

На правах рукописи



Алджабасини Мухаммад Диб Хиба

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РЕГИОНА
НЕФТЕДОБЫЧИ ПЕРСИДСКОГО ЗАЛИВА**

25.00.01 – Общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Геологическом институте Российской академии наук (ГИН РАН) в Лаборатории неотектоники и современной геодинамики и в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Российском университете дружбы народов (РУДН)

Научный руководитель: **Трихунков Ярослав Игоревич**, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории неотектоники и современной геодинамики, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук

Научный консультант: **Абрамов Владимир Юрьевич**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент Инженерной Академии, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Российский университет дружбы народов

Официальные оппоненты: **Кожурин Андрей Иванович**, доктор геолого-минералогических наук, зав. лабораторией активной тектоники и палеосейсмологии, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт вулканологии и сейсмологии дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВИС ДВО РАН)


Маринин Антон Витальевич, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе МГРИ», кафедра общей геологии и геологического картирования

Защита состоится 29 апреля 2021 года в 14.30 на заседании диссертационного совета Д.002.215.01 при ФГБУН Геологическом институте РАН по адресу: 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, конференц-зал ГИН РАН (4 этаж).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке геологической литературы Секции Наук о Земле РАН по адресу: Москва, Старомонетный пер., д. 35, ИГЕМ РАН и на сайте ГИН РАН: <http://ginras.ru/struct/21/20/dis.php>

Автореферат разослан «15» марта 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор геолого-минералогических наук  Лучицкая Марина Валентиновна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Регион Персидского залива расположен в зоне интенсивного коллизионного взаимодействия Аравийской плиты и малых плит Иранского сектора Альпийско-Гималайского пояса, в связи с чем характеризуется чрезвычайно высокой сейсмической активностью с частыми высокомагнитудными землетрясениями (до $M_w > 6$). При этом регион отличается высокой плотностью населения и активным хозяйственным освоением. Сейсмическая активность влияет на экономическую и экологическую безопасность, а главное, напрямую угрожает жизням людей.

Экономическое развитие региона Персидского залива связано, прежде всего, с добычей нефти и газа, разведанные запасы которых здесь оцениваются примерно в 60% от общемировых. В пределах рассматриваемого региона выявлено более 70 нефтяных и 6 газовых месторождений, в том числе шельфовых, проходит несколько крупных нефтепроводов. Учет сейсмической активности необходим при планировании разработки месторождений нефти и газа, при строительстве объектов нефтегазовой инфраструктуры, в частности, морских буровых платформ и нефтепроводов.

Экологические последствия разрывов нефтепроводов, аварий на электростанциях (в частности, на Бушерской АЭС) при катастрофических землетрясениях могут представлять угрозу природно-территориальным и территориально-производственным комплексам, а главное, жизням сотен тысяч людей всех семи государств региона Персидского залива.

Безопасность жизнедеятельности и устойчивое развитие региона невозможны без детальной оценки сейсмологической обстановки и исследований по обеспечению достоверного прогноза сильных землетрясений. Предлагаемая диссертационная работа направлена на решение ряда фундаментальных вопросов, определяющих природу сейсмичности региона Персидского залива: выявлению местоположения и тектонической позиции очагов землетрясений и их картированию, определению их фокальных механизмов и потенциальных магнитуд, вероятностному прогнозу повторяемости землетрясений.

Цель и задачи работы

Целью диссертационной работы является выявление причин и закономерностей проявлений сейсмической активности региона Персидского залива с учетом его региональной тектонической модели.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Выполнить анализ сейсмических каталогов землетрясений региона Персидского залива, изучить параметры сейсмических явлений в регионе.

2. Установить закономерности проявления сейсмичности в связи с новейшей тектонической структурой и историей развития региона Персидского залива.

3. Выделить зоны сейсмической активности и составить карту распределения очагов землетрясений с учетом схемы тектонического районирования региона.

4. Провести анализ сейсмичности в районах нефтегазодобычи региона Персидского залива.

Фактический материал и методы исследований. В основу диссертационного исследования автором положены материалы девяноста шести работ зарубежных и российских геологов и геофизиков.

В качестве методов исследований в работе применялись следующие: метод модели повторяемости землетрясений, статистические методы анализа данных (гистограммы и графики частоты встречаемости того или иного параметра), палеосейсмологические методы. В частности, проведен анализ данных сейсмических каталогов NEIC (The National Earthquake Information Center), сформированных Национальной геологической службой США (The United States Geological Survey) и ряда других баз сейсмологических и тектонических данных. Из сейсмических каталогов для анализа использовались данные о магнитудах и глубинах очагов землетрясений, их местоположении, а также фокальных механизмах. На этой основе строились статистические графики распределения различных параметров землетрясений, а также анализировались механизмы очагов землетрясений.

Помимо перечисленных методов автор привлекал информацию базы данных активных разломов Евразии, созданной Д. М. Бачмановым, А. И. Кожуриным, В. Г. Трифоновым в Лаборатории неотектоники и современной геодинамики Геологического института РАН.

На основе сопоставления сейсмологических и неотектонических данных и были синтезированы картографические материалы; с помощью программного обеспечения Surfer был создан пакет сеймотектонических карт и схем региона Персидского залива.

Положения, выносимые на защиту

1. Регион Персидского залива в XX и XXI веках характеризуется повторяемостью высокомагнитудных сейсмических событий ($M_w > 6$) с периодом в среднем – 11,5 лет, колеблющимся в интервале 8–15 лет. Отмечены периоды сейсмического покоя средней продолжительностью 10 лет и периоды сейсмической активности – 2-3 года.

2. На протяжении XX и XXI веков сейсмические очаги сохраняют постоянное пространственное положение, а их механизмы подтверждают кинематику сейсмоактивных разломных зон: 65% землетрясений в регионе Персидского залива образовались во взбросо-надвиговых тектонических обстановках (крупнейшие взбросо-надвиги: Фронтальный

Загросский разлом, Карех-Басский, Бориз, Лар); 25% землетрясений имеют сдвиговый механизм очага (крупнейшие правые сдвиги: Казерун-Боразджанский, Дена, Главный Современный Разлом Загроса (ГСРЗ), Сарвестан); остальные 9% землетрясений относят в равной степени к сбросам и взрезам.

3. На протяжении неоген-четвертичного времени сейсмическая активность мигрировала от наиболее древних к молодым тектоническим зонам по мере их вовлечения в состав складчатого сооружения Загроса: сейчас наименьшая активность наблюдается в Чешуйчатой зоне и возрастает в зоне Высокого Загроса; наибольшая сейсмическая активность характерна для зон Низкого Загроса и Предгорной и связана с развитием взбросо-надвиговых деформаций в сочетании со сдвигами. Основная добыча нефти сконцентрирована в двух последних зонах, в связи с чем необходимы укрепляющие мероприятия для существующих и планируемых объектов инфраструктуры.

Научная новизна. Автором детально проанализировано тектоническое строение региона Персидского залива и Загроса; описаны все основные сейсмогенерирующие структуры, составлен ряд региональных тектонических карт и схем, дополняющих уже существующие.

Автором проведен анализ фокальных механизмов 70 землетрясений с целью сопоставления с известными региональными тектоническими моделями и уточнения кинематики современных тектонических движений. На этой основе создан пакет сеймотектонических карт региона с описанием механизмов очагов землетрясений. В частности, автором впервые составлена карта плотности сейсмической энергии региона Персидского залива.

Автором проведен анализ данных сейсмических каталогов [<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>] по 2521 сейсмическим событиям. На этой основе определена периодичность эпох тектонической активности и покоя региона Персидского залива в историческое время и в XX–XXI веках. Установлены пространственно-временные взаимосвязи крупных землетрясений с тектоническим строением рассматриваемого района. Дана вероятностная оценка повторяемости высокомагнитудных сейсмических событий и приведены тектонические характеристики очагов землетрясений.

Практическая значимость. По результатам проведенных вычислений выделения совокупной сейсмической энергии по годам представляется возможность учета повторяемости сильнейших сейсмических событий в регионе Персидского залива при долгосрочном прогнозе землетрясений.

По результатам пространственно-временного анализа распространения очагов сильнейших землетрясений XX–XXI вв. установлена связь проявлений сейсмичности с

конкретными тектоническими структурами региона. Это является методической основой для мониторинга сейсмической активизации и прогнозирования времени и мест возникновения крупных землетрясений.

Установлено, что сейсмические события инструментального периода наблюдений (конец XX – XXI века) не повлияли непосредственно на добычу углеводородов в регионе Персидского залива. Однако в перспективе в пределах глубинных сейсмоактивных зон региона можно ожидать крупных сейсмических событий магнитудами более 6. Их влияние на безопасность хозяйственной деятельности и, в частности, на добычу нефти может быть катастрофическим, что необходимо учитывать при организации хозяйственной и социальной инфраструктуры.

Апробация результатов. По теме диссертации опубликовано 8 работ, включая 2 статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК, и 2 статьи в Scopus. Основные результаты исследования апробировались в виде докладов на конференциях:

1. Сейсмическая активность районов нефтедобычи Персидского залива // 6-я научно-практическая конференция «Тюмень 2019» при поддержке EAGE, г. Тюмень, 28 марта 2019 г.

2. Некоторые особенности сейсмической активности в пределах региона // Персидского залива // XIV Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле» на базе РГГУ им. С. Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, 5 апреля 2019 г.

3. Прогноз сейсмичности центральной и восточной частей Персидского залива // Научно-практическая конференция с международным участием «Инженерные системы – 2019» на базе Инженерной академии РУДН, г. Москва, 4–5 апреля 2019 г.

4. Сейсмичность в сейсмогенной зоне в районе Казерун-Боразджанского разлома (Иран, Загрос) // Научно-практическая конференция «Инженерная сейсморазведка и сейсмология – 2019», г. Москва, 28–30 октября 2019 г.

5. Связь сейсмичности с тектоническими процессами по результатам анализа крупных землетрясений, произошедших на территории Ирана в XX и XXI веках // «Инженерная и рудная геофизика 2020», г. Пермь, 14–18 сентября 2020 г.

Личный вклад. Автор лично провел анализ данных сейсмических каталогов по 2521 сейсмическим событиям для выявления периодов активизации и процессов пространственной и временной динамики очагов землетрясений.

Автором проведен анализ фокальных механизмов очагов 70 землетрясений с целью уточнения кинематики современных тектонических движений в пределах региона Персидского залива. На этой основе составлен пакет оригинальных сеймотектонических карт и схем региона Персидского залива.

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает в себя введение, четыре тематические главы и заключение, список литературы из 96 наименований. Объем работы составляет 120 страниц, работа содержит 53 рисунка и 8 таблиц.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность и благодарность коллективу сотрудников лаборатории Неотектоники и современной геодинамики Геологического института РАН и, в первую очередь, к.г.н. Трихункову Ярославу Игоревичу, руководившему заключительной стадией подготовки диссертации, что в конечном итоге значительно повысило ее качество, а также д.г.-м.н. Трифонову Владимиру Георгиевичу, консультировавшему по вопросам тектонического районирования рассматриваемой в диссертации территории. За ценные замечания и предоставление дополнительных материалов автор благодарит Бачманова Дмитрия Михайловича, к.г.-м.н., старшего научного сотрудника Лаборатории неотектоники и современной геодинамики.

Также автор выражает благодарность доценту Воронежского государственного университета, к.г.-м.н. Дубянскому Александру Игоревичу за ценные рекомендации и поддержку. Особую признательность автор выражает к.г.-м.н. Строму Александру Леонидовичу за консультации.

Автор выражает благодарность Абрамову Владимиру Юрьевичу за редакционные замечания и поддержку в процессе работы над диссертацией.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** обоснована актуальность работы, сформулирована цель, задачи и научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения.

В **первой главе «Геолого-геофизическая характеристика региона»** рассмотрены основные аспекты стратиграфии, тектоники и нефтегазоносности региона Персидского залива. В главе приводятся литолого-стратиграфические колонки и их детальная характеристика. Подробно описана тектоническая история развития Персидского региона и его геодинамическая обстановка.

Осадочный чехол, залегающий на поверхности кристаллического фундамента архей-протерозойского возраста, сложен породами палеозойского, мезозойского, кайнозойского (в том числе четвертичного) возраста. Максимальная мощность чехла достигает 12 км в наиболее погруженной части Месопотамского прогиба (рис. 1).

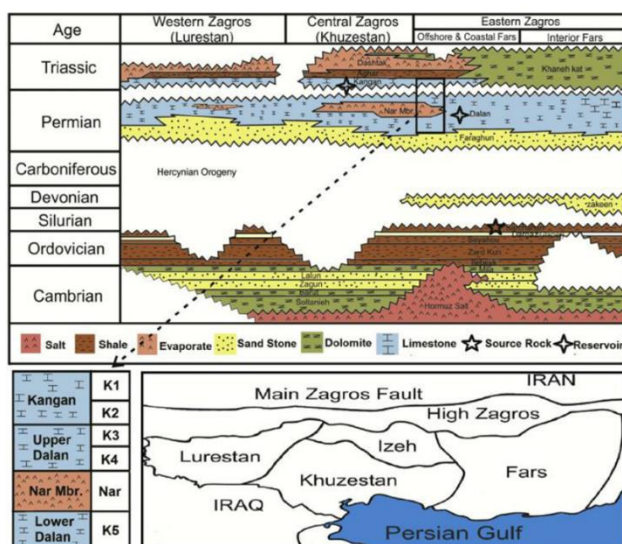


Рис. 1. Сводный стратиграфический разрез нижней части осадочного чехла региона Персидского залива [Jaechong Ko, 2017].

Рассматриваемая территория располагается в пределах древней Африкано-Аравийской платформы, а северная и северо-восточная ее части – в альпийском складчатом поясе в пределах Иранского нагорья (Складчатое сооружение Загроса, Центрально-Иранская микроплита). Основными тектоническими элементами региона Персидского залива являются на западе погруженный край Аравийской плиты, на севере и северо-востоке область альпийской складчатости – горные сооружения Тавр в Турции и Загрос в Иране. Перед горной системой Загроса расположен Месопотамский краевой прогиб. Поверхность древнего фундамента полого погружается на платформенном склоне бассейна Персидского залива от 1,0 до 4–4,5 км и затем, в восточной его части круто углубляется до 10–14 км, формируя впадину Месопотамского прогиба (рис. 2). Прогиб протягивается с юго-востока на северо-запад вдоль Персидского залива. В общем виде зона Загроса является областью распространения линейных складок различного размера от крупных до мелких, нарушенных разрывами и простирающихся на северо-запад.

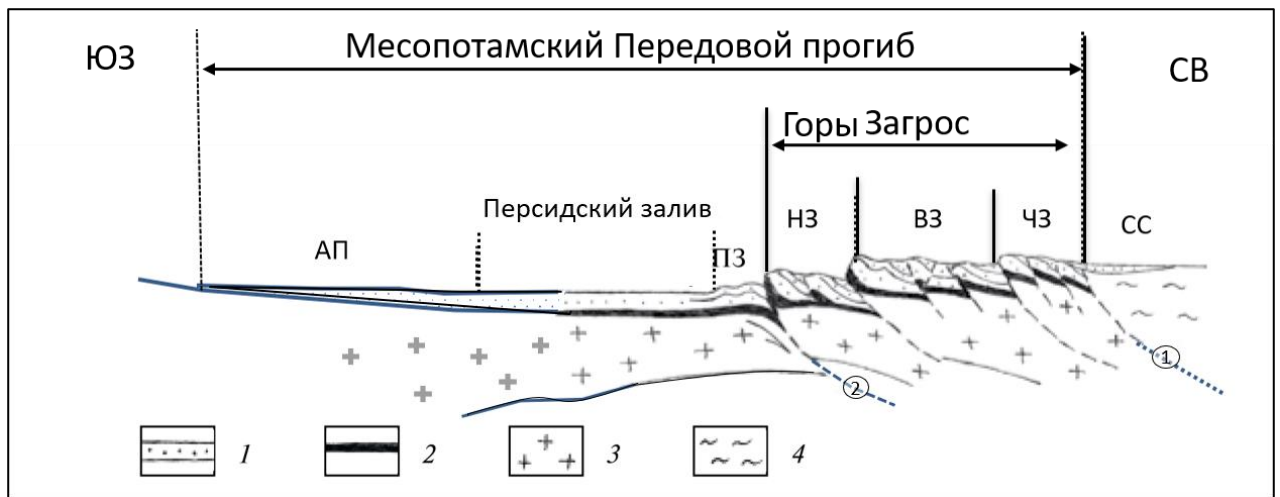


Рис. 2. Схема тектонического строения региона Персидского залива [Трифонов, 2017, с дополнениями автора]. Цифрами обозначены: 1- осадочный чехол, 2 – Ормузская формация в основании осадочного чехла, 3 -кристаллическая часть земной коры, 4 – фундамент Санандадж-Сирджанской зоны Центрального Ирана. Буквенные обозначения: АП – Аравийская плита, СС – Санандадж-Сирджан; Тектонические зоны: ПЗ – Предгорная зона, НЗ – Низкий Загрос, ВЗ – Высокий Загрос, ЧЗ – Чешуйчатая зона. Цифры в кружках: 1 – Главная надвижка Загроса, 2 – Фронтальная зона разлома Загрос.

Рассматриваемая территория является одной из самых сейсмически активных в мире. Это место, где пересекаются крупнейшие разломные зоны Альпийского подвижного пояса. Перемещения трех тектонических плит (Аравийская, Евразийская, Индостанская) и одного меньшего тектонического блока (Анатолийская плита) ответственны за сейсмичность данного региона. Аравийская плита движется в северном направлении, взаимодействуя с Евразийской плитой, оказывает значительное влияние на причины возникновения землетрясений в рассматриваемом регионе. Скорость ее движения оценивается группой исследователей [Ph. Vernant, 2004] в 3 см/год. Одновременно с этим, Индостанская плита движется на северо-восток со скоростью примерно 5 см/год, в то время как Иранская плита движется на север с меньшей скоростью 2 см/год. Разные скорости движения плит приводят к дополнительным деформациям на их стыке, который приходится как раз на регион Персидского залива и на территорию Ирана.

Главный современный разлом Загроса имеет юго-восточное простирание (рис. 3). Это правый сдвиг глубокого заложения с компонентой взброса. Разлом Дена является юго-восточным продолжением Главного Современного разлома. Этот разлом тянется на юг, а затем отгибается на юго-восток. Северная часть разлома характеризуется правосдвиговыми смещениями, в южной части разлома преобладает надвигание, сопряженное с ростом антиклиналей.

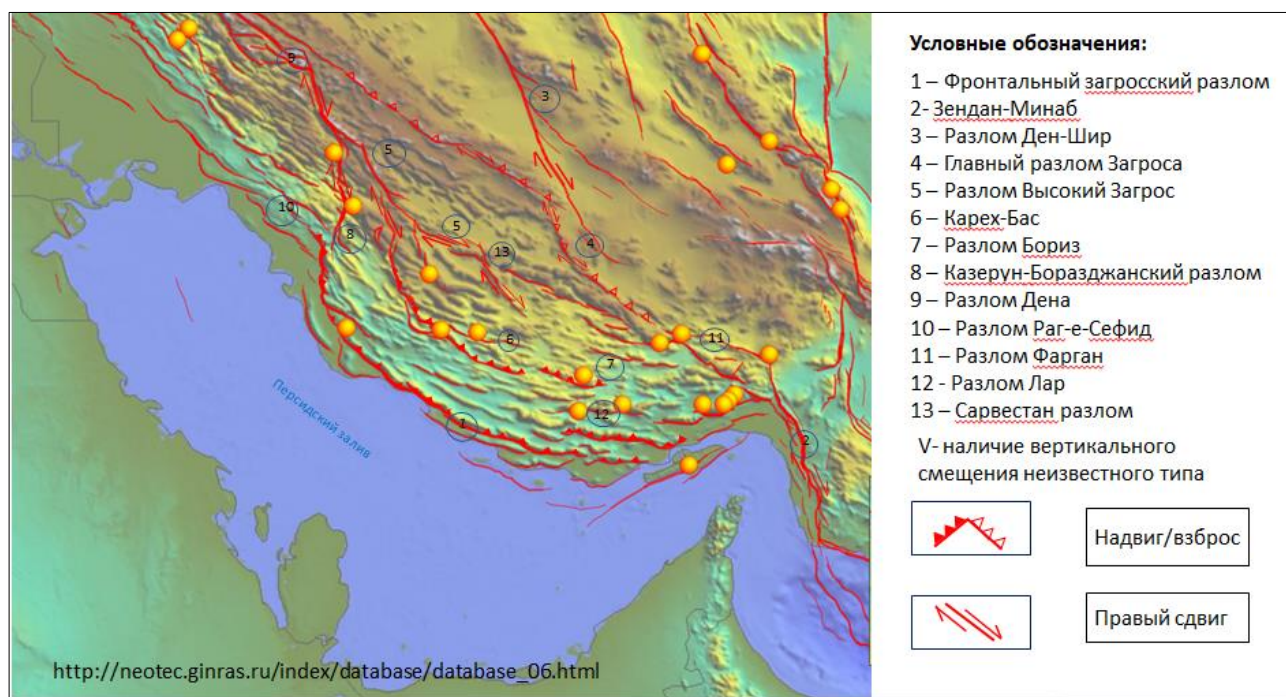


Рис. 3. Сейсмотектоническая карта региона Персидского залива (составлено автором по материалам Базы данных активных разломов Геологического института РАН [http://neotec.ginras.ru/index/database/database_01.html]). Оранжевыми пунсонами обозначены землетрясения с $M_w > 6$.

На юг от разлома Дена ответвляются две разломные зоны: Казерун-Боразджанская и Карехбасская. Обе они характеризуются правосдвиговыми смещениями. Первая разломная зона имеет скорость сдвига около 5 мм/год. Казерун-Боразджанская зона пересекает ороген в меридиональном направлении и сочленяется на юге с надвиговой Фронтальной разломной зоной, особенно активной в провинции Фарс. Вторая разломная зона, Карехбасская, в северной части является также сдвигом меридионального направления. Южнее она переходит во флексурно-надвиговую структуру. Она имеет юго-восточное простирание с поднятым северо-восточным крылом. Разломы на северо-западе, следующие вдоль границы Аравийской плиты, характеризуются правосдвиговыми смещениями. С этими разломами сочетаются структуры складчато-надвигового характера. Для четвертичного периода характерно поперечное сокращение складчатого пояса. Скорость сокращения отложений достигает нескольких миллиметров в год. Таким образом, в общем тектоническом плане Месопотамского краевого прогиба доминируют сдвиговые и надвиговые деформации.

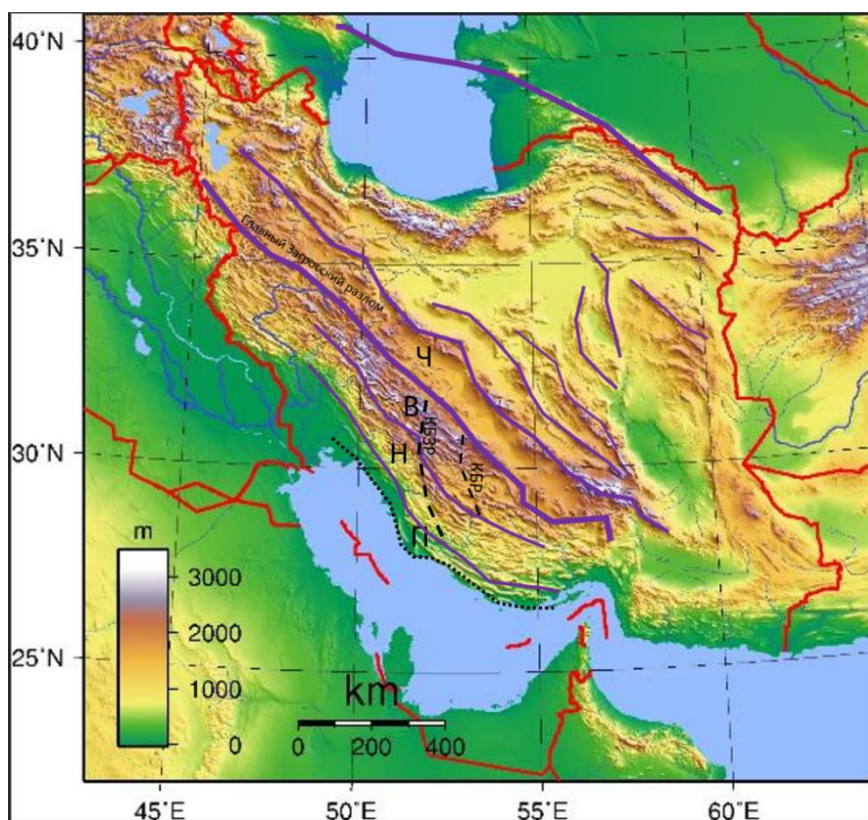


Рис. 4. Схема тектонической зональности Месопотамского краевого прогиба с дополнениями автора. Ч- Чешуйчатая зона, В – Высокий Загрос, Н – Низкий Загрос, П – Предгорная зона. КБЗР – Казерун-Боразджанская разломная зона, КБР – Карех-Басская разломная зона (составлено автором).

По характеру деформаций с северо-востока на юго-запад выделены четыре зоны Загроса: Чешуйчатая, Высокого Загроса, Низкого

Загроса и Предгорная (рис. 4) [Трифонов, 2012, Бачманов, 2002]. Зоны различаются между собой по степени и возрасту тектонических деформаций. Чем раньше последние начались, тем выше степень дислоцированности осадочного чехла и фундамента перечисленных зон. Наибольшая степень деформаций характерна для Чешуйчатой зоны, где деформации и рельефообразование начались в среднем–позднем миоцене, сразу после начала коллизии, и продолжались до плиоцена. В Высоком Загросе они начались в конце миоцена – начале плиоцена, в Низком Загросе – с позднего плиоцена – начала плейстоцена, а в Предгорной зоне – с конца раннего – начала среднего плейстоцена. Выделенные зоны Загроса нанесены автором на карту (рис. 4). Чешуйчатая зона и зона Высокого Загроса имеют более ярко выраженные деформации дневной поверхности, в том числе более высокие абсолютные отметки над уровнем моря. Предгорная зона и Низкий Загрос, напротив, расположены ниже по абсолютным отметкам над уровнем моря, и характеризуются менее дислоцированной поверхностью.

В таблице 1 сведены основные характеристики выделенных зон. Предгорная зона и зона Низкого Загроса характеризуются наибольшим количеством землетрясений. При этом они формировались в более позднее время по сравнению с Зоной Высокого Загроса. Отсюда следует вывод: чем моложе главная фаза деформаций тектонической зоны, тем сейсмически активнее эта зона в настоящее время.





Зона	Время формирования, млн.лет	Степень деформации	Количество землетрясений, %
Чешуйчатая зона	средний-поздний миоцен		1
Высокий Загрос	5,3-4,9		21
Низкий Загрос	3,1-2,3		35
Предгорная зона	1,2-0,7		43

Табл. 1. Различия в степени деформаций тектонических зон Месопотамского краевого прогиба (составлено автором).

Персидский нефтегазоносный бассейн является областью огромного нефтегазового потенциала, по своим запасам данный регион уникален. Здесь сосредоточено 65% мировых разведанных запасов нефти и 35% запасов природного газа. С первой половины XX века рассматриваемый регион занимает лидирующее положение среди нефтедобывающих регионов мира. Начальные извлекаемые запасы нефти оцениваются в 53,6 млрд т, начальные извлекаемые запасы газа – в 26,7 трлн м³. В диссертационном исследовании подробно рассмотрены месторождения Предзагросского района [Высоцкий, 1968]. Здесь нефтегазоносные продуктивные пласты приурочены к стратиграфическому интервалу от верхней перми до миоцена включительно. Глубина этажа нефтеносности составляет в среднем 3 км. Данный параметр важен для анализа глубины очагов землетрясений. К важнейшим нефтегазоносным комплексам относятся: верхнепермско-триасовый, средне-верхнеюрский, нижнемеловой, альб-верхнемеловой и олигоцен-нижнемиоценовый.

Ловушки нефти и газа в пределах региона Персидского залива приурочены в основном к принадвиговым антиклиналям, а также к антиклиналям, облекающим соляные купола и поднятия фундамента. Это основополагающий критерий для поиска месторождений нефти и газа [Асланов, 2012, Бернард Бижу-Дюваль, 2012]. Значительные запасы углеводородов контролируются эвапоритовыми крышками. Ловушки, сформированные в тектоническом режиме сжатия, имеют больше запасов, чем ловушки, сформированные в условиях растяжения [Короновский, 1999].

Во **второй** главе «Методы сейсмотектонических исследований» описаны методы исследования, с помощью которых решались поставленные задачи. В основу работы положен обширный геологический материал. Проведен анализ и оценка порядка 2500 землетрясений по сейсмическим каталогам: 1) NEIC (The National Earthquake Information Center), сформированных Национальной геологической службой США (The United States Geological Survey); 2) IRIS (Incorporated research institutions for seismology). Из сейсмических каталогов для анализа брались данные о магнитудах, глубинах и механизмах очагов землетрясений. На этой основе строились статистические графики распределения различных параметров сейсмических событий, анализировались механизмы очагов землетрясений.

Последний параметр связывается с внезапной подвижкой горных пород, сопровождающейся излучением сейсмических волн по поверхности ослабленной прочности, и отражает одновременно пространственную ориентацию осей главных напряжений, возможных плоскостей разрывов и подвижек в очаге землетрясения.

Метод модели повторяемости – важнейшая особенность при оценке сейсмической опасности, обусловленная большими землетрясениями. График повторяемости характеризует сейсмический режим, его стабильность и интенсивность. В конце 30-х – начале 40-х годов XX века исследователями Ишимото и Аида, а также, Гутенбергом и Рихтером был открыт закон повторяемости землетрясений: $\log_{10} N = a - bM$, где N – количество событий определенной магнитуды; a и b – параметры графика, соответственно уровень прямой при $M=0$ и угол ее наклона.

Исходными материалами для расчета графика повторяемости являются каталоги землетрясений, составленные по данным сети сейсмических станций.

Помимо перечисленных методов привлекалась информация базы данных активных разломов Евразии, созданной Бачмановым Д.М., Кожуриным А.И., Трифоновым В.Г. в Лаборатории неотектоники и современной геодинамики Геологического института РАН. В базе данных интегрирован в едином формате материал, накопленный к настоящему времени многими исследователями. Она вмещает более 30 тыс. географически привязанных объектов – разломов, зон разломов и связанных с ними структурных форм с признаками последних перемещений в позднем плейстоцене и голоцене. Разработанная ГИН РАН база данных дает возможность получения сведений о разломах и решения более общих задач – тематического картографирования, определения параметров современных геодинамических процессов, оценки сейсмической и других геодинамических опасностей, тенденций тектонического развития на последнем, плиоцен-четвертичном, этапе развития Земли.

Также автором собран и проанализирован огромный материалы по определению сейсмичности - порядка 85 работ зарубежных и российских геологов и геофизиков, что легло в основу диссертационного исследования. Подробно тектоническое строение Персидского региона описано в работах В.Г. Трифонова. В России большой вклад в развитие методики изучения активных разломов и установления связей с сейсмичностью внесли К.Е. Абдрахматов, А.В. и С.Г. Аржанниковы, В.С. Буртман, А.В. Ваков, Т.П. Иванова, В.С. и Л.П. Имаевы, Р.М. Лобацкая, Н.В. Лукина, О.В. Лунина, В.И. Макаров, Е.А. Рогожин, С.Ф. Скобелев, А.И. Кожурин, О.П. Смекалин, А.Л. Стром, С.И. Шерман, А.В. Чипизубов и др. Из последних зарубежных сводок следует отметить чрезвычайно подробные систематизированные описания методических и практических аспектов изучения активных разломов в двух изданиях книги “Палеосейсмология” под редакцией МакКалпина [под ред.

МакКалпина, 2012], книгах «Геология землетрясений» Р. Йейтса и др. [Yeats et al., 1997], «Механика землетрясений и разломов» К. Шольца [Scholz, 2002].

В третьей главе «Анализ распределения сейсмических событий и их характеристика в районе работ» представлены пространственно-временные характеристики землетрясений, произошедших в период XX и XXI века, а также проанализированы исторические землетрясения средних веков. На основе проведенного системного анализа исторических землетрясений, литературных данных, изучения архивных материалов, тектонического строения выявлены геодинамические причины сейсмической активности Персидского залива. Активный сейсмический мониторинг на территории исследуемого региона начался после 1973 года. Всего в период XX века в районе Персидского залива зафиксировано 1659 землетрясений магнитудой $M_w > 4,5$. В период XX и XXI века количество землетрясений в среднем постоянная величина и составляет 50-70 землетрясений в год, что говорит о стабильном фоне общей сейсмичности.

Построен график выделившейся сейсмической энергии, начиная с 1900 года (рис. 5). Выделяется 5 крупных периодов сейсмической активизации: 1909 (продолжительность не установлена), 1966–1969 (продолжительность три года), 1977–1981 (продолжительность 4 года), 1996–1999 (продолжительность три года), 2017–2018 (продолжительность пока что не установлена – нет итоговых данных на 2019 год). Вторая большая активизация в период 1966–1981 гг. совпадает с сейсмической активизацией, отмечающейся для всего мира в 1960–1980 гг. Продолжительность периодов повышенной сейсмичности составляет в среднем 2-3 года. Промежутки затишья между всплесками сейсмичности составили в среднем 8–15 лет.

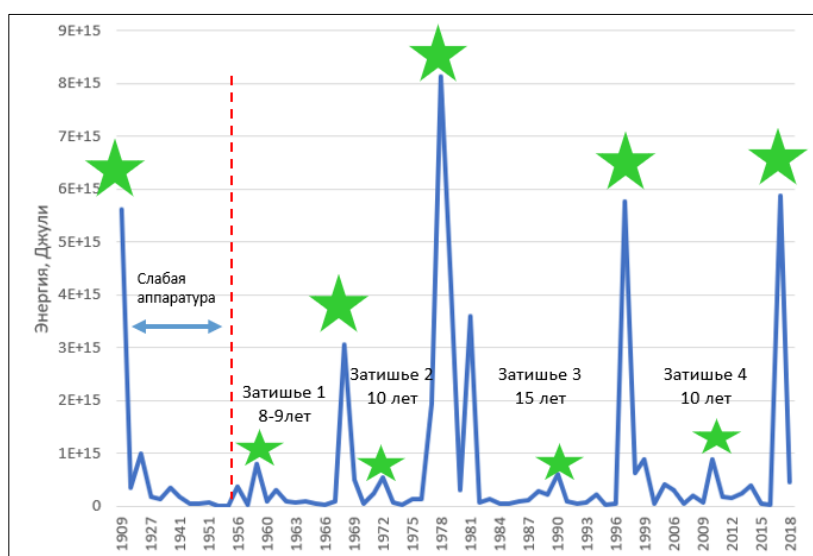


Рис. 5. График выделившейся сейсмической энергии для региона Персидского залива по годам с 1900 по 2018 год.

Построены графики повторяемости Гутенберга за XXI век (табл. 2). Для Персидского залива по построенным графикам коэффициент **a** варьирует от 10 до 19 и в среднем составляет 13,29, коэффициент **b** варьирует от минус 1,4 до минус 3,6 и в среднем составляет минус 2,28. Анализируя полученную таблицу, можно сделать следующий вывод: при увеличении сейсмической активности наклон графика сильно увеличивается, то есть значение коэффициента **b** по модулю увеличивается. Таким образом, можно утверждать следующую

закономерность: коэффициент **b** – это индикатор высокой сейсмической активности. Чем выше его значение по модулю, тем выше сейсмическая активность.

Год	A	B	N
2005	11,2	-1,9	65
2006	11,8	-1,91	72
2007	17,7	-3,29	49
2008	10,8	-1,72	57
2009	8,6	-1,4	39
2010	10,23	-1,64	46
2011	9,98	-1,6	61
2012	11,17	-1,79	91
2013	13,63	-2,23	104
2014	14,68	-2,41	98
2015	16,51	-2,97	38
2016	19,47	-3,63	32
2017	16,96	-3,17	91
Среднее	13,29	-2,28	

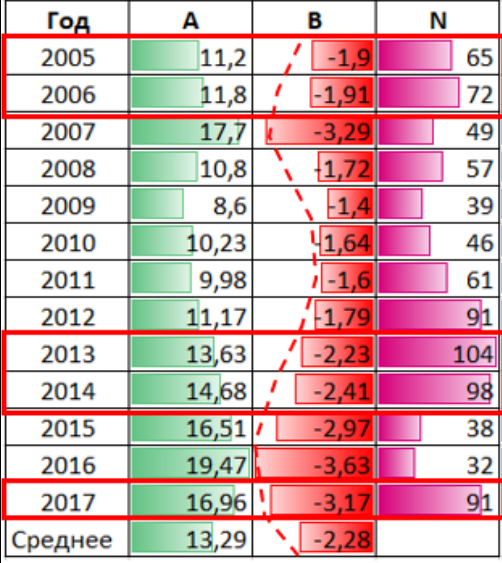

 Период повышенной сейсмической активности

Табл. 2. Значения констант **a** и **b** для региона Персидского залива по годам, определенные по графикам повторяемости Гутенберга (составлено автором)

Распределение гипоцентров по глубинам - это важная характеристика режима сейсмической активности. Анализ распределения гипоцентров землетрясений по глубинам дает сведения о глубинах залегания сейсмоактивных слоёв земной коры. Сопоставление со стратиграфическим разрезом дает понимание природы распространения сейсмичности.

Принятая классификация выглядит следующим образом:

- мелко-фокусные (<70 км);
- промежуточные (70-300 км);
- глубокофокусные (свыше 300 км).

Основной сейсмоактивный слой залегает на глубине 10-20 км (рис. 6).

В регионе Персидского залива кристаллический фундамент залегает на глубинах 5-8 км (до 10 км). Таким образом, получается, что всего 7% землетрясений имеют очаги в осадочном чехле, основная масса землетрясений (68%) зарождается в верхней части кристаллической коры – в интервале 10-20 км. Всего 16 землетрясений (4%) произошло на уровне этажа нефтеносности (глубина очагов землетрясений не превышает 3 км).

Таким образом обосновано **первое защищаемое положение:** регион Персидского залива в XX и XXI веках характеризуется повторяемостью высокомагнитудных сейсмических событий ($M_w > 6$) с периодом в среднем – 11,5 лет, колеблющимся в интервале 8–15 лет. Отмечены периоды сейсмического покоя средней продолжительностью 10 лет и периоды сейсмической активности – 2-3 года.

Помимо распределения очагов землетрясений по времени и по глубине в работе анализировалось их пространственное положение и связь с активными разломами региона. Стоит отметить, что пространственное положение зон концентрации эпицентров землетрясений остается неизменным при увеличении или при существенном уменьшении количества землетрясений (рис. 7).

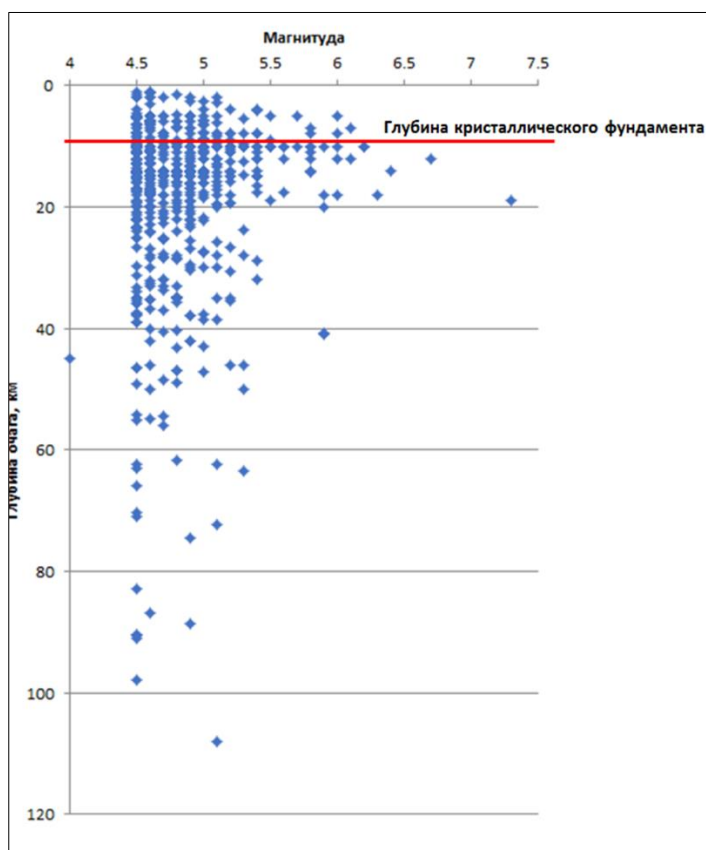
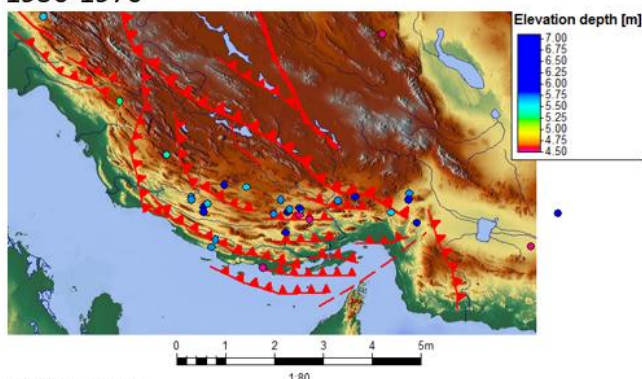
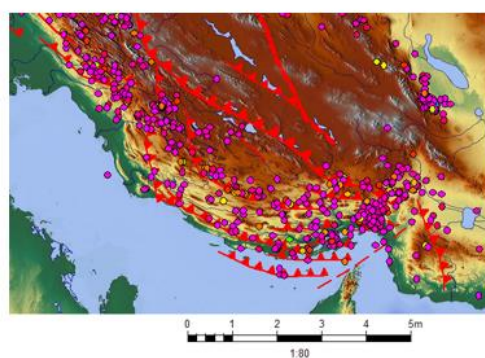


Рис. 6. График зависимости распределения магнитуд и глубин очагов землетрясений в период 2005–2018 гг. (составлено автором).

1950-1970



1970-1990



1990-2000

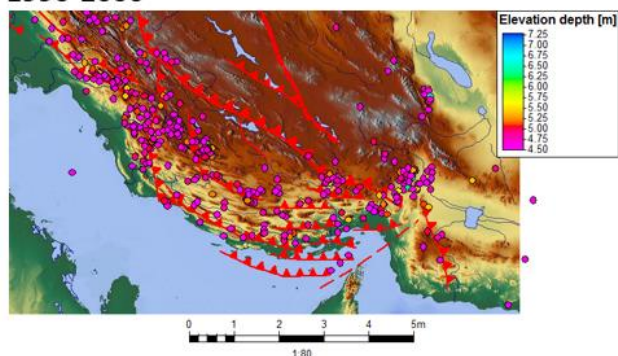


Рис. 7. Расположение очагов землетрясений региона Персидского залива в XX веке (составлено автором).

На основе базы данных активных разломов Геологического института РАН [http://neotec.ginras.ru/index/database/database_01.html] и данных о распределении сейсмических очагов автором составлена сеймотектоническая карта региона Персидского залива (рис. 8).

Активные разломы – тектонические нарушения, перемещения по которым происходили в недавнем прошлом и поэтому могут ожидать в ближайшем будущем. Основанием предполагать, что подвижки в будущем возможны, являются следы движений за ближайший к современности интервал времени, отвечающий максимальному известному периоду повторяемости сильных коровых землетрясений, т.е. примерно за последние 30 тыс. лет. Поскольку во многих областях подвижки этого времени трудно отделить геологическими и геоморфологическими методами от подвижек более ранних стадий позднего плейстоцена, активным считается разлом, по которому зарегистрированы проявления движений в течение позднего плейстоцена и голоцена, т.е. за последние ~130 тыс. лет [Трифонов, 1985]. В пределах рассматриваемого региона выделено 13 крупных разломов.

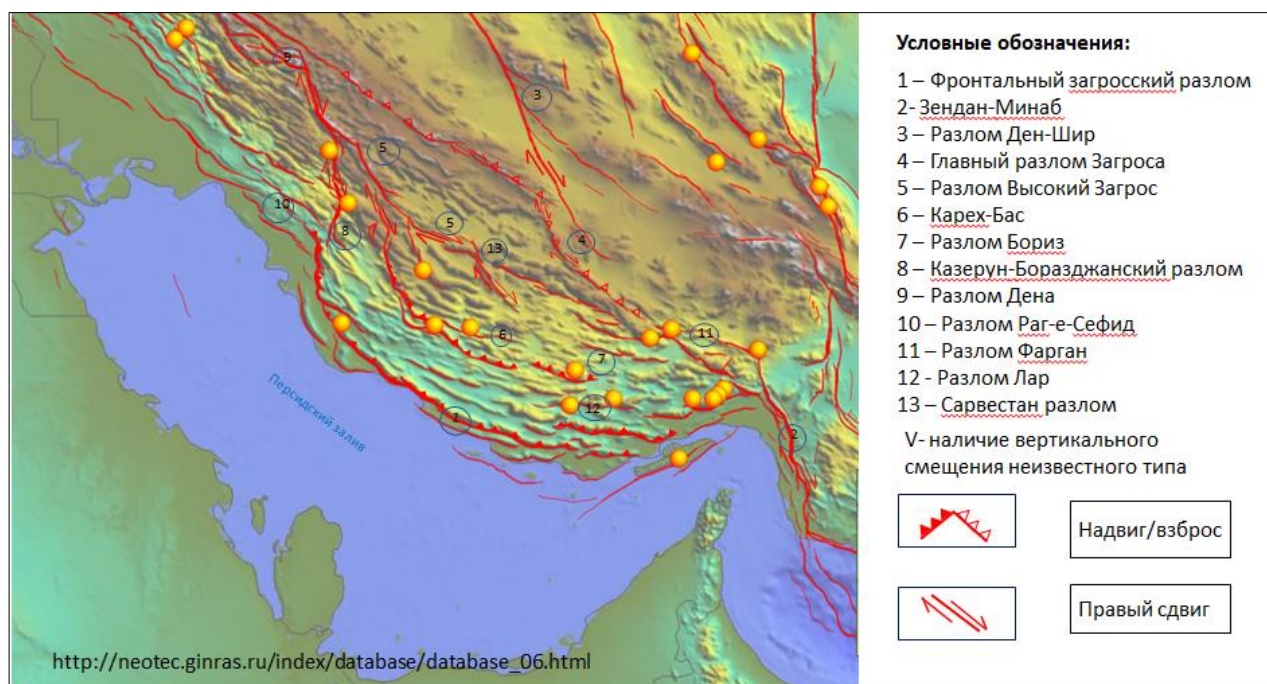


Рис. 8. Сеймотектоническая карта региона Персидского залива (составлена автором по материалам Базы активных разломов Геологического института РАН. [http://neotec.ginras.ru/index/database/database_01.html]. Оранжевыми пунсонами обозначены землетрясения с $M_w > 6$.

На основе анализа составленной карты можно выявить закономерную приуроченность очагов сильных землетрясений к основным разломам региона. Большинство очагов крупных землетрясений приурочено к надвигам: видна четкая закономерность расположения очагов вдоль надвиговых пластин. Вторым типом мест локализации очагов землетрясений являются зоны сочленения разломов разных кинематических типов: Казерун-Боразджанского и Высокого Загроса; Высокого Загроса и фронтального Загросского.

Фронтальный Загросский разлом, Карех-Басский, разлом Бориз, разлом Лар имеют надвиговую природу. Казерун-Боразджанский разлом, а также его продолжение – разлом

Дена, Главный Современный Разлом Загроса (ГСРЗ), разлом Сарвестан характеризуются праводвиговой компонентой движения.

Весь Месопотамский краевой прогиб можно разделить на две зоны по преобладающему типу тектонических движений (с юго-запада на северо-восток): система разломов во фронтальных частях Загроса с преобладанием надвигов, и система разломов в тыловых частях Загроса с доминирующими праводвиговыми смещениями или сочетанием взброса и правого сдвига, что отображается в Главном Загросском разломе.

Для дополнительного подтверждения кинематики активных разломов, определяющих сейсмичность, проведен анализ механизмов очагов землетрясений. Рассмотрено 75 стереограмм фокальных механизмов, по которым определены кинематические типы очагов землетрясений. Стереограммы фокальных механизмов в таких зонах служат указателями поля современных тектонических напряжений. По фокальным диаграммам можно определить направления перемещения по разлому при землетрясении или серии землетрясений, установить кинематический тип разлома.



Рис. 9. Диаграмма распределения решений по фокальным механизмам очагов землетрясений 2005–2018 гг. ($M_w > 5$) (составлено автором)

На рис. 9 и на рис. 10 представлено распределение тектонических обстановок, определенных по фокальным диаграммам, в пределах региона Персидского залива и тектоническая схема с фокальными диаграммами. 65% землетрясений на территории Персидского залива образовывались во взбросо-надвиговых тектонических обстановках и 25% землетрясений можно отнести к землетрясениям сдвигового механизма. Остальные 9% землетрясений относят в равной степени к сбросовым деформациям и взрезам.

Таким образом, обосновано **второе защищаемое положение**: На протяжении XX и XXI веков сейсмические очаги сохраняют постоянное пространственное положение, а их механизмы подтверждают кинематику сейсмоактивных разломных зон: 65% землетрясений в регионе Персидского залива образовались во взбросо-надвиговых тектонических обстановках (крупнейшие взбросо-надвиги: Фронтальный Загросский разлом, Карех-Басский, Бориз, Лар); 25% землетрясений имеют сдвиговый механизм очага (крупнейшие правые сдвиги: Казерун-Боразджанский, Дена, Главный Современный Разлом Загроса (ГСРЗ), Сарвестан); остальные 9% землетрясений относят в равной степени к сбросам и взрезам.

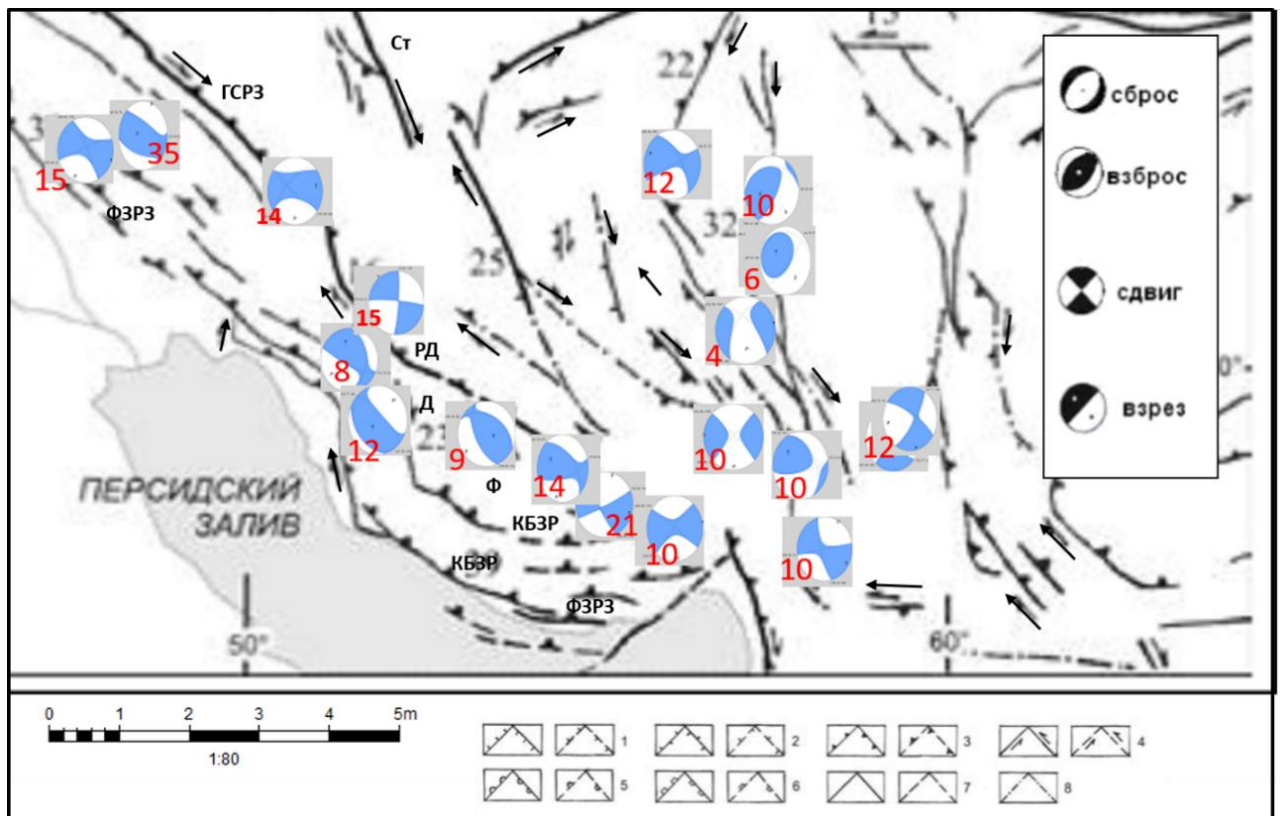


Рис. 10. Карта механизмов очагов землетрясений в период 2005–2017 гг. (составлено автором с использованием данных [Трифонов, 2017]).

Условные обозначения: Д – Провинция Дезфул, ГСРЗ – Главный современный разлом Загроса (правый сдвиг), КБЗР – Казерун-Боразджанская зона разломов (правый сдвиг), РД – Разлом Дена (правый сдвиг и надвиг), Ст – Северо-Тегеранский разлом, Ф – провинция Фарс, ФЗРЗ – Фронтальная зона разлома Загроса.

Цифрами обозначены: 1 – сбросы, 2 – раздвиги, 3 – надвиги и взбросы, 4 – сдвиги, 5 – флексуры, 6 – поверхностное продолжение зон субдукции, 7 – разломы с неизвестным типом смещения, 8 – разломы, активные в среднем плейстоцене с предполагаемыми фрагментарными проявлениями активности в позднем плейстоцене – голоцене. Красные цифры – глубины очагов землетрясений (в км).

В четвертой главе «Закономерности и причины сейсмической активности в пределах нефтегазоносного региона Персидского залива: выявление потенциальных очагов» приводится авторская карта сеймотектонического районирования рассматриваемой территории, которая позволила выявить положение потенциальных очагов землетрясений. Показана связь сейсмических событий с тектоническими структурами и нефтегазоносностью. На карте выделены зоны высокой сейсмической активности, средней, низкой и крайне низкой (рис. 11).

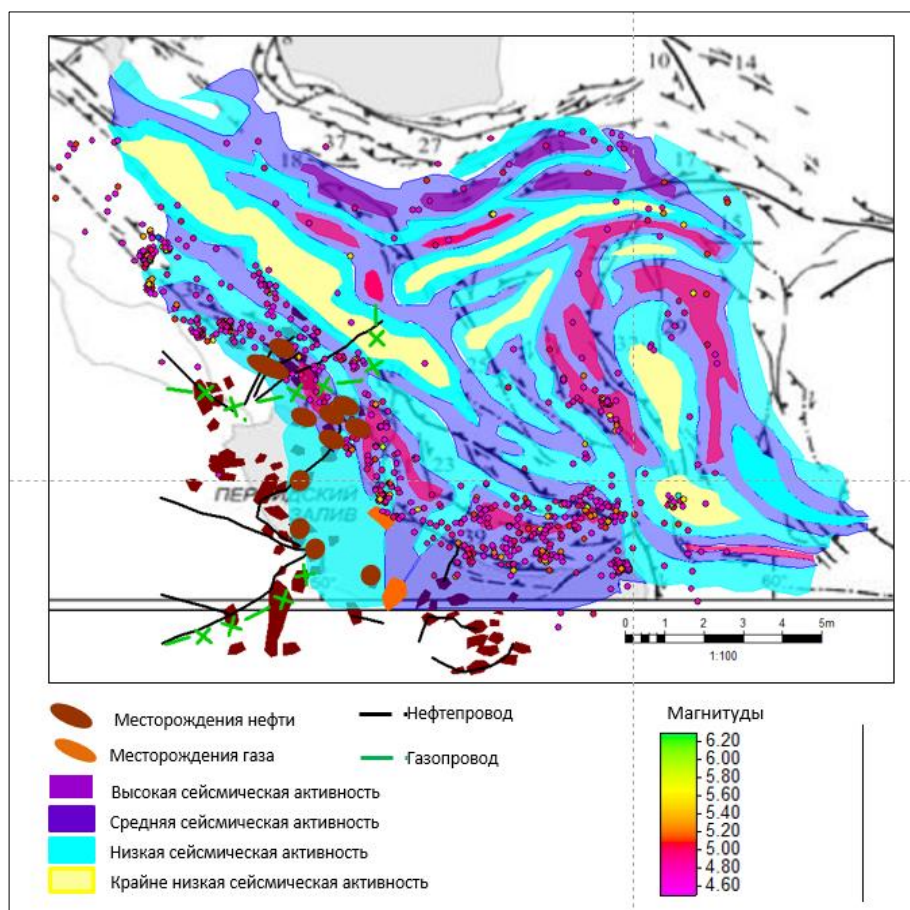


Рис. 11. Карта сеймотектонического районирования региона Персидского залива совместно с картой расположения объектов нефтегазодобычи. Составлено автором на основе данных сейсмических каталогов [Трифонов, 2017, с дополнениями автора].

Концентрация очагов землетрясений наблюдается вдоль главных разрывных зон. При соотнесении карты сейсмической активности с

тектоническим районированием установлено, что области Предгорной впадины и Низкого Загроса характеризуются повышенной сейсмичностью. Анализ пространственного распределения землетрясений XXI века (2005–2017) показал следующее: в Чешуйчатой зоне произошло 8 землетрясений, что составляет лишь 1% от всех землетрясений в регионе; в зоне Высокого Загроса произошло около 20% землетрясений; повышенной сейсмичностью характеризуются области Предгорной впадины и Низкого Загроса. Здесь произошло порядка 80% всех землетрясений рассматриваемого временного промежутка.

Представленное распределение землетрясений по зонам согласуется с неотектоническим развитием Месопотамского краевого прогиба. Чешуйчатая, Высокого Загроса, Низкого Загроса и Предгорная зоны различаются между собой по степени тектонических деформаций и их времени. Чем раньше начались деформации, тем выше их суммарная интенсивность. Наибольшая степень деформаций характерна для Чешуйчатой зоны, и ее деформации происходили раньше остальных. Наименьшая степень деформаций и самый молодой их возраст – в Предгорной зоне. Таким образом, в регионе Загроса и Персидского залива устанавливается следующая закономерность: чем древнее деформации и выше их степень, тем меньшее количество землетрясений характерно для зоны.

Активная добыча нефти в пределах региона Персидского залива берет свое начало с 1947 года. В Таблице 3 представлены основные месторождения нефти, находящиеся в

активной фазе разработки или на стадии разведки.

Из 23 месторождений только 5 находятся по карте сеймотектонической активности в зоне низкой сейсмичности, 4 месторождения находятся в зоне высокой сейсмичности, в том числе одно из старейших месторождений – Гечсаран. Остальные 14 месторождений расположены в зонах со средним уровнем сейсмичности.

Западный борт Персидского залива характеризуется слабой сейсмической активностью: здесь не зафиксированы землетрясения магнитудой выше 4,5. Тектоническая обстановка относительно спокойная, поскольку это окраинная часть Аравийской плиты. Специальных инженерных укреплений буровых установок и морских платформ здесь производить не требуется. Сюда относятся следующие месторождения: Хафджи, Манифа, Эль-Катиф, Саффания, Эль-Бурка, Абкайк, Гавар.

Наибольшему сейсмическому риску подвергаются районы нефтегазодобычи, относящиеся к Предгорной зоне (в особенности зоне Фронтального разлома Загроса) и зоне Низкого Загроса. В данном районе зарегистрировано подавляющее большинство умеренных землетрясений магнитудой 4,5–5. Очаги землетрясений локализованы вдоль Фронтальной зоны Загроса, в Предгорной зоне и области Низкого Загроса. В зону высокой степени сейсмической активности попадает 21 месторождение нефти и газа, причем 17 из них – шельфовые, разработка которых сопряжена с большими рисками и капитальными вложениями. Среди них месторождения Сирри, Салман, Мандус, Мубаррак, Байк, Ум-Аль-Дал, Ресалат, Далма и другие. В данном районе при строительстве морских платформ необходимо учитывать его сейсмическую характеристику. Также необходим постоянный мониторинг действующих платформ на предмет сейсмогенных деформаций и воздействия волн цунами; разработка технологий строительства укрепленных морских платформ, устойчивых к сейсмическим воздействиям. Разработка месторождений, попадающих в данную зону, сопряжена с колоссальными денежными затратами, что следует учитывать при оценке их рентабельности.

Гечсаран является одним из крупнейших нефтяных центров Ирана. Здесь расположены десять месторождений нефти с суммарной ежегодной добычей около 500 тыс. т. нефти, а также газовые месторождения. Крупнейшее из них – одноименное месторождение Гечсаран, отличается самой высокой добычей нефти в пике. Кроме того, в Гечсаранском центре нефтедобычи проходит один из крупных магистральных нефтепроводов.

Табл. 3. Месторождения нефти в пределах региона Персидского залива, находящиеся в стадии активной разработки

Месторождение	Год открытия	Сейсмичность
Хафт Кель – Асмари	1928	Средняя
Большой Бурган	1938	Средняя
Дукан – Араб	-	Низкая
Агаджари	1938	Высокая
Анаран	2005	Средняя
Ахваз	1958	Низкая
Беби-Хекиме	1961	Средняя
Марун	1963	Высокая
Пазенан	1938	Средняя
Реги-Сефид	1964	Низкая
Фереидун-Марджан	1966	Средняя
Хангиран	1960	Средняя
Южный Парс	1990	Средняя
Ядараван	2003	Высокая
Абкайк – Ханифа	1940	Средняя
Хафизи	-	Низкая
Даште-Абадан	2003	Средняя
Хешт	2007	Средняя
Гечсаран	1927	Высокая
Азадеган	1999	Низкая
Джофейр	2008	Средняя
Сардар-Милли	2008	Средняя
Фердоус	2003	Средняя

Гечсаран расположен в южной части Ирана и относится к Предгорной зоне и зоне Низкого Загроса – наиболее сейсмоактивным зонам региона с землетрясениями магнитудой до 6. Установлено, что рассматриваемый участок расположен в зоне концентрации сейсмоактивных разломов, основным из которых является меридиональный Казерун-Боразджанский разлом (КБР), ориентированный диагонально по отношению к складчатому поясу Загроса.

Проанализировано соотношение графика нефтедобычи месторождения Гечсаран и сейсмической активности в его районе за период инструментальных сейсмологических наблюдений XX века.

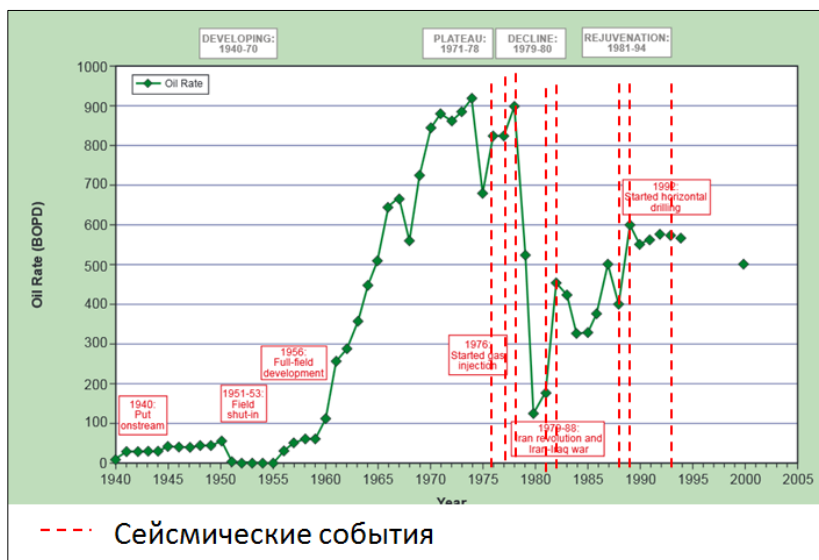


Рис. 11. История разработки месторождения Гечсаран. Составлено автором с использованием данных [Konert et al., 2001]

В районе Гечсаранского месторождения в период XX века и начала XXI века (1976–2018 г.) произошло 65 землетрясений с магнитудой выше 4.5, основные из которых нанесены на профиль добычи

нефти месторождения. Видно, что рост добычи или ее падение связаны с двумя причинами: либо с проведением геолого-технических мероприятий, повышающих эффективность разработки (например, закачка газа в 1975 году, начало бурения горизонтальных скважин в 1992 г.), либо с политическими событиями, в частности, ирано-иракской войной 1979-1988. График, представленный на рисунке 11, позволяет сделать следующий вывод: произошедшие за исследованный период природные сейсмические события не повлияли на уровень добычи нефти на месторождении Гечсаран. Однако поскольку Гечсаранский модельный участок расположен в пределах глубинной сейсмоактивной Казерун-Боразджанской взбросо-сдвиговой зоны, здесь можно ожидать крупных сейсмических событий магнитудами более 6. Их влияние на безопасность хозяйственной деятельности и, в частности, на добычу нефти может быть катастрофическим. Это необходимо учитывать при дальнейшей нефтедобыче и эксплуатации хозяйственной инфраструктуры Гечсаранского нефтяного центра.

Таким образом, **обосновано третье защищаемое положение:** На протяжении неоген-четвертичного времени сейсмическая активность мигрировала от наиболее древних к молодым тектоническим зонам по мере их вовлечения в состав складчатого сооружения Загроса: наименьшая активность наблюдается в Чешуйчатой зоне и возрастает в зоне Высокого Загроса; наибольшая сейсмическая активность характерна для зон Низкого Загроса и Предгорной и связана с развитием взбросо-надвиговых деформаций в сочетании со сдвигами. Основная добыча нефти сконцентрирована в двух последних зонах, в связи с чем необходимы укрепляющие мероприятия как для существующих здесь объектов инфраструктуры, так и для планирующихся в перспективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тектоническое развитие региона Персидского залива – многофакторный процесс. В него входят коллизионное столкновение плит и более мелких тектонических блоков, глубинные структурные трансформации, связанные со срывом осадочного чехла по плоскостям солевых пластов и поэтапным развитием сложных сдвиго-надвиговых деформаций верхней части земной коры. Все эти факторы определяют интенсивность землетрясений в пределах региона.

Проведенные исследования позволили впервые для рассматриваемой территории получить следующие выводы:

1. Регион Персидского залива в XX и XXI веках характеризуется повторяемостью высокомагнитудных сейсмических событий ($M_w > 6$) с периодом в среднем – 11,5 лет, колеблющимся в интервале 8–15 лет. Можно установить следующие пространственно-временные закономерности происходивших в XX и XXI веках землетрясений:

1.1. В пределах региона Персидского залива происходит 60–70 землетрясений $M_w > 4,5$ в год;

1.2. Средняя глубина очага составляет 10–13 км, 99% землетрясений относится к мелкофокусным; сейсмоактивный слой залегает на глубине 10–30 км.

1.3. Для землетрясений магнитудой выше 6 подтверждена закономерность: чем сильнее землетрясение, тем больше глубина его очага.

2. На протяжении XX и XXI веков сейсмические очаги сохраняют постоянное пространственное положение, а их механизмы подтверждают кинематику сейсмоактивных разломных зон: 65% землетрясений в регионе Персидского залива образовались во взбросо-надвиговых тектонических обстановках (крупнейшие взбросо-надвиги: Фронтальный Загросский разлом, Карех-Басский, Бориз, Лар); 25% землетрясений имеют сдвиговый механизм очага (крупнейшие правые сдвиги: Казерун-Боразджанский, Дена, Главный Современный Разлом Загроса, Сарвестан); остальные 9% землетрясений относят в равной степени к сбросам и взрезам.

3. При пересечении с северо-востока на юго-запад от тыловых частей орогена Загроса в сторону Персидского залива наблюдается закономерное увеличение сейсмичности от минимальной в Чешуйчатой зоне, до максимальной во фронтальной Предгорной зоне складчатого пояса. В пределах бассейна Персидского залива сейсмичность резко убывает и сходит на нет на его юго-западном побережье. Описанное увеличение сейсмичности при пересечении Загроса с северо-востока на юго-запад соответствует уменьшению возраста его тектонических структур.

4. В пределах наиболее сейсмически активных Предгорной зоны и зоны Низкого Загроса сдвиговые перемещения по разломам глубокого заложения сочетаются с развитием надвиговых деформаций. Данные зоны характеризуются наименьшим периодом повторяемости землетрясений, в том числе, сильных, а также наибольшей величиной выделившейся сейсмической энергии. Именно в этих зонах сконцентрирована основная нефте-газодобыча региона Персидского залива, в связи с чем необходимы укрепляющие мероприятия как для существующих объектов инфраструктуры, так и для планирующихся в перспективе.

5. Сейсмические события XX века не повлияли на уровень добычи нефти крупнейшего нефтегазового месторождения региона – Гечсаран. Следовательно, применявшиеся в тот период времени укрепляющие мероприятия и технологии можно считать адекватными сейсмическим рискам. Однако в пределах глубинной Казерун-Боразджанской зоны можно ожидать крупных сейсмических событий ($M_w > 6$), влияние которых на безопасность хозяйственной деятельности и, в частности, на добычу нефти может быть катастрофическим. Это необходимо учитывать при дальнейшей эксплуатации Гечсаранского нефтяного центра.

Установленные закономерности указывают на единую природу поздне-кайнозойских тектонических и сейсмических процессов и открывают новые возможности для долгосрочного прогноза сильных землетрясений в пределах региона Персидского залива. К таким закономерностям, прежде всего, относятся выявленная в диссертационном исследовании повторяемость землетрясений в интервалах магнитуд $M_w = 5,0 \pm 0,2$ и $4,5 \pm 0,2$. Аналитические выводы, следующие из проведенной работы, позволяют определить пространственно-временные закономерности возникновения крупных землетрясений.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи, опубликованные в журналах Scopus, WoS, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных ВАК для защиты диссертации по специальности:

1. **Алджабасини Хиба.** Некоторые аспекты неотектонического районирования Загросского краевого прогиба в связи с сейсмической активностью региона, Астраханский вестник экологического образования № 4 (52) 2019, с. 48 —53, 6 стр. (Перечень ВАК)
2. **Абрамов В. Ю., Алджабасини Хиба.** Сейсмическая активность районов нефтедобычи Персидского залива. www.earthdoc.org (DOI: 10.3997/2214-4609.201900543) (SCOPUS)
3. **Алджабасини Хиба, Абрамов В.Ю., Дубянский А.И.** Сеймотектонические особенности района расположения центра нефтедобывающей промышленности Ирана. // «Геология, география и глобальная энергия», 2020 - №1 (76), 9 —15, 7 стр. (Перечень ВАК).
4. **Алджабасини Хиба.** Связь сейсмичности с тектоническими процессами по результатам анализа крупных землетрясений, произошедших на территории Ирана в XX и XXI веках. DOI: [10.3997/2214-4609.202051023](https://doi.org/10.3997/2214-4609.202051023) (SCOPUS)

Научные публикации в иных изданиях:

1. **Алджабасини Хиба, Абрамов В.Ю., Дубянский А.И.** Особенности характера сейсмичности центральной и восточной частей Персидского залива // Геофизика, 2019 - №3, стр. 10-14.
2. **Дубянский А.И., Хиба Алджабасини.** Способы оценки сейсмичности территории Сирии // Вестник РУДН. Серия: «Инженерные исследования», 2019 Том 20 № 1. С. 79-84.
3. **Абрамов В.Ю., Хиба Алджабасини.** Некоторые особенности стратиграфии и тектонического районирования сейсмически активного Загросского краевого прогиба в пределах акватории Персидского залива // Вестник РУДН Серия: «Инженерные исследования», 2019, Том 20 № 1. С. 57-65.
4. **Алджабасини Х., Абрамов В.Ю., Дубянский А.И.** Оценка сейсмичности центральной и восточной частей персидского залива и связь с нефтегазоносностью региона// Труды научно-практической конференции с международным участием "Инженерные системы - 2019".С. 421-427.