флюидов Азербайджана. Gənc alim və tələbələrin Üçüncü Beynəlxalq elmi konfransı “Yer Elmləri sahəsində tədqiqatların yeni istiqamətləri” Tezislər 5-6 oktyabr 2009-cu il, Bakı, s.17.
7. Результаты мониторинга грязевого вулкана «Дямирчи» и подземных вод в Шамахинском районе Азербайджана в связи с сейсмичностью (2004-2009гг.). Проблемы сейсмологии в Узбекистане, № 6, 2009. s.20-29.
 8. Сейсмогеохимический мониторинг флюидов в Шамахинской сейсмогенной зоне. AMEA RSXM, 2010-cu ildə Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələrin kataloqu, Bakı, 2011.58-65.
 9. Differentiation of location of seismic sources in geochemical fields fluids. Proceedings Natural Cataclysms and Global Problems of the Modern Civilization. WORLD FORUM-INTERNATIONAL CONGRESS. September 19-21, 2011 Istanbul, Turkey. s.130-134.
 10. Специфика дифференциации очаговых зон землетрясений Шамахинского и Исмаилинского районов по геохимическим полям флюидов. AMEA RSXM, Azərbaycan ərazisində seysmo-proqnoz müşahidələr, Bakı 2012.s. 224-233.
 11. Дифференциация местоположения сейсмических очагов по сейсмогеохимическим полям подземных вод Азербайджана. Евразийский Союз Ученых (EUS). XXX Международная Конференция. «Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения». Часть 2. №9(30) Москва 22.09.2016.
 12. Идентификация разных сейсмических очагов Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон Азербайджана на основе данных круглогодичного геохимического мониторинга флюидов. Естественные и технические науки. №10(100) 2016 г. ISSN 1684-2626.



Abdulrazaqova Pərvanə Əjdər qızı

**BÖYÜK QAFQAZIN CƏNUB-ŞƏRQ YAMACININ SEYSMOGEN
SAHƏLƏRİNDƏ FLÜİDLƏRİN GEOKİMYƏVİ REJİMİ**
*(Azərbaycanın Şamaxı və İsmayilli seysmogen
zonaları təmsalında)*

XÜLASƏ

Dissertasiya işi 1999-2012 illər ərzində Azərbaycanın Şamaxı və İsmayilli rayonlarında flüidlərin seysmogeokimyəvi monitorinqi üzrə məlumatlarının analizinə və interpretasiyasının nəticələrinə əsaslanır.

İl boyu seysmogeokimyəvi monitorinqi nəticəsində seysmogeokimyəvi, seysmoloji və pəlcıq vulkanı prosesləri üzrə məlumatların kompleks analizi və interpretasiyası əsasında ilk dəfə olaraq qanunauyğunluq müəyyən edilmişdir. Tətqiqat regionunda bu təbii hadisənin aktivləşməsi zamanı flüidlərin seysmgeokimyəvi rejimi qısa müddətli dəyişməsi onların qanunauyğun xarakterini əks etdirir.

“Şamaxı və İsmayilli seysmogen zonaları flüidlərinin geokimyəvi anomalialarına görə Azərbaycanda güclü zəlzələ ocaqlarının eyniləşdirmə atlasın” tərtib edilmişdir.

Şamaxı və İsmayilli seysmogen zonalarında zəlzələnin baş verəcəyi son mərhələdə flüidlərin geokimyəvi sahəsində anomalialar aşkar edilmişdir.

İlk dəfə Şamaxı və İsmayilli seysmoaktiv zonalarında flüidlərin çox illik geokimyəvi müşahidələrinin nəticələri və geokimyəvi sahələrin kombinasiyaları əsasında 5 mikroseysmozona aşkar edilmişdir.

Ocaqı Vəndam yarıqı ərazisində olan bütün zəlzələlər üçün universal informatik parametr –sulfat ion (SO_4) müəyyən edilmişdir.

**GEOCHEMICAL REGIME OF FLUIDS IN SEISMOGENIC AREAS
OF SOUTH-EASTERN SLOPE OF GREATER CAUCASUS**

SUMMARY

In this dissertation work the author presents the results of comprehensive analysis and interpretation of data for 14 years (1999-2012) according to seismic and geochemical monitoring of fluids in Shamakhi and Ismayilli regions of Azerbaijan. This region is located within the Azeri part of the south-eastern slope of the Greater Caucasus meganticlinorium, is characterized by the high seismic activity in the Republic and belongs to Shamakhi and Ismayilli seismogenic zones.

"Atlas of identification of strong earthquakes in Azerbaijan on the basis of geochemical anomalies of fluids in Shamakhi and Ismayilli seismogenic zones". was completed

It was found that the anomalies in geochemical fluids of fluids arise only at the final stage of preparation of earthquakes in Shamakhi and Ismayilli seismogenic zones.

For the first time as a result of long-term monitoring of geochemical fluids in Shamakhi and Ismayilli seismogenic zones based on combinations of geochemical parameters 5 micro seismic zones were allocated.

The regularities in the informative combinations of geochemical parameters were identified that indicate the activation of mud and volcanic processes in specific micro seismic zones.

Universal descriptiveness of hydro-geochemical parameter - sulfate ion (SO_4) for all earthquakes was established, the sources of which are located within the zone of Vandam fault.

Sifariş № 12. Tirajı 100 nüsxə

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası
Geologiya və Geofizika İnstitutunun mətbəəsi.
Bakı, H.Cavid pr. 119, Tel.: 539-39-72

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
GEOLOGİYA VƏ GEOFİZİKA İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

ABDULRAZAQOVA PƏRVANƏ ƏJDƏR QIZI

**BÖYÜK QAFQAZIN CƏNUB-ŞƏRQ YAMACININ SEYSMOGEN
SAHƏLƏRİNDƏ FLÜİDLƏRİN GEOKİMYƏVİ REJİMİ**
*(Azərbaycanın Şamaxı və İsmayilli seysmogen
zonaları təmsalında)*

2503.01 – Geokimya, faydalı qazıntıların
geokimyəvi axtarış üsulları

Yer elmləri üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKI – 2018