



ISSN: 2541-9684

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт геологии
Дагестанского научного центра РАН**

**№ 2 (81), 2020
Ежеквартальный
научный журнал**

**"ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН"**

*Издается по решению Ученого совета
Института геологии ДНЦ РАН
Журнал выходит 4 раза в год.*

*Зарегистрирован в федеральной службе по надзору в сфере связи и
массовых коммуникаций Российской Федерации (Роскомнадзор)
ПИ № ФС77-67725 от 10 ноября 2016 года*

Научно-редакционный совет:

*д.т.н., ИПГ ДНЦ РАН,
академик РАН, Коми НЦ УрО РАН
д.г.-м.н., г.н.с., профессор ЮРГПУ (НПИ)
д.г.-м.н., г.н.с., профессор ГИН РАН
академик РАН, ОНЗ РАН
д.г.-м.н., профессор ИГиГ НАН Азербайджана
д.ф.-м.н., профессор, Геофизический институт ВНЦ РАН,
д.г.-м.н., профессор, ИГиИС НАН Армении
министр природных ресурсов и экологии РД
д.ф.-м.н., Чеченской академии наук
член-корреспондент РАН, ОНЗ РАН
д.ф.-м.н., профессор, ДГУ
академик РАН
академик РАН, ГИН РАН
д.т.н., д.э.н., профессор
член-корреспондент НАН Азербайджана*

Редакционная коллегия:

д.г.-м.н., г.н.с.

к.т.н., с.н.с.

д.т.н., г.н.с.

к.ф.-м.н., с.н.с.

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.ф.-м.н., профессор

к.г.-м.н., с.н.с.

д.г.-м.н., г.н.с.

д.б.н., г.н.с., профессор

к.ф.-м.н.

д.ф.-м.н., в.н.с.

к.г.н., с.н.с.

д.ф.-м.н., профессор

к.г.-м.н., с.н.с., (технический редактор)

д.г.-м.н., г.н.с., профессор

к.г.-м.н., с.н.с.

к.ф.-м.н.

к.г.-м.н.

д.т.н., г.н.с., профессор

к.г.-м.н.

к.ф.-м.н., доцент

н.с., (ответственный секретарь)

н.с., (составитель)

*Алхасов А.Б.
Асхабов А.М.
Богущ И.А.
Гаврилов Ю.О.
Глико А.О.
Гусейнов Д. Д.
Заалишвили В.Б.
Карапетян Д.К.
Карачаев Н.А.
Керимов И.А.
Морозов Ю.А.
Рабаданов М.Х.
Рундквист Д. В.
Федонкин М.А.
Чагучиев М. Ч.
Алиева Э.Г-М*

Черкашин В.И.

(главный редактор)

Мамаев С.А.

(зам. главного редактора)

Абдуллаев Ш.-С.О.

Алиев И.А.

Ахмедов Г.Я.

Ахмедов С.А.

Ашурбеков Н.А.

Газалиев И.М.

Гусейнов А.А.

Залибеков З.Г.

Ибаев Ж.Г.

Идармачев Ш.Г.

Идрисов И.А.

Курбанисмаилов В.С.

Магомедов Р.А.

Маммаев О.А.

Мацапулин В.У.

Таймазов Д.Г.

Темирбекова У.Т.

Тотурбиев Б.Д.

Юсупов А.Р.

Якубов А.З.

Гусейнова А.Ш.

Мамаев А. С.

Материалы журнала отражают точку зрения авторов и не является официальной позицией Института.

При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.

Адрес редакции: 367030, г. Махачкала, ул. М. Ярагского 75
наш сайт в интернете <http://www.igdncran.ru>, e-mail: dangeogis@mail.ru
Тел. 8(8722)62-93-95; факс: 8(8722)62-06-82

© НП Редакция Журнала «Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН»

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

Научный журнал "Труды Института геологии ДНЦ РАН" издается Институтом геологии ДФИЦ РАН с 1956 г. Рецензируемый научный журнал (включен в систему Российского индекса научного цитирования - РИНЦ) посвящен широкому спектру вопросов фундаментальной и прикладной геологии. Его отличие от других аналогичных журналов - в наибольшем охвате тематик в области геологии и геоэкологии. Обсуждаются проблемы, находящиеся на стыке науки и практики, использование современных ГИС-технологий в области наук о Земле.

Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте <http://www.igdncran.ru>

Научное направление журнала - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- 25.00.01 Общая и региональная геология
- 25.00.02 Палеонтология и стратиграфия
- 25.00.03 Геотектоника и геодинамика
- 25.00.05 Минералогия, кристаллография
- 25.00.06 Литология
- 25.00.07 Гидрогеология
- 25.00.08 Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение
- 25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых
- 25.00.11 Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения
- 25.00.12 Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений
- 25.00.23 Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов
- 25.00.25 Геоморфология и эволюционная география
- 25.00.33 Картография
- 25.00.35 Геоинформатика
- 25.00.36 Геоэкология (по отраслям)

ISSN: 2541-9684

Журнал является рецензируемым.

Журнал выходит 4 раза в год.

Тираж - 200 экземпляров

<http://elibrary.ru/> (РИНЦ)

<http://www.igdncran.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

АГГЛЮТИНИРУЮЩИЕ ФОРАМИНИФЕРЫ ЮРЫ СЕВЕРНОГО КАКАЗА <i>Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С.</i>	5
К ВОПРОСУ ТИПИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА <i>Меликов М.М., Гаджиева Т.Р.</i>	8
ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ЭКСПЛОЗИВНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ БУГЛЕНСКИХ ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРОВ <i>Мацапулин В.У., Тулышева Е.В., Исаков С.И.</i>	17
ОТРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РОССИИ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ФЛЮИДОВ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ (ДАГЕСТАН - 03 МАЯ 2017 г.) <i>Керамова Р.А., Гулиева Ш.О., Магомедов Х.Д., Адилов З.А.</i>	23
УПРАВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИМ РИСКОМ В РАМКАХ УПРАВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИМ РИСКОМ В РАМКАХ АВТОМТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЕ ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА: НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА <i>Ларионов В.И., Фролова Н.И., Угаров А.Н., Габсатарова И.П., Суцев С.П., Малаева Н.С.</i>	33
ПОЛЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В ОКРЕСТНОСТЯХ ОЧАГА ДАГЕСТАНСКОГО 1970 г. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПО КОРОТКОПЕРИОДНОЙ КОДЕ <i>Антикаева О.И.</i>	48
СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА <i>Саидов О.А, Таймазов Д.Г., Магомедов С.Р., Магомед-Касумов М.Г., Шарпудинов Т.И., Султанахмедов М.С.</i>	57
ВАРИАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СЕТИ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ ДАГЕСТАНА, ВАРИАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ИХ СВЯЗИ С ЭНДОГЕННЫМИ И ЭКЗОГЕННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ В 2020 г. <i>Алиев И.А., Магомедов А.Г.</i>	70
АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА <i>Алиева А.В.</i>	78
СТАНОВЛЕНИЕ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ СЕТИ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА <i>Магомедов Х.Д.</i>	88
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И ПРОБЛЕМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН <i>Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С., Курбанова Л.М.</i>	93

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИСИЛИКАТНАТРИЕВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ИЗ НЕРУДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ <i>Тотурбиев Б.Д.</i>	99
Юбиляры. Илье Александровичу Богушу–85!	105

УДК 563.12:551.762.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-5-7

АГГЛЮТИНИРУЮЩИЕ ФОРАМИНИФЕРЫ ЮРЫ СЕВЕРНОГО КАКАЗА

*Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Дана характеристика агглютинирующих фораминифер средней юры Северного Кавказа. Приведен родовой и видовой состав встреченных родов по работам разных исследователей для СЗ и СВ Кавказа. В разрезах Центрального Дагестана отмечено их наличие в байосском и батском ярусах. Дан анализ присутствующих семейств, отмечены однокамерные, дву- и многокамерные рода. Приведена таблица наиболее часто встречаемых видов.

Ключевые слова: Агглютинирующие фораминиферы, родовой состав, районы Северного Кавказа

AGGLUTINATING FORAMINIFERS OF JURASSIC NORTHERN CAUCASUS

*Temirbekova U.T., Barkueva L.S.
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, RAS*

A characteristic of agglutinating foraminifers of the Middle Jurassic of the North Caucasus is given. The generic and species composition of the births is given based on the work of various researchers for the Northwest and North Caucasus. In the sections of Central Dagestan, their presence in the Bajocian and Bathonian tiers is analyzed. The analysis of the families present is given, single-chamber, two- and multi-chamber genera are noted. The table of the most common species is given.

Keywords: Agglutinating foraminifera, generic composition, regions of the North Caucasus

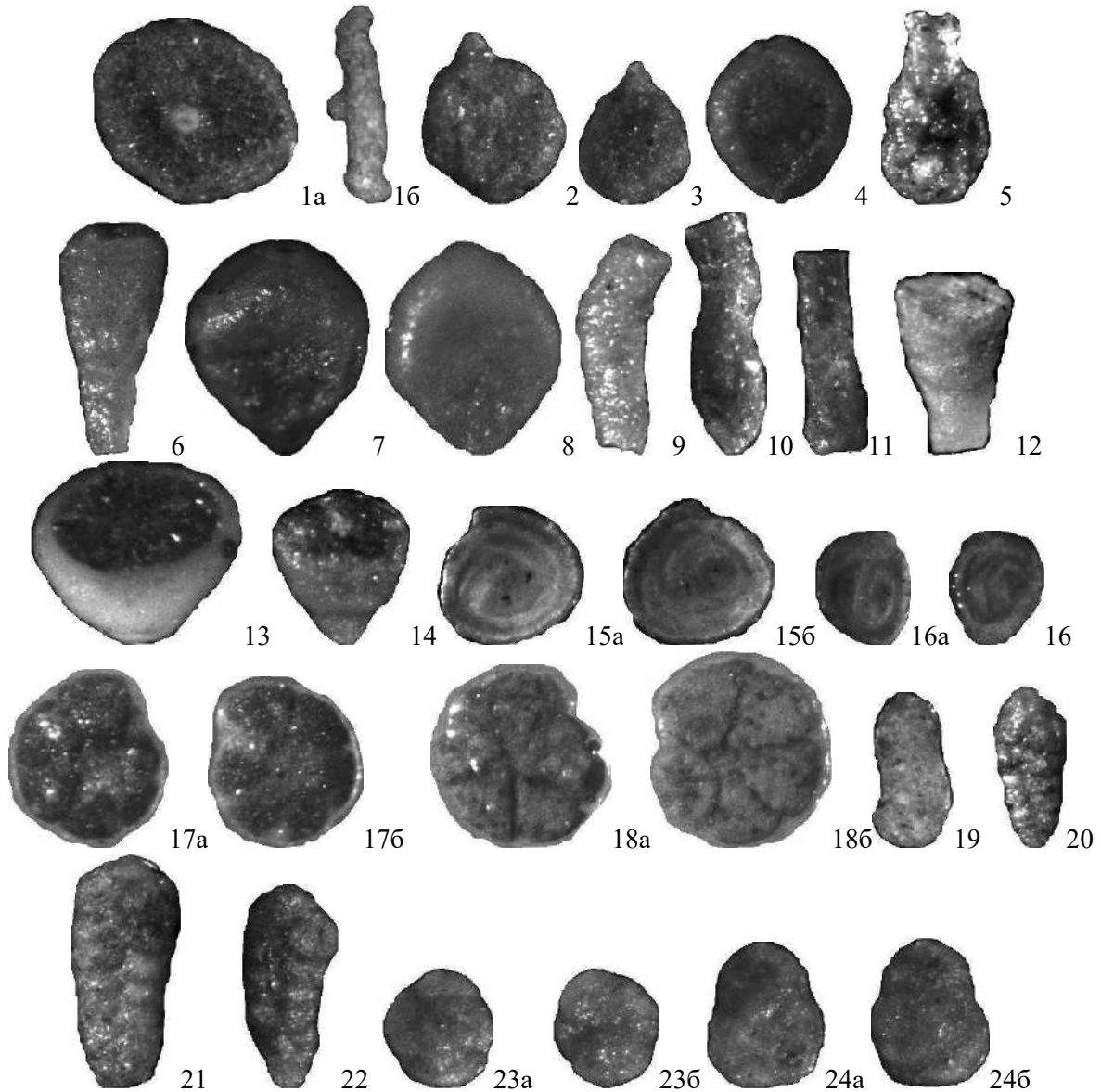
Среднеюрский бассейн Северного Кавказа являлся северной окраиной Тетического океана и протягивался в субширотном направлении более чем на 1000 км, как по простиранию так и в крест ему. Обстановки претерпевали значительные изменения, обуславливая значительное разнообразие условий и соответственно разнообразие фауны. Единственная группа ископаемых, позволяющая надежно коррелировать все отложения по площади являются аммониты. Вспомогательную роль играют фораминиферы. По доминантным группам юрские фораминиферы принадлежат к нодозариево-эпистоминидовому типу, характерному для субтропической зоны. Распространен он в шельфовых эпиконтинентальных морях и в геосинклинальных областях Тетического бассейна, для которого характерно тектоническое прогибание и интенсивное осадконакопление. Развитие фораминиферовой биоты тесно связано с динамикой палеобассейна, особенностями осадконакопления в разных структурно-фациальных зонах, комплексом абиотических факторов таких как климат, батиметрическая зональность бассейна, температурный режим, соленость, химизм водных масс, характера и состава донных осадков, геодинамического режима, удаленности от береговой линии - изучением которых занимались многие специалисты. Первые работы принадлежат [1, 2, 3, 7, 4, 5, 6] и др. Среди фораминифер различают планктонные и бентосные фораминиферы. Первые на Северном Кавказе датируют верхний байос. Бентосные фораминиферы различаются по типу стенки – секреторные и агглютинирующие. Первые изучены детальнее, представлены большим количеством родов. Последние используются при расчленении разрезов, но значительно реже, чем секреторные. Это, по-видимому, объясняется большой толерантностью к изменениям среды обитания и часто большей деформированностью раковин. Простота общей организации, деформированность раковин, неидентичное изображение типовых видов, приводимых в разных классификациях, вызывают трудности даже при определении родовой принадлежности. Целью настоящего исследования - полнее изучить агглютинирующие формы.

[4] отмечала наличие *Ammobaculites agglutinans* Orb., *A. fontinensis* (Terq.) в нижнем байосе и *Haplophragmoides planus* Ant., *Trohammina dagestanica* Hoffm, *T. libum* Hoffm. *Nodosinella* sp. - в

верхнем. В келловейских отложениях обильно представлен *Glomospira gordialis* (Park. et Jon.) реже *Haplophragmoides* sp и *Ammobaculites coprolitiformis* (Schw.). В основном среднеюрские отложения охарактеризованы нодозаридами, представителями милиолид и эпистоминоид.

[3], анализируя систематический состав всей ранне - среднеюрской микрофауны северо-западного Кавказа, отмечает, что основными группами, населявшими в общем мелководный бассейн, являются бентосные фораминиферы с известковой стенкой раковины. Представители фораминифер с агглютинированной и халцедоновой стенкой раковины отрядов *Astrorhizida*, *Ammodiscida*, *Textulariida*, *Ataxophragmiida* играют подчиненную роль и подчеркивают зависимость от той или иной фациальной обстановки. Аналогичную картину наблюдала [5,6] для районов северо-восточного Кавказа. В разрезах байоса Баксан-Чегемской мелководной зоне встречено наибольшее количество раковин с агглютинированной и халцедоновой стенкой.

Таблица



Однокамерные: 1,2,3,4- *Saccamina*; 5- *Lagenamina*;

Двухкамерные: 6,7,8- *Hippocrepina*; 9,10,11- *Hyperamina*; 12- *Hyperaminoides*;

13,14- *Kechenotiske*; 15,16- *Glomospirella*;

Многокамерные: 17,18- *Haplopragmoides*; 19-*Ammobaculites*; 20,21,22-*Textularia*; 23,24 -*Trochammina*.

Это *Leptodermella*, *Hyperammina*, *Tolypammina*, *Haplophragmoides*, *Trochammina*, *Verneuilinoides* и некоторые другие. В Дагестане агглютинирующие фораминиферы встречаются достаточно часто в средней юре, но в целях расчленения не применялись, как правило, дополняли комплекс. Изучение последних лет показало их большое наличие и поставило вопросы по диагностике некоторых родов. Часто оказалось затруднительным диагностировать двукамерные - *Lituotuba*, *Tolipammina* и некоторые другие. С этой проблемой столкнулась [9] при изучении юрского материала Западной Сибири. Ею проделана огромная работа по анализу и классификации фораминифер отряда *Ammodiscida* и надсемейства *Tolypamminoidea*, дано переописание этих таксонов, уточняется положение родов и стратиграфически важных для Западной Сибири позднеюрских видов этих таксонов.

Большая работа проделана [10] по изучению этой группы фораминифер из нижней юры Казахстана. Ими описаны комплексы агглютинирующих фораминифер Южно-Тургайского нефтегазового бассейна, которые свидетельствуют о возрасте и помогают корреляции отдельных толщ.

В изученных разрезах Центрального Дагестана (сс. Чох, Гуниб, Цудахар, Датуна) агглютинирующие фораминиферы отмечены в байосском и батском ярусах. В раннем байосе кумухской свиты довольно часто присутствуют представители семейства *Saccamminidae* – это *Saccammina*, *Proteonella*, *Lagenommina*, имеющие широкое распространение от силура доныне. Это однокамерные раковины свободные или прикрепленные, шарообразные, дисковидные или веретеновидные с простым внутренним строением. Кроме того, в комплексах всех названных разрезов часто встречаются двух камерные представители родов: *Jaculella*, *Hipocrepina*, *Hyperammina*, *Kechenotiske*, *Hyperamminoides*, *Glomospira*, *Glomospirella*, *Tolipammina*. Отмечены небольшим количеством экземпляров и многокамерные формы – *Trochammina*, *Haplopragmoides*, *Textularia*, *Ammobaculites* и др

Приводится таблица с наиболее часто встречаемыми родами.

Работа выполнена в рамках НИР Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Антонова З.А. Фораминиферы средней юры бассейна р.Лабы. Тр. Краснодар. Филиала ВНИИ, вып. X11, М., Гостоптехиздат, 1958, С. 213-224.
2. Антонова З.А. К вопросу о развитии юрской фауны фораминифер на Северном Кавказе Тр. Краснодарского филиала ВНИИ, вып.10,М., 1962, С. 149-158.
3. Антонова З.А. Фораминиферы нижне- среднеюрских отложений северного склона Западного Кавказа и некоторые вопросы палеобиографии. Н., 1975, С. 214-219.
4. Гофман Е.А. Фораминиферы юры Северного Кавказа. М., 1967. С.150.
5. Магомедов А.М., Темирбекова У.Т. Стратиграфия и микрофауна байосских и батских отложений Дагестана. ДФ АН СССР, ин-т Геологии, 1978, С.135.
6. Макарьева С.Ф. Фораминиферы юрских отложений Северо-Восточного Кавказа и их стратиграфическое значение. Тр. СевКавНИИ, 1971, вып. 16, С.139.
7. Макарьева С.Ф. Ориктоценозы фораминифер и палеогеография юрского бассейна Северо-Восточного Кавказа. Н.,1975, С. 224-229.
8. Морозова В.Г., Москаленко Т.А. Планктонные фораминиферы пограничных отложений байосского и батского ярусов Центрального Дагестана. Вопр. Микропал., №5, 1961, С. 3-30.
9. Полковникова Е.В. Классификация фораминифер отряда *Ammodiscida* и надсемейства *Tolypamminoidea*. Вестн. Томск. Гос. Ун-та. №400, 2015, С. 404-413.
10. Жаймина В.Я., Сальменова М.Е. Агглютинирующие фораминиферы нижней юры южно-тургайского нефтегазового бассейна. Ин-т геолог. наук им. К.И. Саптаева, № 2, 2013, С. 19-26.

УДК: 553.9

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-8-16

К ВОПРОСУ ТИПИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА

*Меликов М.М., Гаджиева Т.Р.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

В работе обосновывается типизация месторождений и залежей УВ, приводится характеристика нефтегазовых комплексов Дагестана, стратиграфическое размещение залежей УВ мезозойских отложений Предгорного Дагестана, а также критерии типизации месторождений и залежей УВ, на основе которых проведено их типизация по фазовому состоянию и геолого-промысловым параметрам.

Ключевые слова: структура, залежь, месторождение, нефтегазоконденсат, газоконденсат, нефтегазовый, интервал, фазовое состояние, пористость, проницаемость, критерии типизации, массивный, упруго-водонапорный, пластово-сводовый, водонапорный, газовый, порово-трещинный, каверновый, литологически-экранированный, стратиграфически-экранированный, кварцевый песчаник, доломит, известняк.

OF TYPIFICATION OF DEPOSITS AND DEPOSITS OF HYDROCARBONS IN THE MESOZOIC DEPOSITS OF DAGESTAN

*Melikov M.M., Gadzhieva T.R.
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, RAS*

The work substantiates classification of deposits of hydrocarbons, the characteristic oil-and-gas-bearing complexes of Dagestan, the stratigraphic location of hydrocarbon deposits of the Mesozoic deposits of the Pre-mountainous Dagestan, as well as criteria for typification of deposits of hydrocarbons on the basis of which the typology on the phase condition and geological settings.

Keywords: structure, formation, field, neftegazokondensatnoe, condensate, oil and gas, interval, phase condition, porosity, permeability, criteria of typification, solid, elastic-water, stratum-roof, water, gas, porous fractured, cavernosal, lithological screened, stratigraphic, quartz Sandstone, dolomite, limestone.

При наличии большого количества залежей и/или месторождений УВ различного фазового состояния с широкими интервалами изменения условий их залегания, коллекторских свойств пластов и промысловых параметров, важное значение приобретает необходимость группировки объектов разработки и выявления по определенным критериям, в частности, по вышеперечисленным критериям, относительно однородных групп. Группировка позволяет устанавливать сходства и различия залежей при выделении объектов разработки, проводить обоснование систем разработки. Анализ больших массивов данных по объектам, характеризующимся измеряемыми или оцениваемыми параметрами, является трудоемким, требующим немало сил и времени. В связи с этим возникает вопрос уменьшения количества критериев, т.е. сжатия исходной информации до минимального количества параметров, и группировки рассматриваемых объектов исследования на, относительно, и/или однородные группы и/или группировки, причем параметры могут быть выбраны из данных процесса разработки и/или бурения, или получены путем расчета и преобразования (при наименьшей потере информации по исследуемым объектам), необходимой для решения поставленных задач.

Типизация месторождений и залежей УВ для дальнейшего развития и наращивания топливно-энергетического потенциала является актуальной с точки зрения выявления перспективных структур и введения в доразработку разработанных залежей и/или месторождений.

В 70-х годах прошлого столетия в институте геологии ДагФАН СССР была проведена оценка потенциальных ресурсов и прогнозных запасов УВ мезозой-кайнозойских отложений Дагестана, на основе новейших представлений о геологическом строении [1]. В работе приво-

дится распределение потенциальных ресурсов и прогнозных запасов нефти и газа в литолого-стратиграфических комплексах и распределение прогнозных запасов по нефтегазоносным областям (Прикумская, Терско-Сулакская и Предгорный Дагестан). На наш взгляд, в данной работе проведено ранжирование месторождений нефти и газа по ресурсам и запасам.

Позже, в 80-х годах прошлого столетия в работе коллектива авторов [2] также проведено ранжирование нефтяных и газовых месторождений, в частности, приводится распределение залежей нефти и газа Ногайского, Южно-Дагестанского нефтегазоносных районов и нефтегазоносного района Дагестанского клина по возрасту и глубине залегания вмещающих пород, типам залежей УВ Дагестана по их фазовому состоянию.

В данной работе нами сделана попытка проведения типизации залежей и месторождений УВ Прикумского нефтегазоносного района и Предгорного Дагестана на основе их фазового состояния и промысловых параметров для первоначального этапа их разработки.

В Дагестане, с учетом геолого-структурных особенностей, истории их развития, однотипности структур и нефтегазоносности комплексов отложений, выделены два нефтегазоносных района: Терско-Кумский и Предгорный Дагестан, между которыми расположена перспективная, в нефтегазоносном отношении, Терско-Сулакская низменность. Последние в системе подразделений нефтегазогеологического районирования относятся к Прикумской и Терско-Каспийской нефтегазоносным областям, входящим в состав Средне-Каспийского нефтегазоносного бассейна (И.О. Брод и др.).

В Прикумской нефтегазоносной области (ПНГО) продуктивными являются интервалы отложений от триаса до нижнего мела (Табл. 1).

Всего в Дагестане открыто 51 месторождения (Рис.1), из них 38 – в ПНГО и 13 – в Предгорном Дагестане. Нефтяные залежи распространены по всему разрезу в интервалах глубин от 0,5-5 км. В ПНГО нефтяные и газоконденсатные залежи расположены в интервалах глубин 3-4,5 км, соответствующие температурам 100-170°C. Около 50% разрабатываемых и разбуренных запасов (категории А) нефти и газа Дагестана приходится на интервалы глубин 5-7 км. Относительно низкой остается степень геологической изученности глубокозалегающих зон с точки зрения их нефтегазоносности [3-4].

Таблица 1

Характеристика нефтегазоносных комплексов ПНГО

<i>Нефтегазоносные комплексы</i>	<i>Литологический состав слагающих пород</i>	<i>Резервуары и покрышки</i>	<i>Нефтегазоносность</i>
Альб-аптский	Глины, песчаники, алевролиты	Серия пластовых резервуаров и покрышек	Залежи нефти, газа, газоконденсата
Неоком-верхнеюрский	Известняки, доломиты, песчаники с прослоями глин.	Серия пластовых резервуаров (Равнинный Дагестан).	Залежи нефти, газа, газоконденсата
Средне-нижнеюрский	Глины, алевролиты, песчаники с преобладанием песчано-алевролитовых пород нижней части разреза.	Серия региональных пластовых резервуаров с улучшенными коллекторскими свойствами и покрышками	Залежи нефти и газа в Терско-Кумском нефтегазоносном районе.
Триасовый	В верхней части – аргиллиты с прослоями алевролитов, в нижней – известняки и доломиты.	Пластовые и массивные резервуары, характеризующиеся литологической изменчивостью, перекрытые непроницаемыми покрышками	Залежи нефти и газоконденсата в Терско-Кумском нефтегазоносном районе

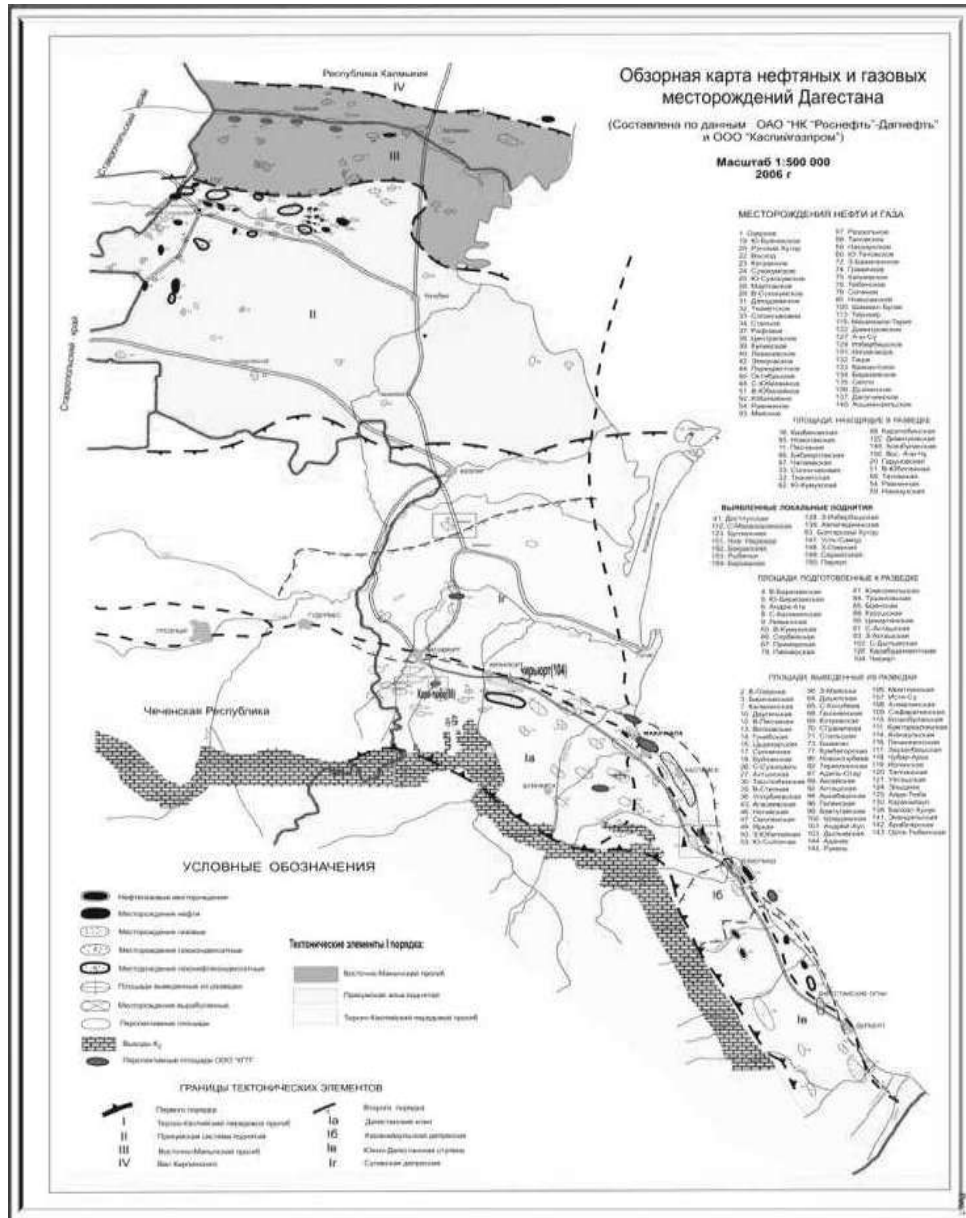


Рис. 1. Обзорная карта нефтяных и газовых месторождений Дагестана.

В качестве критериев типизации выбраны: фазовое состояние УВ, тип природного резервуара (по И.О.Броду), режим залежи, интервалы стратиграфического размещения, литологический тип коллектора, общая пористость и проницаемость.

По результатам типизации нами выделены по **фазовому состоянию** УВ: нефтяных месторождений –22, нефтегазоконденсатных –11, газоконденсатных –6.

По типу коллекторов залежей выделены: пластово-сводовые –18; массивный –13; литологически-экранированный – 1, стратиграфически-экранированный –1; смешанного типа: пластово-сводовая, ограниченный тектоническим нарушением и литологически-экранированный (Сухокумское), пластово-сводовый и литологически-ограниченный (Зап. Бажиган); пластово-сводовый, структурно-литологический (Тюбинское); ограниченный выклиниванием коллектора (Майское); пластово-сводовый, массивный (Юбилейное).

По режиму залежей выделены: упруго-водонапорный –18, водонапорный –10, ограниченно-водонапорный –1 (Мартовское); газовый – 3 (Вост. Сухокумское, Южно-Буйнакское, Гаруновское); **смешанный**: водоплавающий, упруго-водонапорный – 3 (Эмировское, Леваневское, Степное); газовый с влиянием упруго-водонапорного – 1 (Солончаковое); водоплаваю-

щий, упруго-водонапорный, водонапорный –1 (Степное); водонапорный, упруго-водонапорный – 1(Сухокумское).

По литологическому типу коллекторов выделены: песчаники – 9, кварцевые песчаники – 7; известняки –5, оолитово-обломочный известняк – 1, известняк карбонатный – 2, известняки с прослойками аргиллитов – 1, известняк доломитизированный – 1, доломиты – 6, доломиты с преобладанием кавернозных известняков – 1, песчаники и алевролиты –2; смешанного типа: песчаники, известняки доломитизированные – 2, рифогенные карбонаты-1.

Типы коллекторов по общей пористости выделены: трещинно-поровые –13, поровые – 10, порово-трещинно-каверновые –5, порово-каверновые –2; трещинно-каверновый – 7, трещинные –1.

По ФЕС: средняя общая пористость отложений варьирует от 0,7 до 22,9%, а проницаемость – 0,00002-0,83мкм².

В **стратиграфическом** отношении залежи **нефти** размещаются в следующих интервалах глубин испытаний: по меловым отложениям – 3203-3648; по юрским – 3200-3873; по триасовым – 3841-4970.

Нефтегазоконденсат. По меловым отложениям – 3222-3711; по юрским – 3150-4158; по триасовым –3751-4543.

Газоконденсат в интервалах испытаний по нижнемеловым и юрским отложениям – 3426-4153 (3 месторождения: Соляное, Дахадаевское, Степное); по триасовым – 4345-4551 (Южно-Буйнакское, Гаруновское).

Ниже приводится количественная (площадная) характеристика положительных структур месторождений УВ (табл.2).

Таблица 2.

Количественная (площадная) характеристика положительных структур УВ ПНГО по их фазовому состоянию

№ №	Нефтяные месторождения	Количество структур/общая площадь, км ²	Нефтегазоконденсатные месторождения	Количество структур/общая площадь, м ²	Газоконденсатные месторождения	Количество структур/общая площадь, км ²
1.	Ю. Сухокумск	6/50,39	Р.Хутор (Ц)	2/53,9	Соляное	1/1,313
2.	Мартовское	2/12,03	Катранное	1/1,12	Дахадаевское	3/10,37
3.	Восход	3/9,9	Сухокумское	5/15,075	Степное	2/5,91
4.	Октябрьское	2/7,25	Майское	3/5,55	Южн. Буйнакское	2/4,755
5.	Перекрестное	3/28,35	Леваневское	2/3,41	Гаруновское	1/4,185
6.	Эмировское	1/0,96	Тюбинское	2/4,0		
7.	Зап. бажиган	1/3,0	Вост. Сухокумск	1/1,925		
8.	Граничное	3/9,8	Равнинное	1/22,0		
9.	Капиевское	2/10,94	Солончаковое	2/10,05		
10.	Центральное	2/5,65	Юбилейное	2/20,0		
11.	Сев. Юбилейное	1/6,0	Тианетское	2/2,0656		
12.	Таловское	1/5,65				
13.	Ю. таловское	2/9,19				

14.	Кумухское	3/21,28			
15.	Рифовое	2/0,9			
16.	Вост. Юбилен	1/1,05			
17.	Раздольное	2/1,77			
18.	Наказухское	3/455			
19.	Ю. Кумухское	1/1,625			
20.	Казбековское	1/1,125			
21.	Озерное	—			
ИТОГО		42/191,34		23/139,1	9/26,53

Таким образом, в результате анализа месторождений и залежей УВ ПНГО выявилось месторождений: нефти – 21, нефтегазоконденсата – 11, газоконденсата – 5.

Площадь нефтеносных структур составляет 191,34 км², нефтегазоконденсатных – 139,1 км², газоконденсатных – 26,53 км².

В *Предгорном Дагестане*, характеризующемся четко выраженной складчатостью всего осадочного чехла, площадное размещение месторождений УВ связано с антиклинальными зонами. Ловушками для залежей нефти и газа служат локальные поднятия, осложненные тектоническими элементами первого порядка. Дифференциация залежей по ловушкам в разновозрастных горизонтах связана с их гипсометрическим положением в системе контролирующего тектонического элемента.

В мезозойских отложениях Предгорного Дагестана открыты 13 месторождений УВ (Рис. 1), из них: 2-нефтяных, 5-газоконденсатных, 2-газовых, 4-нефтегазовых. Промышленно нефтегазоносны палеогеновый, верхнемеловой и нижнемел-верхнеюрский комплексы. в которых установлены 30 залежей, из них: 12 залежей – в палеогеновых, 9 – в верхнемеловых, 7 – в нижнемеловых и 2 – в верхнеюрских отложениях.

Большая часть залежей, связанная с терригенными отложениями нижнего мела, полностью обводнены.

Верхнемеловой нефтегазоносный комплекс является основным по своей промышленной значимости. К нему приурочено 8 месторождений, из них 6 – газоконденсатных, 2 – нефтяных.

Все залежи верхнемелового комплекса заключены в сводовых ловушках и относятся к плстово-массивному типу. Коллекторские свойства верхнемеловых известняков обусловлены наличием в них большого количества трещин и каверн как катагенного, так и тектонического происхождения. Карбонатные породы занимают существенное место среди пород-коллекторов по распространенности и своему значению, которые принципиально от терригенных, прежде всего большей изменчивостью своих свойств и небольшим количеством породообразующих минералов. В таких коллекторах отмечаются все виды пустот, которые в зависимости от времени возникновения могут быть первичными (седиментационными и диагенетическими) и вторичными [1].

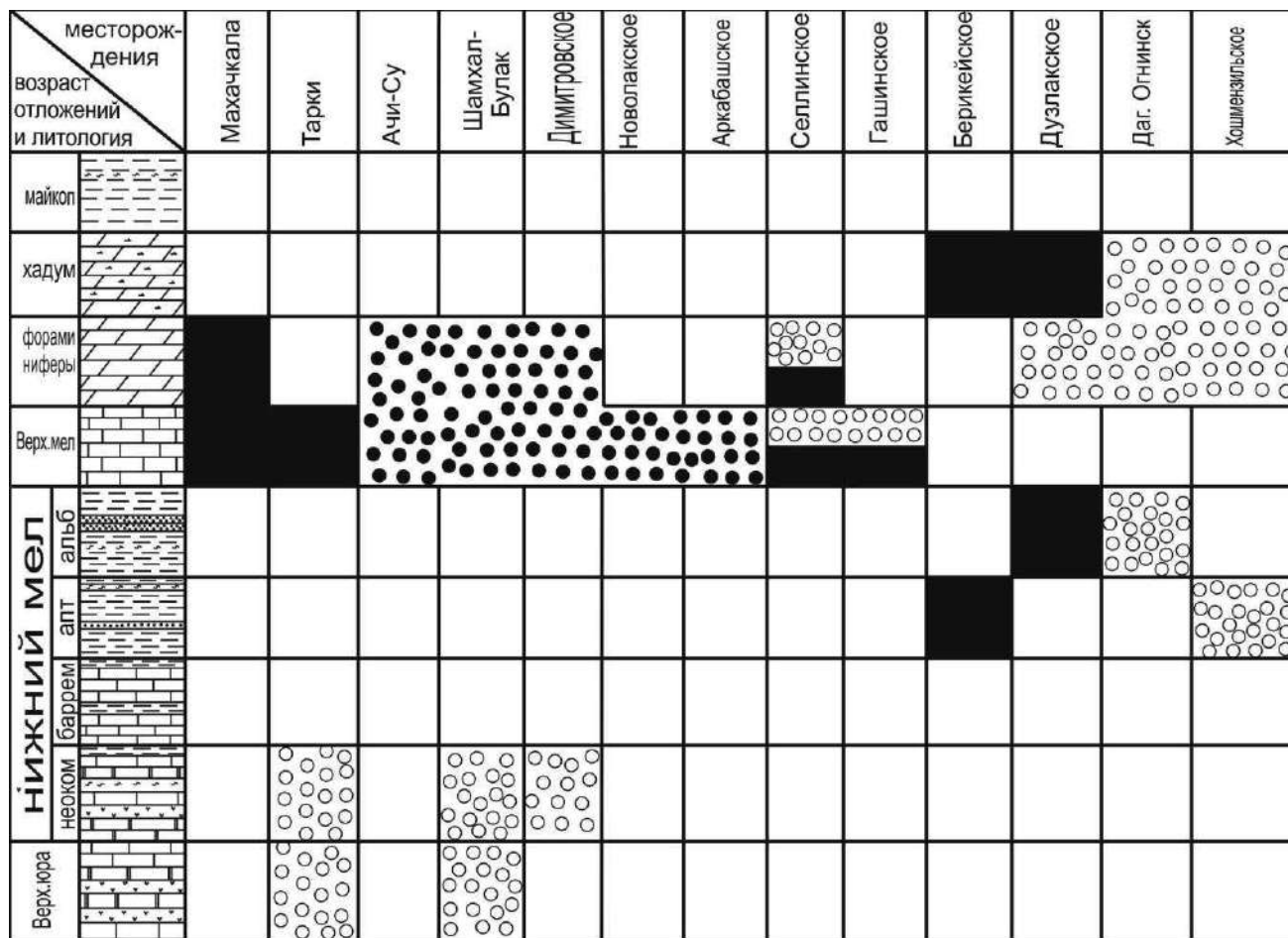
Практика геологоразведочных работ в Предгорном Дагестане показала, что основным критерием для выявления и подготовки к бурению перспективных структур остаются сейсморазведочные работы. Однако, резкая дисгармоничная складчатость мезозойских отложений относительно моноклинально залегающих неогеновых слоев. Сложное строение мезозойских отложений, обусловленное наличием систем продольных разрывов и тектонических нарушений затрудняют однозначную интерпретацию геолого-геофизических материалов и не дают объективную характеристику блоково-пликативным формам дислокаций, в которых выделяются отдельные самостоятельные блок-структуры. Установлено, что практически все изолированные

структуры, связанные со сквозными (Махачкала, Ачи-Су, Сели, Гаша) или погребенными (Димитровское, Шамхал-Булак) ловушками содержат залежи УВ. Дальнейшее применение современных высокоточных методов сейсморазведочных работ с комплексной увязкой их с данными бурения позволит обоснованно подойти к выбору кондиционных объектов для постановки буровых работ.

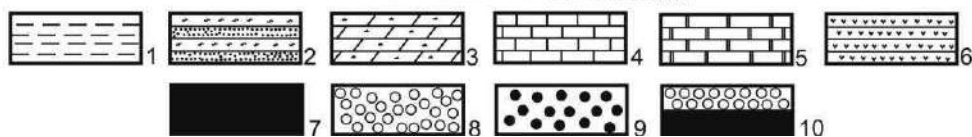
Газоносность **верхнеюрско-неокомского** комплекса установлена на 2 месторождениях: Шамхал-Булак и Димитровское. Открытые залежи сосредоточены в трещиновато-кавернозных известняках и доломитах. Форма ловушки – антиклинальная, тип залежи – массивный.

Палеозойские (?) отложения вскрыты единственной параметрической скважиной «Миатлы» в своде Хадумского купола на глубине 2198м.

Выполненные исследования на базе собранного фактического материала по разрабатываемым месторождениям Дагестана и отдельным тектоническим зонам, позволили составить схемы ранжирования месторождений по стратиграфическому размещению залежей, фазовому состоянию, промышленным характеристикам, наметить возможности по установлению зон и скважин с целью вовлечения продуктивных пластов в разработку.



Условные обозначения



1 – глины; 2 – алевролиты, песчаники; 3 – карбонатные мергели; 4 – известняки; 5 – доломиты; ангидриты; залежи: 7– нефтяные; 8 – газовые; 9– газоконденсатные; 10 – нефте газовые.

Рис. 1. Схема стратиграфического размещения залежей УВ в мезозойских отложениях Предгорного Дагестана (составлена Шалбузовой Л.В., Меликовым М.М.).

Таблица 3.

Критерии типизации месторождений УВ мезозойских отложений Предгорного Дагестана

№ №	Название месторождения	Тип залежи и режим разработки	Стратиграфическое размещение и продуктивные интервалы, м	Фазовое состояние УВ	Литологический тип коллектора; общая пористость (m, %); проницаемость (k, мкм ²)
1.	Берикейское	Пластово-свод, упруго-водонапорный	Палеоген – 409-413; нижний мел (апг), 973-980	н	Мергели карбонатные; Алевролиты глинистые. Трещинно-каверновый; m – 8,5-17,7; k – 0,1
2.	Дузлакское	Пластово-свод, водонапорный	Палеоген – 350) Ниж. мел (альб) – 630-700	нг	Мергели, алевролиты трещинно-поровый; m – 5-18; k – 8
3.	Даг.Огни	Пластово-сводо-вый, упруго-водонапорный	Палеоген – 257-387 Нижний мел – 455-457	г	Мергели, песчаники, глины с просл алевролитов; трещинно-поровый; m – 16-18; k – 0,6-6,0
4.	Хошмензильское	Пластово-сводовая упруго-водонапорн	Палеоген – 523-562 Нижний мел – 755-788	г	Трещиноватые мергели. Глинистые алевролиты, трещинный m – 29,5; k – 1,0
5.	Селлинское	Пластовый, водонапорный; Массивный, упруго-водонап.	Палеоген Верх. мел – 1270-1387	нг	Мергели и известняки трещиноватые; трещинный; m – 1,4; k – 107
6.	Гашинское	Массивный, упруго-водонапорный	Верхн. мел – 3050-3101	нг	Известняки; трещинный m – 0-2,42 k – 2,5-195,0
7.	Ачисинское	Массивный, упруго-водонапорный	Верхн. мел – 3153-3276	гк	Известняки трещиноватые; трещинный; m – 10-28; k – 5-600
8.	Махачкалинское	Массивный, упруго-водонапорный	Верхн. мел – 3513-3644	н	Известняки трещиноватые; трещинный; m – 0,83; k – 9-12
9.	Таркинское	Массивный, упруго-водонапорный	Верхн. мел – 3753-3688 Нижний мел (неоком) – 4110- 4140 Верхн. юра – 4327-4427	н	Известняки трещиноватые; Доломиты, алевролиты, ангидриты; трещинный m – 0,82; k – 10-13
10.	Димитровское	Пластово-водовый, массивный, газовый	Верхн. мел 3501-3830 Нижний мел (неоком) – 3830- 4177	гк	Известняки трещиноватые и алевролиты; трещинный m – 0,17; k – 2,0
11.	Шамхалбулакское	Пластово-сводовый, га-	Верхн. мел – 2656-2804	гк	Известняки трещиноватые Доломиты, ангидри-

		зовый	Верхн. юра – 3281-3308		ты; трещинный m – 0,87; k –10-12
12.	Новолакское	Массивный, упруго-водонапорный	Верхн. мел – 5481-5600	гк	Известняки трещиноватые; трещинный; m – 9-11; k –8-10
13	Аркабаш	Массивный, упруго-водонапорный	Верхн. мел – 5386-5684	гк	Известняки трещиноватые; трещинный m – 9-11; k –8-10

Примечание: н – нефть; гк – газоконденсат; нг – нефтегазовые; г – газы.

По результатам типизации месторождений УВ Предгорного Дагестана выделены по **фазовому состоянию** УВ: *нефтяных* месторождений – 2, *нефтегазовых* – 4, *газконденсатных* – 5, *газовых* – 2 (см. табл.3).

По структурному типу залежей выделены: массивный – 7; пластово-сводовый – 3; смешанного типа: массивный, пластово-сводовый – 3.

По режиму разработки залежей: упруго-водонапорный – 9, водонапорный – 3, газовый – 1 (Шамхал-Булак).

Литологический тип коллектора. Известняки и доломиты трещиноватые – 10, песчаники с прослоями глин – 1 (Даг. Огни), трещиноватые мергели и алевролиты – 1 (Берикей), глинистые мергели – 1 (Хошмензил).

Тип коллектора по пористости. Трещинные – 10, трещинно-поровые – 2 (Хошмензил, Дузлак), трещинно-каверновый – 1 (Берикей).

По **ФЕС** средняя общая пористость отложений варьирует от 0-2,42 (Гашинское) до 29,5% (Хошмензильское), а проницаемость – 0,00001 (Беркейское) – 0,6мкм² (Ачисинское).

В стратиграфическом отношении залежи **нефти** размещаются в следующих интервалах глубин: палеоген-нижний мел – 409-513 (Берикей), верхний мел – 3505 (Махачкала-Таркинское); **нефтяные:** по верхнемеловым отложениям – 1403-3648; 3050-3101; **газовые** по палеогеновым – хадум (455-457) – верхний-средний палеоген – 378; 755-788; **нефтегазовые** – по верхнемеловым отложениям: 3153-3276; 5481-5600; **газоконденсат:** по верхнемеловым отложениям – 3552-3600; 2338-2770.

Таким образом, в результате типизации месторождений Предгорного Дагестана установлено, что приоритетным стратиграфическим комплексом для восполнения сырьевой базы УВ в Предгорном Дагестане являются и остаются верхнемеловые отложения, где в условиях замкнутых структурных ловушках установлены крупные залежи нефти и газа. Для поиска перспективных объектов остается слабо изученная, в структурном отношении, зона фронтального обрамления Дагестанского клина и депрессионные зоны, где в последние годы сейсморазведочными работами выделены перспективные зоны, требующие детализационных работ.

Нижнемеловые и верхнеюрские отложения содержат промышленные залежи газа, но из-за большого содержания в них сероводорода остаются как резервный объект второй очереди.

Таким образом, проведенная типизация месторождений УВ Дагестана выявила следующее количество структур/общая площадь: **нефтеносных** составляет 44/278,94 км², **нефтегазоконденсатных** – 25/212,6 км², **газоконденсатных** – 11/62,23 км², **газонефтяных** – 2/41,0, **газоконденсатных** – 2/35,7; **нефтегазовых** – 1/15 км².

В месторождениях, находящихся в настоящее время в разработке, необходимо предпринять меры по повышению нефтегазоотдачи, включая современные методы и технологии.

Работа выполнена в рамках НИР Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Пирбудагов В.М. Основные результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности Дагестана. Научное обоснование направлений геологоразведочных работ на нефть и газ в Дагестане и сопредельных районах Восточного Предкавказья., Махачкала, 1974, с. 69-74.
2. Буторин Г.Д., Галин В. Д. и др. Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа Предкавказья. Т.IV. Дагестанская АССР, М. Недра, 1980., с. 68-86.
3. Шарафутдинов Ф.Г., Мирзоев Д.А., Алиев Р.М., Серебряков В.А. Геология нефтегазовых месторождений Дагестана и прилегающей акватория Каспийского моря. Махачкала, 2001, 297 с.
4. Буторин Г.Д, Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г. К вопросу о глубинном строении мезозойских отложений Дагестана. Бюл. Москов. об-ва испыт. природы. Отд. Геологии, 1985 г, Т. 60, вып.4.

УДК 553.435 (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-17-22

ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ЭКСПЛОЗИВНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ БУГЛЕНСКИХ ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРОВ

*Мацапулин В.У., Тулышева Е.В., Исаков С.И.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Одной из разновидностей эндогенных образований установленных в Дагестане являются продукты гидротермально-эксплозивных процессов. Для последних характерны образующиеся при взрыве брекчии. Это отмечается в слабосцементированных песчаниках среднего миоцена, меловых известняках. В литературе отмечается связь полезных ископаемых с подобными процессами, что обуславливает их перспективность как металлогенических структур.

Ключевые слова: брекчия, песчаники, известняки, флюиды, гематит, железистые образования, эксплозия

HYDROTHERMAL-EXPLOSIVE FORMATIONS OF BUGLEN SAND QUARRY

*Matsapulin V.U., Tulysheva E.V., Isakov S.I.
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, RAS*

One of the varieties of endogenous formations found in Dagestan are the products of hydrothermal-explosive processes. The latter are characterized by the breccias formed during the explosion. This is noted in poorly cemented sandstones of the Middle Miocene, chalk limestones. In the literature, there is a connection between minerals and similar processes, which makes them promising as metallogenic structures.

Keywords: breccia, sandstones, limestones, fluids, hematite, ferruginous formations, explosion

Бугленские песчаные карьеры расположены недалеко к северо-западу от сел. Буглен в караганских (нижний миоцен) песчаниках. Это два карьера старый и новый заложены они на левобережье р. Бураган-Озень (левый приток р. Шура-Озень)[1]. В них обнаружены проявления гидротермально-эксплозивных процессов. Старый карьер в его южной стенке, сложенной песчаниками выделяется ослабленная тектоническими процессами зона протяженностью 20 м, сложенная белыми дробленными песчаниками, что хорошо ее маркирует. Зона по мощности увеличивается до 1,5-2 м в восточном направлении. По краям зоны отмечается тонкий прослой ожелезнения. В отдельных местах встречаются прожилки, отмеченные кварцево-песчаным материалом, отороченные железистыми минералами. Создается впечатление, что последний нагнетался при образовании зоны. В песчаных свалах южной стенки карьера отмечаются редкие тела, сложенные гематитом. Это булавовидные, гантелеподобные, конкреционнообразные образования. Вся зона в восточном направлении выходит к провалу в земной поверхности, что, видимо, обусловлено выходом ее на поверхность. Вся описываемая зона это были тектонические трещины, по которой внедрялся дробленный, промытый кварцевый материал. Это стало ясно, когда была установлена ее незначительная мощность при зачистке песков бортов карьера бульдозером. В днище карьера, заваленным песком, каких-либо образований не отмечено (рис. 1).

Новый карьер расположен рядом со старым, к востоку от него. Поскольку он разрабатывающийся его строение и особенности выделялись во времени по мере отработки песка. Вначале был установлен разрез западной части южного борта в восточном направлении, документация велась в течении нескольких лет. Это был своеобразный мониторинг гидротермально-эксплозивного проявления.

В западной части это разрез (рис. 2), на котором выделяются его песчано-глинистые, песчано-железистые породы. Причем эти пласты не образования осадочных отложений, а пласты, возникшие путем нагнетания флюидами осадочного материала в горизонтальном направлении,

что хорошо заметно в полевых условиях. Особенно горизонт дробленных песчаников белого цвета в основании разреза. [2]



Рис. 1. Старый песчаный карьер. Ослабленная зона по которой выделен «пепловый материал» - кварцевый дробленный песок белого цвета. Караганские песчаники



1- почвенно-растительный слой, 2 – песчаные рыхлые отложения пропитанные гидроксидами Fe, 3 – светлые глинистые породы, 4 – песчаные породы, 5 – светлые глинистые породы, 6 – глины зеленоватого цвета, 7- железненные песчаные породы, 8 – тонкослоистые песчаники интенсивно трещиноватые, трещины заполнены белым рыхлым кварцевым материалом

Рис. 2. Буглен, новый песчаный карьер, южная стенка карьера

Северо-восточнее этого разреза в днище карьера отмечаются тектонические трещины, выполненные железистым материалом, перемежающимся с телами дробленных песков. Мощность трещин составляют до 5-10 см. Выделяются участки, выполненные глинисто-железистым материалом, в которых края обогащены железом, а середина представлена глинистым веществом.

Эти трещины, видимо, проходят к части разреза, описанного выше и были подводными каналами для флюидов, формировавшим взрывчатые тела разреза.

В свалах этой части южного борта карьера отмечены единичные образования трубчатых тел, стенки труб которых сложены гематитом, а внутри трубы песок, аналогичный вмещающим породам. Стенка трубы достигают мощности 2-3 см, а мощность самой трубки – до 30 см в диаметре. Отмечаются обломки гематитовых образований выделяющихся в трещинах, обломки пород, в которых кварцевый песок цементируется гематитом (рис. 3).



Рис. 3. В свалах обнажения установлен фрагмент трубообразного гематитового тела. Буглен, новый песчаный карьер.

Далее к востоку выделяется тело (рис. 4), сложенного белым дробленным кварцевым песком мощностью до 40 м, высота обнаженного столба составляет – 20 м.



Рис. 4. Новый песчаный карьер, с. Буглен, заложен в караганских кварцевых песчаниках, южная стенка карьера, белые дробленные песчаники - взрывная брекчия, 20×40 м.

Четко видна наложенная природа этого тела, насколько оно продлевается вглубь песчаных отложений мы не знаем, т.к. это направление еще не вскрыто карьером. В днище карьера подводящих каналов или других каких-либо структур не отмечено, поскольку дно засыпано песком и скрыто от глаз наблюдателя. Верхняя часть этого тела перекрывается тонким почвенно-растительным слоем с железистым материалом. В целом если брать южный борт песчаного карьера, то в верхней его части отмечается увеличение железистого материала, отмечаемого усилением буро-красного цвета. Эта особенность, видимо, связана с тем, что при эксплозии, первые порции ее флюида были насыщены железом.

В одно время при документации карьера, было отмечено оседание песков по всей окружности горной выработки. Это было принято нами за следы якобы проводимых взрывных работ. Позже выяснилось, что карьер отрабатывается без применения взрывных работ – только экскаватор и бульдозер. Значит образовавшийся обвал песков - проявление естественного взрыва (эксплозии) в толще песков, образовавшийся еще при прохождении эксплозии на данном участке.

В 2019 году отработка карьера продолжилась в восточном направлении. При этом были вскрыты еще два тела дробленых песков белого цвета. Это линзовидные тела имеющие склонение к востоку размером 15-20×5-8 м. Таким образом, вскрытая часть разреза, представленная белым дробленным кварцевым песком на карьере, составляет в настоящее время порядка 60-80 м.

Железистый материал трубчатых образований в песчаниках отмечается в литературе [2], а трубчатые тела, сложенные сульфидами отмечаются на некоторых колчеданных месторождениях Урала.

Гидротермально-эксплозивные процессы карьеров на территории Дагестана встречены нами впервые. В последующем консультации во ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) помогли нам разобраться, что это продукты гидротермально-эксплозивных образований, а дробленный кварцевый песок – эта брекчия, образующаяся при взрывах. Подобные брекчии в настоящее время установлены и на других проявлениях гидротермально-эксплозивных процессов. Таких как сел. Нижнее Казанище, расположенного рядом (к югу) с Бугленскими карьерами. Но само тело образования отличается. Оно представлено тектонической зоной, в которой одна ветвь располагается по контакту слоев осадочных пород, а другая зона залегает вертикально и пересекает первую зону. В тектонических полостях этих структур выделяются участки сложенные глинисто-железистым материалом, другие дробленным кварцевым песком. Верхняя часть первой зоны представлена разноориентированными глыбами до 1.5-2.0 м. Последние может быть признаком эксплозивных процессов. Т.к. если бы это был результат тектонических движений, то глыбы имели бы четко ориентированную направленность. В начале первой зоны у проходящей здесь дороги отмечается участок в виде окружности с $d = 1,0$ м трещиноватый, трещины выполнены белым дробленным кварцевым песком. Это аналогично прослою начала разреза западной части нового Бугленского карьера.

Брекчии кварцевого песка отмечается также на проявлении эксплозивных процессов, расположенном на Буйнакском перевале (северный склон хребта Нарат-Тюбе). Здесь выделяется участок в виде окружности с $d = 3.0$ м, трещиноватый. Трещины выполнены кварцево-песчаной брекчией. И, наконец, брекчии отмечены в долине речки Истисув в виде маломощной (0,4 м), незначительной протяженности полоска совместно с другими образованиями гидротермально-эксплозивных процессов. Отмеченные проявления гидротермально-эксплозивных процессов развиты исключительно в чокрак-караганских кварцевых песчаниках, характерной особенностью которых является слабая цементация. Они легко крошатся в руках. Это и обусловило возможность образования брекчии по кварцевому песку. Если бы эти песчаники были плотно сцементированы то брекчии по кварцевым зернам не возникали бы. Это были бы обломки разной величины сложенные не монозернами кварца, а породы – песчаников. Как это имеет место при образовании гидротермально-эксплозивных процессов, например, на Цудахарском проявлении в нижнемеловых известняках. Размер, форма брекчии зависит от пород, в которых эти процессы проявлены, расположением от поверхности земли процесса эксплозии – взрыва, мощности взрыва, состава флюидов и др.

В южном Дагестане, на площадях где проявлены вулканогенные образования, вмещающие породы – песчано-глинистые, песчано-аргиллитовые нет пород подобных кварцевой брекчии центрального Дагестана.

Ниже приведена таблица 1 с данными минералогических анализов проведенных по железистым горизонтам нового карьера (обр.10-2, 10-5), по образованиям брекчиевидных белых песков 10-10 – пласты белого песка, 10-2(10) – прожилки дробленного белого кварца песчаного

карьера; 10-12 – кварцевый брекчиевый песок Буйнакского перевала и гидротермально-эксплозивного проявления долины р. Шура-Озень; для сравнения провели минералогические определения караганского песчаника долины р. Шура-Озень (10-26).

Из сопоставления минералов видно, что эти образования разнятся в основном по минералам легкой фракции. Так верхние два горизонта нового карьера отличаются высоким содержанием ожелезненных обломков (27,56-34,05), это свидетельствует что, первые порции эксплозивных флюидов были интенсивно обогащены железом. Все проявления песчаных брекчий характеризуются повышенным содержанием халцедона (15,88-35,78), что выделяет их среди осадочных песков – в песках долины р. Шура-Озень халцедона не отмечено. Широкое развитие халцедона отмечается также в гидротермально-эксплозивных образованиях долины р. Истисув.

Таблица 1

**Минералогический состав эндогенного материала проявлений Буглена,
Буйнакского перевала, долины р. Шура-Озень**

№№ п/п	Номера проб/ минералы	10-2	10-5	10-10	10-2 (1)	10-12	10-47	10-26
1	Ильменит	0,1559	0,9131	0,0713	0,0978	0,0716	0,0403	0,1495
2	Рутил	0,0523	0,0681	0,0192	0,0331	0,0336	0,0055	0,0532
3	Лейкоксен	0,0034	0,0017	0,0021	0,0036	0,0045	0,0019	0,0036
4	Анатаз	0,0017	0,0017	0,0023	0,0009	0,0018	0	0,0018
5	Сфен	0,0123	0,0078	0	0,0063	0,0065	0	0,0093
6	Хромит	0,0001	0,0417	0,0025	0,0026	0,0056	0,0026	0
7	Циркон	0,1719	0,1335	0,0209	0,0597	0,0568	0	0,1107
8	Гранат	0,0270	0,5626	0,0332	0,0316	0,0272	0,0138	0,4499
9	Дистен	0,0112	0,0275	0,0048	0,0128	0,0195	0	0,0308
10	Ставролит	0,0481	0	0,0186	0,0164	0,0381	0,0031	0,0668
11	Турмалин	0,0281	0	0,0144	0,0091	0,0081	0,0041	0,113
12	Лимонит	0,0010	0,0334	0,0162	0,0185	0,0181	0,0287	1,4021
13	Цоизит	0,0008	0	0	0	0,0122	0	0
14	Эпидот	0,0022	0	0,0042	0,0021	0	0	0,0002
15	Апатит	0,0004	0,0090	0,0009	0,0057	0,0081	0	0,0113
Сумма тяжелой фракции		0,6	1,8	0,2	0,4	0,4	0,2	2,4
16	Кварц	49,0934	49,5168	72,606	67,7136	70,6572	52,0724	71,790
17	Полевой шпат	13,7806	10,7026	11,899	11,9150	9,9169	12,0374	14,492
18	Ожелезненные обломки	27,5612	34,0537	0	0	0	0	4,8308
19	Окремненные обломки	7,1364	3,0231	0	0	0	0	2,0013
20	Мусковит	0,0100	0,0099	0	0,0101	0	0,0102	0
21	Биотит	0,0102	0,0101	0	0	0	0,0104	0
22	Халцедон	0	0	15,2850	15,3193	19,1254	35,7897	0
23	Карбонат	1,8280	0,9035	0	0,9220	0	0	0,2243
24	Глауконит	0	0	0	3,8298	0	0	0
Сумма легкой фракции		99,4	98,2	99,8	99,6	99,6	99,8	97,6

Примечание - пробы 10-2, 10-5 – новый песчаный карьер Буглена, отложения слагающие разрез на рис. 1. 10-10 – здесь же пласт, сложенный кварцевым песком белого цвета; 10-2(1) – прожилок сложенный белым кварцевым песком; 10-12 – Буйнакский перевал, кварцевый песок белого цвета; 10-47 – кварцевый песок белого цвета долины р. Шура-Озень; 10-26 – проба кварцевого песка карагана долины р. Шура-Озень.

В таблице 2 приведены состав железистых минералов по данным гамма-резонансной (мёссбауэровской) спектроскопии, в %.

Альфа-железо (α -Fe) и вюстит минералы характерные для метеоритов. К ним относятся Челябинский метеорит и шлик из балки Кубачи. В этих космогенных объектах, видимо, отмечаются два типа метеоритов: с большим количеством α -Fe – шлик Кубанской балки и отсутствием его – Челябинский метеорит. А в целом материалы спектроскопии свидетельствуют об эндогенной природе железа в опробованных проявлениях, что соответствует геологическим представлениям о них.

Таблица 2

Распределение Fe по фазам (обработка по двум стат. эквивал. моделям)

№ № п/п	Доля в спектре образца, % минеральные формы Fe	Буглен	Эрпели- Озень	Цудахар	Шалбуздаг	Кубачи, сухая балка	Челябин- ский метеорит
1	FeOOH+FeOnH (гетит)	49.5	71,0	97,5	50,4	0,0	65,8
2	Fe ₂ O ₃ (гематит)	0.0	0,0	0,9	0,6	14,3	24,5
3	Fe ₃ O ₄ (магнетит)	48.3	1,96	1,6	40,1	0,0	9,7
4	α Fe (альфа-железо)	1.7	6,2	0,0	0	85,7	0,0
5	FeO (вюстит)	0.6	3,2	0,0	0	0,0	0,0

С гидротермально-эксплозивными процессами в литературе связывают полезные ископаемые – полиметаллы, золото, ртуть и др. Они могут иметь значение и на Северном Кавказе, в том числе и в Дагестане.

Работа выполнена в рамках НИР Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Акаев Б.А., Атаев Б.С. и др. Физическая география Дагестана. Махачкала. «Школа», 1996. 382 с.
2. Черкасов Г.Н. Следы послетриасового вулканизма на Сибирской платформе //Геология и геофизика, № 4, 1979. С. 154-160.

УДК 55.3179

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-23-32

ОТРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РОССИИ НА
ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ФЛЮИДОВ
В АЗЕРБАЙДЖАНЕ (ДАГЕСТАН - 03 МАЯ 2017 г.)

Керамова¹ Р.А., Гулиева¹ Ш.О., Магомедов² Х.Д., Адилов² З.А.

¹Республиканский центр Сейсмологической Службы
при Национальной Академии Наук Азербайджана;

²Единая геофизическая служба РАН

В представленной работе отражены результаты, которые получены в Азербайджане с целью выполнения дистанционного, оперативного прогноза землетрясений на основе круглогодичного мониторинга сейсмогеодинамического режима флюидов (СФГД). Это стало возможно после разработки, тестирования и внедрения в работу в течение 2008-2020 гг. двухавтономных “Автоматизированных технологий №1 (“*Identfire*” – 2008 г.) и №2 (“*Autolog*” – 2014 г.) для оперативной оценки сейсмической обстановки ($m \geq 3.0$) в конкретном регионе, а также - дистанционного, оперативного прогноза сильных землетрясений ($m_b \geq 5.5$) в любом регионе мира, только на основе СФГД-мониторинга в Азербайджане”. За их разработку авторами (Керамова Р.А., Аббаслы О.А.) 10 января 2019 г. были получены два свидетельства за №10565 и №10566. Впервые одновременно определяются “диапазоны-интервалы” параметров очага: координаты, магнитуды, глубины, времени оставшегося до реализации прогнозируемых землетрясений.

Подтверждением корректности и достоверности этих исследований является приведенный ниже материал. Он отражает результаты дистанционного, оперативного прогноза из Азербайджана за 12 дней до реализации опущенного землетрясения на территории России в 2017 году (Республика Дагестан: 03.05.2017; $m_b = 5.4$).

Ключевые слова: землетрясение, мониторинг, прогноз, оперативный, дистанционный, сейсмогеодинамический режим флюидов (СФГД).

REFLECTION OF THE PROCESS OF PREPARATION STRONG EARTHQUAKES IN RUSSIA,
BASED ON THE MONITORING OF SEISMOGEOLOGICAL REGIME OF THE FLUIDS
IN AZERBAIJAN (DAGESTAN - May 03, 2017)

Keramova¹ R.A., Guliyeva¹ Sh.O., Magomedov² Kh.D., Adilov² Z.A.

¹Republican Seismic Survey Center of Azerbaijan National Academy of Sciences

²Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences

This paper reflects the results obtained in Azerbaijan for the purpose of performing an operational earthquake forecast based on the year-round monitoring of the seismogeodynamic regime of the fluids (SFGD). This became possible after the development, testing and integration during 2008-2020 of two autonomous “Automated technologies No.1 (“*Identfire*” - 2008) and No.2 (“*Autolog*” – 2014) for operational assessment of the seismic situation ($m \geq 3.0$) in a concrete region and a distant, operational forecast of the strong earthquakes ($m_b \geq 5.5$) in any region of the world only on the basis of SFGD monitoring in Azerbaijan”. For their development by the authors Keramova R.A., Abbasly O.A. on January 10, 2019 were received two certificates for No.10565 and No.10566.

One of the results confirming the correctness and validity of these researches is the material provided below. It reflects the results of a remote, operational forecast from Azerbaijan 12 days before the realization of a significant earthquake on the territory of Russia in 2017 (Republic of Dagestan: 03.05.2017; $m_b = 5.4$).

Keywords: earthquake, monitoring, forecast, operational, distant, seismogeodynamic regime of the fluids (SFGD).

Известно, что энергия, которая выделяется при реализации сильного сейсмического события ($m_b \geq 5.5$), является главной причиной дестабилизации геолого-тектонической среды и, чем выше магнитуда реализованного землетрясения, тем обширнее площадь плейстосейстовой зоны. При этом, процессы, которые наблюдаются в очаге, фиксируются далеко за его пределами. Например, в опубликованной литературе [1] приведены факты, которые доказали, что подготовка и реализация катастрофического Шамахинского землетрясения (Азербайджан-1902 г.)

сопровождалась аномальным изменением сейсмогидрогеохимических и сейсмогидрогеологических характеристик подземных вод в колодцах, за несколько дней до сейсмособытия, на большом расстоянии от сейсмического очага. Эти аномальные, короткопериодные вариации отразились в температуре, уровне, дебите, цвете, вкусе, газовом и химическом составе подземных вод. Этот факт был зафиксирован не только в различных населённых пунктах Азербайджана, но и в других странах Кавказско-Каспийского региона (Грузия, Дагестан, Чечня и даже на противоположном берегу Каспия – г. Астрахань), которые удалены на расстояние $\Delta=375\div 630$ км.

Таким образом, ещё раз была подтверждена сейсмологическая аксиома: “землетрясение не имеет границ”. Результаты разных исследователей [2-3] неоднократно подтверждали эти факты. Именно они стали фундаментом для разработанных нами, протестированных и внедрённых в РЦСС при НАНА двух автономных “Автоматизированных технологий прогноза землетрясений: №1 (“*Identfire*” – с 2008 г.) и №2 (“*Autolog*” – с 2014 г.) [4-5]. Разработанные технологии состоят из математического и программного обеспечения, которые выполнены на основе автоматизированных экспресс-методов. Они используются для трансрегионального, дистанционного, оперативного сейсмопрогноза в конкретном регионе мира, только на основе круглогодичного мониторинга сейсмогеодинамического режима флюидов (СФГД) в Азербайджане”. В результате этих разработок решены главные задачи сейсмопрогноза: ежедневно, одновременно, для разных по азимуту очагов прогнозируемых землетрясений, определяются “диапазоны-интервалы” параметров очага: координаты, магнитуда, глубина; время, которое осталось до их реализации.

Как известно, Кавказско-Каспийский регион, в пределах которого находятся Россия (Республики Дагестан и Чечня), Азербайджан, Грузия, Армения и прилегающая акватория Каспийского моря, относится к сейсмически активным областям Земли. Сейсмопрогностические исследования здесь впервые были начаты в 80-е годы прошлого столетия и выполнялись как геофизическими, так и сейсмофлюидогеодинамическими (СФГД) методами. Однако, по различным социальным и экономическим причинам, только на территории Азербайджана, в РЦСС при НАНА, удалось сохранить круглогодичное проведение этих исследований. В частности, непрерывный СФГД мониторинг проводится в течение 41 года (1979-2020 гг.) сейсмогеохимическим (СГХ) и сейсмогидрогеодинамическим (СГГД) методами. Сейсмогеохимический мониторинг здесь представлен гидро-, газо- и радиогеохимическими методами. В частности, вначале работ в области сейсмопрогноза (1979-2000 гг.) целью наших исследований были: организация круглогодичной наблюдательной сети, сбор фактического материала и выявление сейсмопрогностических критериев подготовки землетрясений. Однако, уже после реализации сильного Каспийско-Бакинского землетрясения (25.11.2000 г.; $m_l=6.0$; $h=33$ км), целью СФГД исследований (2000-2020 гг.) стало оперативное выявление “опасных” очаговых зон землетрясений в реальном масштабе времени (on-line”) не только в Азербайджане, но и на сопредельных территориях Кавказско-Каспийского региона и Анатолийско-Иранского тектонического блока, а также – в других сейсмоопасных регионах мира [6].

В Азербайджане, к объектам круглогодичного СФГД мониторинга относятся подземные трещинно-жильные и артезианские воды источников и скважин, а также - морская Каспия; газы, растворённые в водах, и эманиции радиоактивных веществ на локальных участках поверхности Земли. Всего 24÷27 объекта в разные годы. Все они расположены в 6-ти сейсмогенных зонах. Регион организации наблюдательной сети включает мегантиклинорий Большого Кавказа (южный и северо-восточный склоны азербайджанской части, а также - его юго-восточное окончание), Талышскую сейсмогенную зону и прибрежную акваторию Каспия в 4-х районах республики (от границы с Россией – Республика Дагестан, с севера на юг: Хачмазский, Сиязаньский, Лянкяранский районы и Абшеронский полуостров). На основе вышеуказанных “Автоматизированных технологий №1 и №2...”, ежедневно выполняются следующие виды исследу-

дований: а) оперативная оценка сейсмической обстановки ($m_l \geq 3.0$) в акватории Каспия и на территории Азербайджана; в) оперативный, дистанционный прогноз сильных землетрясений ($m_b \geq 5.5$) в различных сейсмоактивных регионах мира.

Фундаментом для анализа и интерпретации стала “База данных круглогодичного СФГД мониторинга в Азербайджане” за период 1986-2020 гг. Она отражает результаты режимных вариаций в период подготовки как местных, слабых и сильных землетрясений, так и удалённых, сильных и катастрофических сейсмических событий в разных регионах нашей планеты, которые реализовались в указанный период. Таким образом, накопленный фактический материал является уникальным и не имеет мировых аналогов как по длительности наблюдений и количеству реализованных сильных землетрясений в различных регионах мира, так и по информативности СФГД параметров. Последние являются предвестниками землетрясений, которые реализовались в различных сейсмоактивных регионах мира в течение 1986-2020 гг. Информация о сейсмологических параметрах используется из опубликованных региональных “Каталогов землетрясений” и “Каталога землетрясений, реализованных в мире” [6] (Федеральный Информационный Центр Единой Геофизической Службы Российской Академии Наук - ФИЦ ЕГС РАН (Россия - г. Обнинск).

На основе комплексного анализа вышеуказанных данных, их корреляции с сейсмичностью за указанный период, Керамовой Р. были установлены две важные закономерности: а) короткопериодное ($t=1 \div 7$ дней) изменение концентрации СФГД параметров происходит только на заключительном этапе ($t=1 \div 16$ дней) подготовки как локальных ($m_l \leq 4.0$), так и глобальных (планетарного масштаба) землетрясений ($m_b \geq 6.0$); б) комбинации аномальных параметров стабильны для конкретных очагов землетрясений. Они стали главными постулатами для сертифицированных 15-ти компьютерных программ в вышеуказанных, двух (2) “Автоматизированных технологиях №1 и №2...”. В результате, их применение позволило ежедневно “держать руку на пульсе – прогнозировать учащённое дыхание Земли”: а) определять основные параметры прогнозируемого сейсмического очага - координаты, магнитуда, глубина залегания и время, которое осталось до его реализации; б) одновременно выполнять сейсмопрогноз для очагов землетрясений, имеющих разный азимут. На сегодняшний день, параметры прогнозируемых сейсмических событий определяются в виде “интервала-диапазона” значений. Причём, фундаментом для получения корректного, достоверного результата является впервые разработанный “Атлас сейсмофлюидогеодинамического (СФГД) “портрета” конкретного, реализованного в прошлом, очага землетрясения”. В качестве примера эффективности разработанных технологий, ниже приведены результаты оперативного, дистанционного сейсмопрогноза для конкретной территории России (Республика Дагестан) в 2017 году.

Как известно, в мае 2017 года здесь произошло ощутимое землетрясение. В “Каталоге землетрясений” ФИЦ ЕГС РАН (Россия - г. Обнинск) оно было зарегистрировано со следующими параметрами: 03.05.2017 г.; $m_b=5.4$; $\varphi=42.24$; $\lambda=47.17$; $h=15$ км и получило условное название – “Дагестанское землетрясение 03 мая 2017 года”. Это было второе сейсмическое событие с магнитудой $m_b \geq 5.0$ за последние 50 лет в пределах указанного региона, после сильного “Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года”. Оно произошло с магнитудой равной $M_s=6.6$. Данное сейсмическое событие было наиболее сильным, инструментально зарегистрированным землетрясением в Дагестане, после 1830 г. ($M=6.3$), а землетрясение 2017 года было более слабым ($m_b=5.4$), после 1970 года.

Но прежде, чем привести результаты фактического материала, который отражает достоверность нашего сейсмопрогноза на “Дагестанское землетрясение 03 мая 2017 года”, нужно отметить важный факт: несмотря на то, что сейсмопрогностические исследования в Азербайджане начались только в 1979 г., факт аномального изменения фонового режима в минеральных источниках подземных вод Большого Кавказа, в период подготовки “Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года”, впервые был приведён в 1979 году, в работе Керамовой Р. [7]. В

частности, оказалось, что сероводородные источники “Гала-алты” (горная зона Дивичинского района) и “Тенги-алты” (горная зона Губинского района) относятся к одной сейсмоактивной зоне, которая на северо-востоке Губинского района граничит с Южным Дагестаном. При этом, расстояние между объектами наблюдений в 1970 году и вышеуказанным, Дагестанским очагом, соответствовало $\Delta=281\div 260$ км.

Но вернёмся к сейсмопрогнозу Дагестанского землетрясения, которое реализовалось 03 мая 2017 года. Первые результаты оперативного, дистанционного прогноза на это сейсмособытие были отправлены руководству РЦСС при НАНА в докладных записках сотрудников отдела “Комплексные геохимические исследования” за 12 дней до реализации этого землетрясения. В частности, увеличение напряжённости на сопредельных территориях Азербайджана и России (Республика Дагестан) в период с 24 апреля до 04 мая 2017 года было отмечено в докладных неоднократно. Причём, эти прогнозы были выполнены одновременно разными, вышеуказанными технологиями. Возможное, короткопериодное изменение фоновых значений магнитуды в сейсмической обстановке было спрогнозировано для сопредельных территорий СЗ Азербайджана и ЮЗ Дагестана. В частности, эти результаты были отражены в двух докладных (табл. 1.-2.; рис. 1.): от 24.04.17 г. за № 67 (Технология №2 - “*Autolog*”) - для Гахского района Азербайджана, на период времени: 24.04.-04.05.2017 г., а в № 71 (Технология №1 - “*Identfire*”) – для Южного Дагестана, на период времени: 24.04.-03.05.2017 г. “Диапазон-интервал” магнитуд для прогнозируемых событий был указан одинаковый: $m_l=3.0\div 3.9$. В последующем, детальный анализ данных сейсмопрогноза и реализованных землетрясений, показал, что одно из прогнозируемых сейсмособытий реализовалось в тот же день (24.04.2017), но с более низкой магнитудой, равной $m_l=2.7$. Его очаг находился в 126 км к ЮЗ от г. Махачкала, 20 км к Вост. от г. Тлярата. При сопоставлении реальных и сейсмопрогнозных данных оказалось, что ошибка в расстоянии для докладных, которые были отправлены за период 24-27 апреля варьировала в пределах $\Delta=38\div 80$ км (табл. 1.-2.; рис. 2.).

При этом, интерпретация данных показала, что аномальное изменение концентрации отдельных сейсмогеохимических (СГХ) параметров в период подготовки этого Дагестанского землетрясения достигало $750\div 1200$ % относительно их фоновых значений. Этот процесс начался за 12 дней до основного толчка (03.05.2017 г.). На основе зафиксированных комбинаций СГХ параметров впервые были составлены, ранее разработанные, СФГД “on-line портреты” под условным названием - идентификационные графики (ИГ-1 и ИГ-2) для очага Дагестанского землетрясений, с различной магнитудой ($m_b=2.7\div 5.4$). Они представлены на рис.3. - 4. Как оказалось, расстояние между прогнозируемыми очагами на СЗ Азербайджана (Загатальский и Гахский районы) и реализованным очагом Дагестанского землетрясения 03 мая 2017 г. было определено с небольшой погрешностью, равной всего $\Delta=33\div 41$ км. При этом, основная ошибка относится к прогнозируемой магнитуде: она оказалась ниже ($m_l=3.0\div 3.9$), чем у исследуемого сейсмособытия ($m_b=5.4$).

Данный факт мы объясняем тем, что в период проведения круглогодичного СФГД мониторинга в течение 1979 - 2017 гг., землетрясение с такой магнитудой произошло на территории Дагестана впервые. В частности, СФГД “портрет” этого очага с магнитудой, равной $m_b=5.4$ на тот период времени (24.04-03.05.2017 г.) ещё отсутствовал в созданных нами “Атласах СФГД “портретов” сейсмических очагов для России (Республика Дагестан)”. Тогда, они были разработаны только для магнитуды ($m_b=3.0\div 3.9$).

А теперь рассмотрим результат ежедневного использования сертифицированных “Автоматизированных технологий №1 и №2...” не только для одновременного выполнения сейсмопрогноза очагов землетрясений, имеющих разный азимут, но и прогноза активизации грязевулканической деятельности. Эту работу стали выполнять в РЦСС при НАНА, только с 2014 г., после внедрения в ежедневную работу новой, автономной “Автоматизированной технологии №2 (“*Autolog*”)...”. В качестве одного из примеров, приведём следующий результат. В частно-

сти, ежедневная интерпретация данных круглогодичного СФГД мониторинга флюидов Азербайджана за период времени 24.04.-04.05.2017 г. указала не только на подготовку “Дагестанского землетрясения (03.05.2017; mb=5.4)” и слабых сейсмособытий ($m_l=3.0\div 3.9$) в пределах СЗ Азербайджана.

ТАБЛИЦА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ПРАВИЛЬНОСТИ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ОЦЕНОК СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПО СЕЙСМОГЕОХИМИЧЕСКИМ ПОЛЯМ ФЛЮИДОВ АЗЕРБАЙДЖАНА
02.01.2017 + 03.05.2017 г.

Условные обозначения:

● -реализованное землетрясение;- ● - верный параметр прогноза землетрясения;
● - неверный параметр прогноза.

1. Кавказско-Каспийский регион: а) Каспийское море ($m_l\geq 3.0$; $h\geq 0$ км); Азербайджан ($m_l\geq 3.0$; $h\geq 0$ км); б) $m_l\geq 4.0$; $h\geq 0$ км: Россия-Дагестан, Чечня; Грузия; Армения.

Данные о землетрясениях приведены из Каталога землетрясений, которые опубликованы на сайтах:

<http://www.ceme.gsras.ru> - сайт ФИЦ ЕГС РАН (РОССИЯ – г. ОБНИНСК): $m_b\geq 3.0$
<http://www.seismology.az> - сайт РЦСС ПРИ НАНА: $m_l\geq 3.0$

ВНИМАНИЕ! программа “Identfire” из “Автомат. Технология №1...”, а программа “Autolog” - “Автомат. Технология №2”.
Авторы технологий: - КЕРАМОВА Р.А. (алгоритмы и мат. обеспечение); АББАСЛЫО А. (программное обеспечение).

Таблица 1.

№	ПАРАМЕТРЫ РЕАЛИЗОВАННОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ			ИНТЕРВАЛ - ДИАПАЗОН ПАРАМЕТРОВ ПРОГНОЗИРУЕМОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ				Результаты прогноза: Δ (км) – ошибка в расстоянии между реализованным очагом и прогнозируемым
	Дата, UTC (время - Гринвич)	Местоположение очага	Параметры очага: магнитуда - m_l/m_b ; координаты - φ ; λ ; глубина - h (км)	Дата отправки докладной; её номер; интервал даты прогноза: UTC(время - Гринвич)	Местоположение очага; его приуроченность к сейсмозоне или микрорейсмозоне	Параметры очага: m_l/m_b ; φ - λ ; h км	За сколько дней до реализации	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПРОГРАММА “IDENTFIRE”(ВАРИАНТ №2 от 11.02.2009 г.); ПРОГРАММА “AUTOLOG”(ВАРИАНТ № 14 от 28.07.16 г.)								

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	03.05.17	Россия-Дагестан (30 км к ЮЗ от г. Махачкала 62 км к Ю-ЮЗ от г. Хунзах) (Каталог-Дагестан)	$m_l=4.6$; $m_b=5.4$ $\varphi=42.01$; $\lambda=46.59$ $h=42$	24.04.17 № 67 (Autolog) 24.04.17-04.05.17	Азербайджан - р-н Гах	$m_l=3.0\div 3.9$; $\varphi=41.36\div 41.56$; $\lambda=46.79\div 47.03$; $h=21\div 40$ км	10	<u>Подтвердилось:</u> а) дата реализ. б) координаты - расст. - $\Delta=40$ км в) глубина очага <u>Ошибка - магнитуда</u> ($m_l=3.0\div 3.9$)
				24.04.17 № 71 (Identfire) 24.04.17-03.05.17	Юж. Дагестан - 114 км к ЮВ от г. Махачкала (36 км к Зап. от г. Дербент)	$m_l=3.0\div 3.9$; $\varphi=41.90\div 42.09$; $\lambda=47.75\div 48.02$; $h\leq 40$ км	9	<u>Подтвердилось:</u> а) дата реализ. б) расст. - $\Delta=80$ км в) глубина <u>Ошибка - магнитуда</u> ($m_l=3.0\div 3.9$)
				27.04.17 № 70 (Autolog) 27.04.17-04.05.17	Азербайджан - р-н Загатала; Балакан-Загатала-Гахская МК-С/З	$m_l=3.0\div 3.9$; $\varphi=41.44\div 41.64$; $\lambda=46.55\div 46.79$; $h=10\div 40$ км	8	<u>Подтвердилось:</u> а) дата реализ. б) координаты - расст. - $\Delta=38$ км в) глубина очага <u>Ошибка - магнитуда</u> ($m_l=3.0\div 3.9$)
				25.04.17 № 72 (Identfire) 25.04.17-04.05.17	Азербайджан - р-н Гах (Балакан-Загатала-Гахская МК-С/З)	$m_l=3.0\div 3.9$; $\varphi=41.36\div 41.55$; $\lambda=46.77\div 47.04$; $h\leq 40$ км	9	<u>Подтвердилось:</u> а) дата реализ. б) координаты - расст. - $\Delta=40$ км в) глубина очага <u>Ошибка - магнитуда</u> ($m_l=3.0\div 3.9$)

В короткопериодных аномалиях пространственно-временных вариаций подземных вод одновременно отразился также процесс незначительной активизации грязевулканической деятельности на юго-восточном окончании азербайджанской части южного склона Большого Кавказа, на Абшеронском полуострове, к юго-западу от столицы Азербайджана, г. Баку ($\Delta=35$ км). Этот процесс завершился 02 мая 2017 г. слабым извержением грязевого вулкана “Локбатан”, который азимутально находится в противоположной стороне от вышеупомянутых, реализованных очагов землетрясений в Дагестане.

В докладной записке руководству РЦСС при НАНА за № 64 от 19.04.2017 г. была отражена конкретная информация о подготовке данного события на “диапазон-интервал” времени с 19.04÷29.04.2017 г. После извержения вулкана были проанализированы фактические данные как по реализации данного события, так и сейсмопрогнозные. Результат сравнения показал, что ошибка в координатах составила всего 15 км, а по времени реализации, извержение произошло на 2 дня позже прогноза (см. табл.1. и табл.3.; рис. 5.).

e-mail отправлен: дата - 27.04.2017 время - 16:01:28			Председателю Прогнозной комиссии РЦСС при НАНА. Ген. Директору РЦСС НАНА. д.г.-м.н. Егирмишчи Г.Д. от нач.-ка отдела “Комплексные геохимические исследования”, д.г.-м.н. Керамовой Р.А.						
Докладная записка № 70 от 27.04.2017 г. Оценка сейсмической обстановки по сейсмофлюидодинамическим (СФГД) полям Азербайджана на период: 27.04.2017 – 08.05.2017 г. Регионы: Акватория Каспия и территория Азербайджана									
По результатам круглогодичного СФГД мониторинга за период 12.04.2017-27.04.2017 г. в вариациях полей (гидро-газо-радиогеохимические и гидрогеодинамические) наблюдаются аномальные значения концентрации относительно фоновых уровней для отдельных параметров: ионы рН, Eh, $\Sigma(\text{Na,K})$. Аномалии наблюдаются в СФГД полях на следующих станциях: гх/ст “Шамахи” (Шамахинский р-н), гх/ст “Бёюк-Гамья” (Сизаньский р-н). На остальных станциях значения параметров не превышают фоновые или близки к нему. Интерпретация данных СФГД мониторинга указывает на вероятность возникновения землетрясений в следующих регионах:									
				Параметры очага прогнозируемого землетрясения на период времени: 27.04.2017 – 08.05.2017 г.					
				Диапазоны (интервалы)					
№ п/п	Процент совпадения с эталонами, %	Название очага и микросейсмозоны	Значение диапазона (min/max)	Координаты		Дата реализации прогнозируемого земл-я	Время оставшееся до реализации земл-я твр (дни)	Магнитуда (ml/mb)	Глубина км (h)
				φ	λ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	40	Азербайджан - р-н Загатала (Белакан-Загатала-Гахскаяжк-с/з)	min	41.44	46.55	27.04.2017	0	ml = 3.0	10
			max	41.64	46.79	08.05.2017	11	ml = 3.9	40
Начальник отдела “Комплексные геохимические исследования” РЦСС при НАНА, д.г.-м.н. <i>Керамова</i> Керамова Р.А. Инженер отдела “Комплексные геохимические исследования” РЦСС при НАНА, <i>Гуллаева</i> Гуллаева Х.М.									
Таблица 2. Табличный формат “Автоматизированной технологии № 2 (“Autolog”) для оперативной оценки сейсмической обстановки в конкретном регионе на основе СФГД мониторинга в Азербайджане”.									

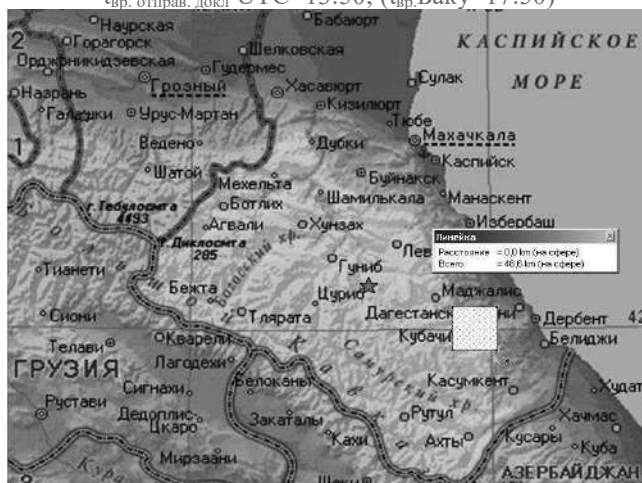


Подтверждение сейсмопрогноза на землетрясение, которое было реализовано
24.04.2017 – Восточный Кавказ (Россия – Республика Дагестан)
 $m_b=5.4$; $\varphi=42.24$; $\lambda=47.17$; $h=15$ км

Параметры реализованного землетрясения представлены на сайте: <http://www.ceme.gsras.ru>
ФИЦ ЕГС РАН (Россия - г. Обнинск) от 03.05.2017

Сейсмопрогноз сделан оперативным, дистанционным методом из Азербайджана на основе "Комплексной автоматизированной технологии №1 ("Identfire") и данных круглогодичного мониторинга сейсмогеодинамического режима флюидов (СФГД) в Азербайджане" (авторы: Керамова Р.А.; Аббаслы О.А.). Он был представлен руководству РЦСС при НАНА в "Докладной записке":

№ 71/01 от 24.04. 2017 г. на период времени: 24.04.17-03.05.17
 $t_{\text{прогн}}=0 \div 12$ дн; $m_b=3.0 \div 3.9$; $\varphi=41.90 \div 42.09$; $\lambda=47.75 \div 48.02$; $h \leq 40$ км
 $t_{\text{вр. отпр. докл}} \text{ UTC}=13:50$; ($t_{\text{вр. Баку}}=17:50$)



Условные обозначения:

★ - местоположение реализованного очага землетрясения:
(24.04.2017; Россия - ЮЗ Дагестан).



- область прогноза от (24.04.2017; Россия - Юж. Дагестан).

Рис. 2. Карта с расположением прогнозируемого очага землетрясения и реализованного очага.

Расстояние от объектов мониторинга до очага землетрясения равно $\Delta=115 \div 410$ км.

Расстояние между реализованным очагом землетрясения и областью прогноза равно $\Delta=48$ км к СЗ от области прогноза.

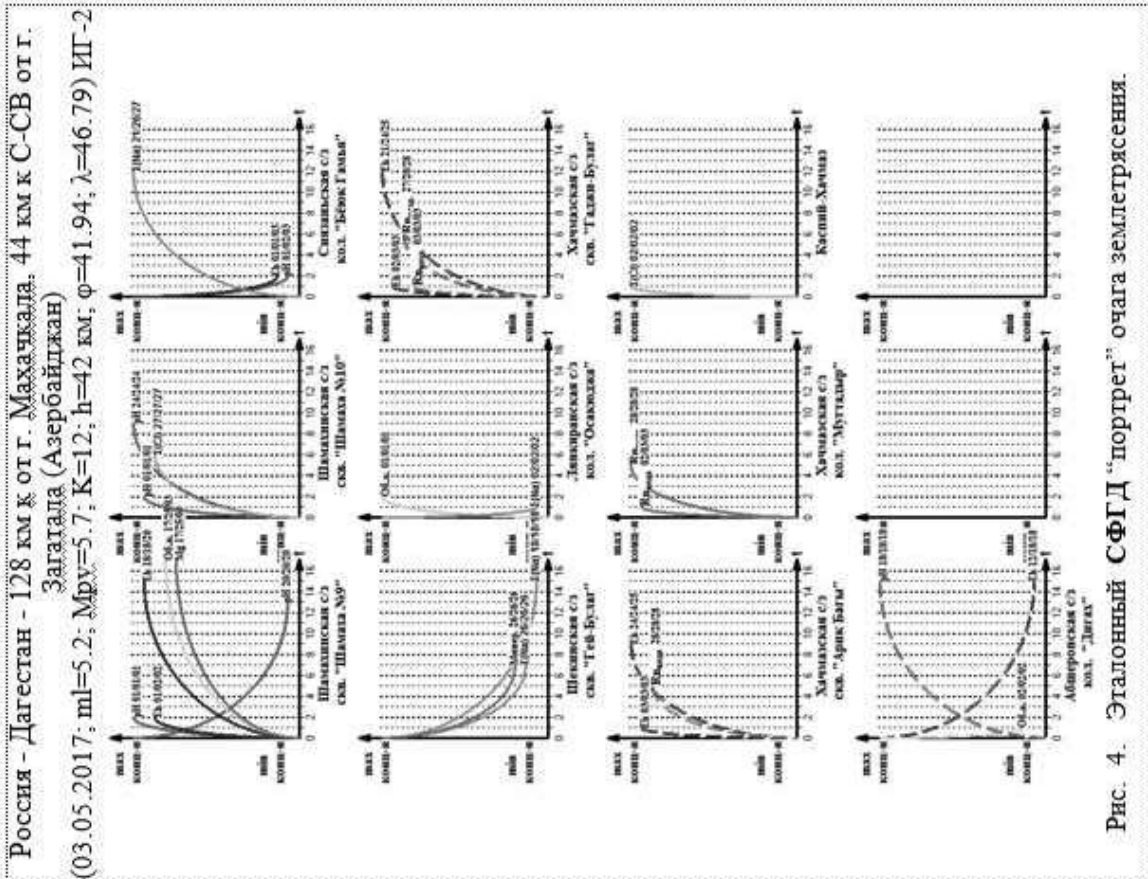


Рис. 4. Эталонный СФГД "портрет" очага землетрясения.

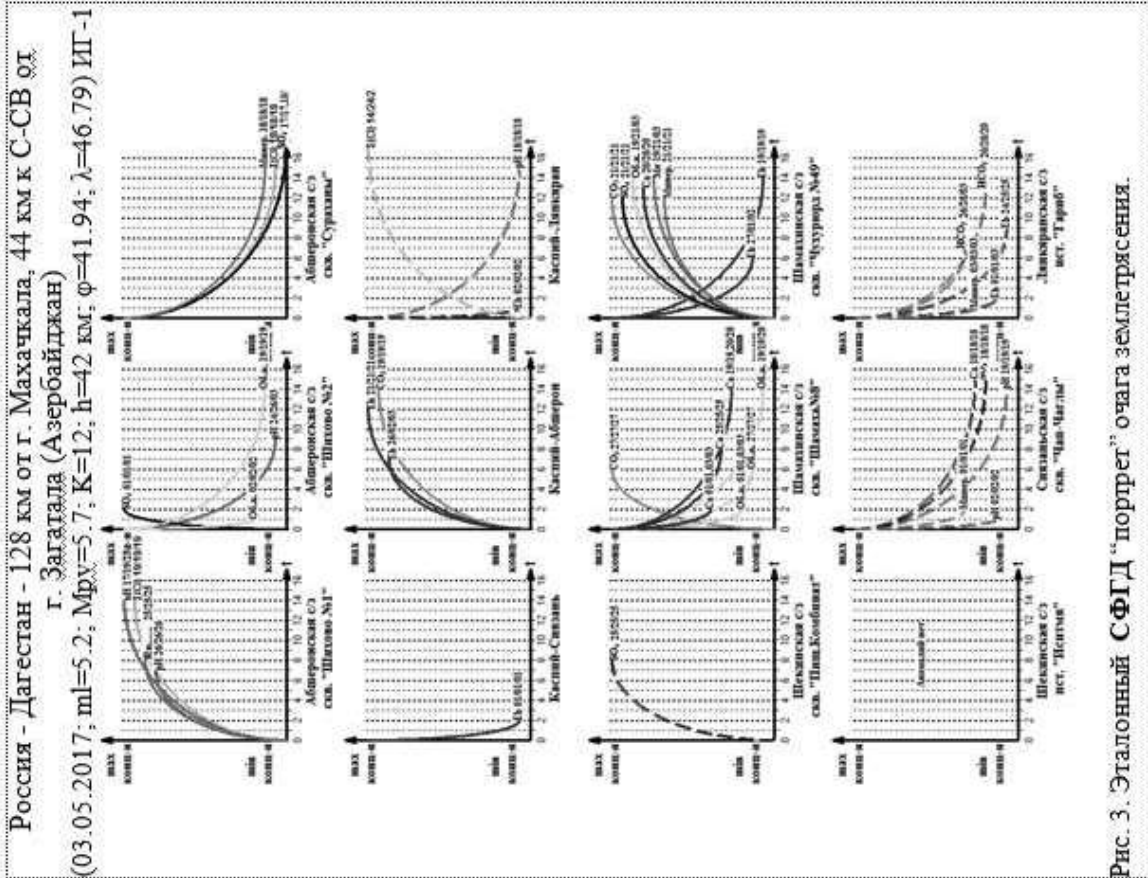


Рис. 3. Эталонный СФГД "портрет" очага землетрясения.

e-mail отправлен:
дата - 27.04.2017
время - 16:01:28

Председателю Прогнозной комиссии РЦСС при НАНА
Ген. Директору РЦСС НАНА.
д.г.-м.н. Етирмиши Г.Д.
от нач.-ка отдела "Комплексные геохимические исследования",
д.г.-м.н. Керамовой Р.А.

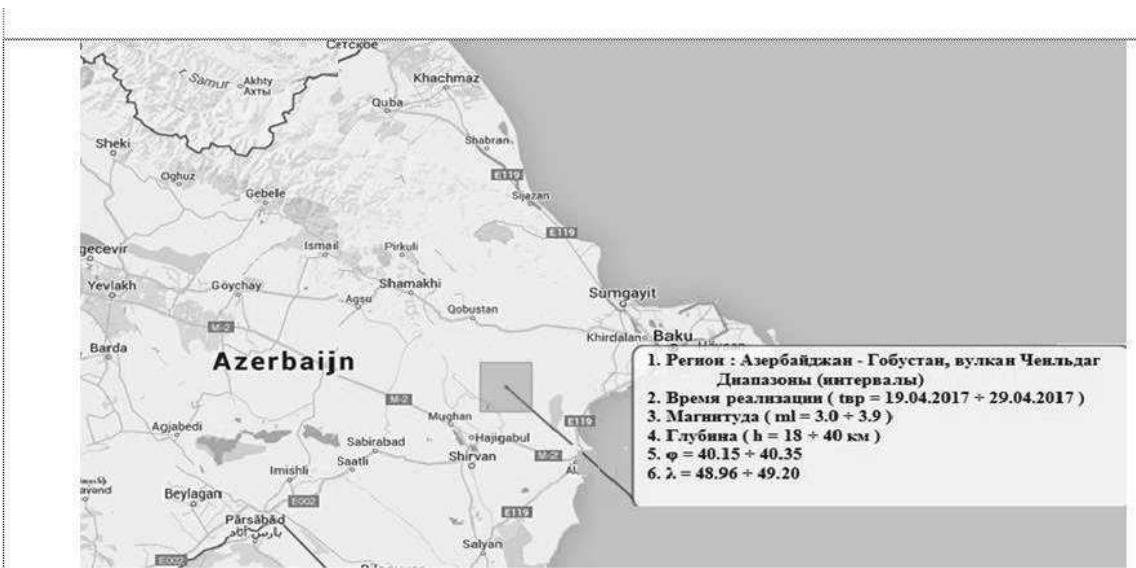
Докладная записка № 64 от 19.04.2017 г.
Оценка сейсмической обстановки по сейсмофлюидогеодинамическим (СФГД) полям Азербайджана
на период: 19.04.2017 – 30.04.2017 г.

Регионы: Акватория Каспия и Кавказско-Каспийский регион (Азербайджан; Россия-Дагестан; Чечня; Грузия; Армения)
По результатам круглогодичного СФД мониторинга за период 04.04.2017-19.04.2017 г. в вариациях полей (гидро-, газо-, радиогеохимические и гидрогеодинамические) наблюдаются аномальные значения концентрации относительно фонового уровня для отдельных параметров: pH ; Eh ; CO_2 ; HCO_3 ; $\Sigma(Cl, Br, I)$; SO_4 ; O_2 ; $ж.$; Ca ; Mg ; $\Sigma(Na, K)$. Аномалии в СФГД полях наблюдаются на следующих станциях: г/ст "Бибри-Хейбят" (Абшерон); г/ст "Шамахи" (Шамахинский р-н); г/ст "Шеки" (Шекинский р-н); г/ст "Бёюк-Гамья" (Сиязаньский р-н). На остальных станциях значения параметров не превышают фоновые или близки к нему. Интерпретация данных СФД мониторинга указывает на вероятность возникновения землетрясений в следующих регионах:

		Параметры очага прогнозируемого землетрясения на период времени: 19.04.2017 – 30.04.2017 г.							
		Диапазоны (интервалы)							
№ п/п	Процент совпадения с эталоном, %	Название очага и микросейсмозоны	Значение диапазона (min/max)	Координаты		Дата реализации прогнозируемого земл-я	Время, оставшееся до реализации земл-я t вр (дни)	Магнитуда (ml/mb)	Глубина, км (h)
				ϕ	λ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50	Азербайджан – Гобустан; грязевой вулкан	min	40.15	48.96	19.04.2017	0	ml = 3.0	18
			max	40.35	49.20	29.04.2017	10	ml = 3.9	

Начальник отдела "Комплексные геохимические исследования" РЦСС при НАНА, д.г.-м.н. Керамова Р.А.
Инженер отдела "Комплексные геохимические исследования" РЦСС при НАНА Гулиева Ш.О.

Таб 1. Табличный формат "Автоматизированной технологии № 2 ("Autolog") для оперативной оценки степени активизации грязевулканической деятельности на основе СФГД мониторинга в Азербайджане".



Начальник отдела "Комплексные геохимические исследования" РЦСС при НАНА, д.г.-м.н. Керамова Р.А.
Инженер отдела "Комплексные геохимические исследования" РЦСС при НАНА Гулиева Ш.О.

Рис. 5. Картографический вариант "Автоматизированной технологии № 2 ("Autolog") для оперативной оценки степени активизации грязевулканической деятельности на основе СФГД мониторинга в Азербайджане".

Выводы

На основе круглогодичного СФГД мониторинга в Азербайджане, было установлено, что достоверность результатов оперативной, дистанционной оценки сейсмической обстановки для территории России (Республика Дагестан) зависит от следующих, впервые выявленных зако-

номерностей: а) корректный, достоверный расчёт “интервала-диапазона” магнитуды возможен только от её минимального порога, который равен $\min_{mb} \geq 3.6$; б) чем выше магнитуда реализованного землетрясения, тем выше амплитуда аномальных значений параметров на объектах **СФГД** мониторинга в Азербайджане ($\Delta = 300 \div 500$ км). Анализ статистики оперативного, дистанционного сейсмопрогноза, выполненного в Азербайджане, показал, что в 2017 году подтверждение его достоверности для территории России (Республика Дагестан) соответствовала $85 \div 87$ %.

С целью увеличения уровня достоверности необходимо выполнить следующие мероприятия:

а) в Азербайджане: увеличить сеть круглогодичных **СФГД** станций от $\min = 6$ стх/ст до $\max = 12 \div 15$ стх/ст; б) увеличить количество объектов мониторинга от $\min = 24 \div 27$ объектов до $\max = 30 \div 35$ объектов;

б) в Дагестане: создать сеть круглогодичных **СФГД** станций от $\min = 6$ стх/ст до $\max = 10 \div 15$ стх/ст.

Подводя итог фактическому материалу, который представлен в данной работе, отметим, что впервые полученные результаты по оперативному, дистанционному сейсмопрогнозу для территории России (Республика Дагестан), на основе круглогодичного **СФГД** мониторинга в Азербайджане, корректны и достоверны. Однако, исследования в этом направлении ещё не завершены.

Литература

1. Осика Д.Г. Флюидный режим сейсмически активных областей. Изд-во “Наука”, М.1981.
2. Султанходжаев А.Н., Чернов И.Г. Гидросейсмологические параметры подземных вод. Узб. геол. журн., 1978, №4.
3. Керимова Р.А. Сейсмичность и геохимические поля флюидов Азербайджана. Автореферат докторской диссертации. М., Институт Физики Земли РАН. 2004.
4. Керимова Р.А., Аббаслы О.А. “Комплексная автоматизированная технология №1 для оперативной оценки сейсмической обстановки и дистанционного, оперативного сейсмопрогноза в любом регионе мира только на основе мониторинга сейсмодинамического режима флюидов (СФД) в Азербайджане – “**Identfire**”. Агентство Интеллектуальной Собственности Азербайджанской Республики. Свидетельство № 10565 о регистрации произведения (компьютерные программы – DVD). Регистрационный номер: 01 / С-10104-19. Дата регистрации - 10.01.2019.
5. Керимова Р.А., Аббаслы О.А. “Автоматизированная технология № 2 для оперативной оценки сейсмической обстановки и дистанционного, оперативного сейсмопрогноза в любом регионе мира только на основе мониторинга сейсмодинамического режима флюидов (СФД) в Азербайджане – “**Autolog**”. Агентство Интеллектуальной Собственности Азербайджанской Республики. Свидетельство № 10566 о регистрации произведения (компьютерные программы – DVD). Регистрационный номер: 01 / С-10105-19. Дата регистрации: 10.01.2019.
6. Официальный сайт Федерального Информационного Центра Единой Геофизической Службы Российской Академии Наук - ФИЦ ЕГС РАН (Россия, г. Обнинск). <http://www.ceme.gsras.ru>
7. Керимова Р.А. Азотные минеральные воды северо-восточной части Азербайджана и их народнохозяйственное значение. Автореферат кандидатской диссертации. Баку. Азербайджанский Государственный Университет им. С.М.Кирова. 1979.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-33-47

УПРАВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИМ РИСКОМ В РАМКАХ АВТОМТИЗИРОВАННОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЕ ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ
СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

*Ларионов^{1,2}, В.И., Фролова¹ Н.И., Угаров² А.Н.,
Габсатарова³ И.П., Суцев⁴ С.П., Малаева^{1,4} Н.С.*

¹*Институт геоэкологии им Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН)*

²*Московский Государственный Технический Университет им. Баумана (МГТУ)*

³*Единая Геофизическая Служба РАН*

⁴*Центр исследований экстремальных ситуаций (ООО ЦИЭКС),*

SEISMIC RISK MANAGEMENT WITHIN AIMS RSChS: ON THE EXAMPLE
OF THE NORTH CAUCASUS

*Larionov^{1,2}, V.I., Frolova¹ N.I., Ugarov² A.N.,
Habsatarova³ I.P., Sushchev⁴ S.P., Malaeva^{1,4} N.S.*

¹*Institute of Geoecology named after E.M. Sergeev RAS (IGE RAS)*

²*Moscow State Technical University. Bauman (MSTU)*

³*Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences*

⁴*Center for Research of Extreme Situations (CIEKS LLC),*

Введение. Анализ чрезвычайных ситуаций свидетельствуют о том, что стихийные бедствия, связанные с опасными природными явлениями и техногенными катастрофами представляют растущую угрозу безопасности граждан Российской Федерации и ее экономики. Несмотря на принимаемые меры, ущерб, возникающий в чрезвычайных ситуациях (ЧС), растет, что свидетельствует об актуальности любых действий, направленных на его снижение. В связи с развитием новых компьютерных технологий возникает возможность сократить этот ущерб за счет совершенствования средств и методов автоматизированного управления спасательными операциями.

Для повышения эффективности управления НЦУКС МЧС России внедряет Автомтизированную Информационную Управляющую Систему (АИУС), обеспечивающую значительное повышение качества принимаемых решений за счет роста оперативности прогноза параметров, которые всесторонне характеризуют возможную обстановку. Для прогноза используются методы математического моделирования и разнообразные параметры обстановки, среди которых есть показатель риска.

Одной из важнейших составных частей АИУС, является подсистема оперативно-аналитической работы. Оценка параметров обстановки включена в состав функций этой подсистемы, как основная. Она призвана обеспечить повышение эффективности управления силами и средствами Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) в процессе проведения спасательных операций, а так же при планировании превентивных мероприятий.

Важной особенностью АИУС стали, включенные в ее состав, средства информационной интеграции, объединенные в рамках подсистемы межведомственного взаимодействия, функционирующей на основе протоколов и соглашений об информационном обмене. Формализация обмена и соответствующие программные средства позволяют пользователям в критических ситуациях получать от ведомств необходимые данные оперативно по каналам информационно-

коммуникационной сети для того, чтобы использовать их для оценки параметров обстановки и риска.

При оценке обстановки в зоне влияния опасного сейсмического события межведомственное взаимодействие организуется со службой срочных донесений Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской Академии наук» (ССД ФИЦ ЕГС РАН), предоставляющей данные о параметрах землетрясений.

Ранее выполненные исследования [9; 19; 20] позволили выявить факторы влияющие на надежность оперативных оценок потерь от землетрясений и пути минимизации негативного влияния этих факторов. К наиболее значимым факторам отнесены погрешности в определении параметров землетрясений, предоставляемых ССД ФИЦ ЕГС РАН и сейсмологическими агентствами мира: координат эпицентра, глубины очага, магнитуды и ее типа. Кроме того, на надежность влияет использование обобщенных для больших территорий коэффициентов закона затухания макросейсмической интенсивности, построенного относительно магнитуды по поверхностной волне, которая часто не определяется в оперативном режиме по инструментальным данным, а пересчитывается из значений других типов магнитуд.

Условность математических зависимостей, используемых при вычислении степени повреждений зданий и сооружений, а так же ущерба здоровью людей, вносит дополнительные погрешности в оценку возможных последствий. Для минимизации влияния перечисленных факторов авторами ранее была выполнена калибровка моделей с использованием баз данных о последствиях прошлых событий [22].

Для оценки сейсмического риска в качестве исходных данных используются карты сейсмической опасности разной детальности и матрицы сотрясаемости, разрабатываемые коллективами организаций РАН и других ведомств.

Карты сейсмического риска, включаемые в состав тематических наборов данных в АИУС, готовятся организациями РАН и др. ведомств в рамках ФЦП и отдельных тематических проектов. Для вычисления показателей риска используются математические модели ГИС «Экстремум». Отдельные функции этой ГИС, используемые для оперативной оценки обстановки в зоне влияния сильных землетрясений, включены в состав АИУС.

Все организации, поставляющие информацию в НЦУКС (корреспонденты центра управления), должны обеспечить определенный уровень качества своей информационной продукции. Для этого они развивают свои сети наблюдения за обстановкой, средства измерения и обработки данных об источниках опасности, математические модели позволяющие прогнозировать уровни опасности и риска, качество сервисов, с помощью которых данные передаются в АИУС.

В статье приводятся результаты изучения особенностей затухания сейсмической интенсивности, полученные коллективами ФИЦ ЕГС РАН и ИГЭ РАН [17; 18; 21], позволяющие выполнить калибровку сейсмических моделей и повысить надежность прогнозирования параметров обстановки в зоне влияния сильных событий.

Для калибровки используется детальное описание макросейсмического поля, формируемого в зоне действия сейсмического события, характеризуемого местоположением и силой сейсмических проявлений.

В связи с 50-летием сильного землетрясения 14 мая 1970 года в Дагестане в статье приводятся результаты его моделирования, демонстрирующие качество прогнозирования возможной обстановки в регионе на случай повторения такого события. Достигнутая точность прогноза обусловлена наличием и предоставлением ФИЦ ЕГС РАН калибровочной сейсмической информации. Калибровка сейсмической модели для Дагестана выполнена в рамках совместных исследований специалистами лаборатории сейсмического риска ИГ РАН и ФИЦ ЕГС РАН.

Карты сейсмического риска и уязвимости застройки территории Северного Кавказа используются в АИУС для формирования превентивных мероприятий.

В статье приводится краткое описание структуры и функций АИУС, примеры прогноза обстановки в зоне сейсмического события, а так же свойства карт сейсмической уязвимости и риска.

Краткое описание структуры АИУС и ее базы данных о событиях

Обобщенная схема АИУС представлена на рисунке (рис.1), где выделены шесть укрупненных функциональных блоков, хранилище данных и пользовательский интерфейс.

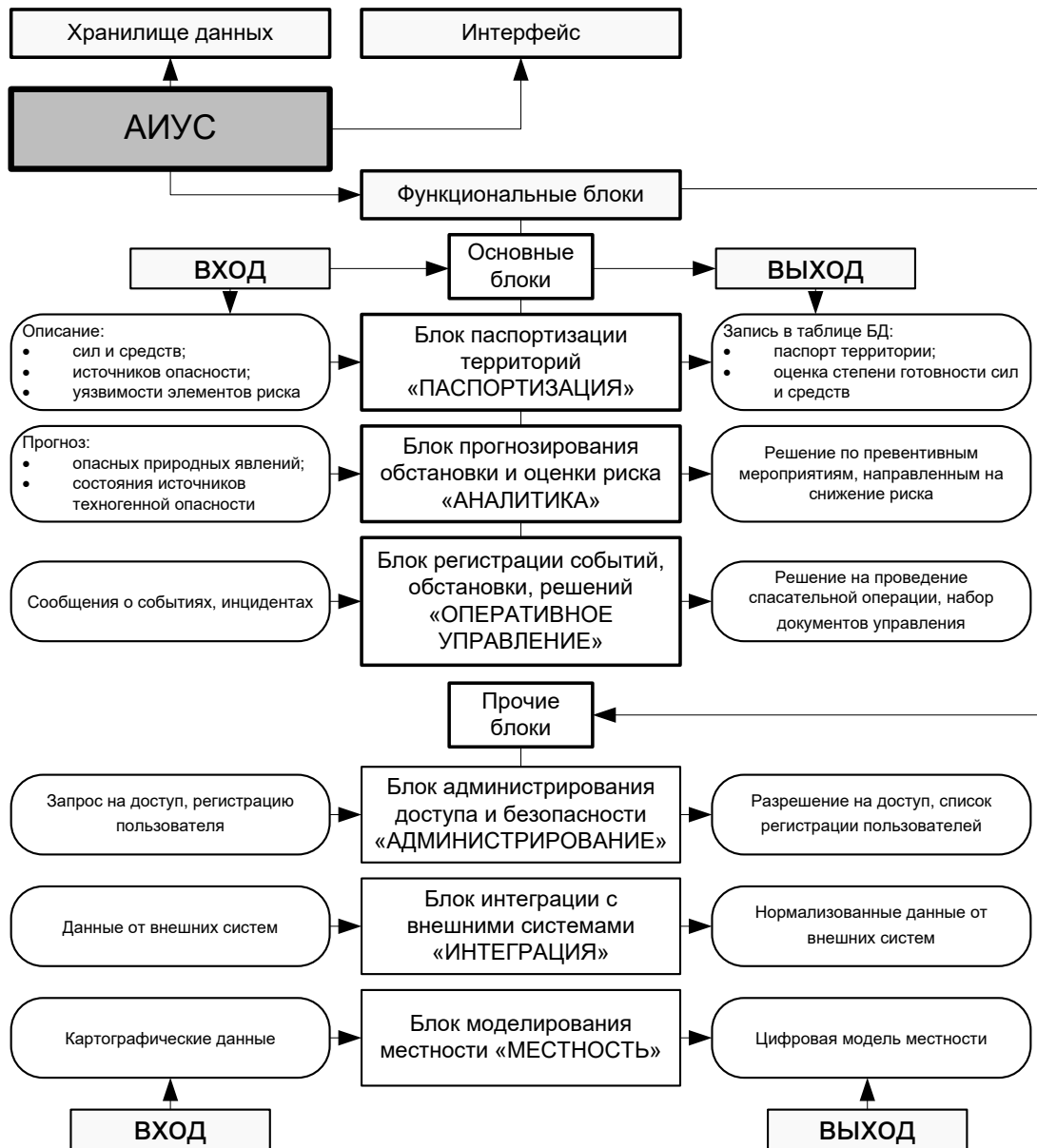


Рис. 1. Структура АИУС

Название блоков отражает их функциональность, которая дополнена описанием входной и выходной информации. В структуре выделена группа из трех основных блоков АИУС, среди которых программные средства, объединенные рубриками «Паспортизация», «Аналитика», «Оперативное управление».

Блок «Паспортизация» предназначен для сбора и обработки данных, необходимых для создания комплекта документов, называемых «Паспорт территории». Паспорт содержит:

- наименование и принадлежность объектов (территории);

- местоположение объектов, подлежащих инвентаризации;
- параметры источников опасности;
- параметры уязвимости элементов риска;
- информацию о наличии, размещении, а так же готовности сил и средств, предназначенных для проведения превентивных мероприятий и спасательных операций.

Для сбора данных в процессе паспортизации территории используются средства WEB-интерфейса, доступного местным (максимально приближенным к источнику информации) сотрудникам территориальных подсистем РСЧС. Выходной информацией в блоке «Паспортизация» является «Паспорт территории», который содержит информацию, позволяющую судить о соответствии уровня опасности, совокупности и свойствам принятых мер, обеспечивающих приемлемый уровень риска.

Блок «Оперативное управление» предназначен для регистрации и квалификации событий, а так же информационной поддержки процесса оперативного управления силами и средствами в рамках нормализации обстановки, возникающей по поводу событий, отнесенных к классу ЧС. На выходе этого блока формируется «Карточка события», включающая описания последствий ЧС, которая со временем может пополняться уточненными и новыми данными, и комплект документов, обеспечивающих управление силами и средствами во время проведения превентивных, спасательных и других неотложных мероприятий.

Блок «Аналитика» содержит математические модели основных видов опасных процессов, позволяющих прогнозировать возможную обстановку в зоне влияния события. Модели имеют специфику, обусловленную высокими требованиями к скорости реакции на входные данные и к обеспечению защиты результатов прогноза от возможных значительных погрешностей в исходных данных, возникающих при их оценке (измерении) и передаче.

Для обеспечения приемлемой точности результатов выполняется калибровка математических моделей блока «аналитика», приуроченная к месту. На карте формируются области, для каждой из которых, действует свой набор калибровочных параметров математических моделей. Калибровка, в этом случае, во многом повторяет процесс обучения систем искусственного интеллекта (ИИ). После калибровки любая математическая модель, реализованная в виде расчетного программного модуля, на первом шаге определяет зону своей калибровки и считывает калибровочные значения параметров, привязанных к месту. После этого осуществляется расчет.

Все калибровочные параметры, привязанные к территориям и расчетным модулям, включены в состав хранилища АИУС. На рисунке (рис. 2) показана структура хранилища и место таблиц с калибровочными данными в этой структуре.

На рис. 2 желтым цветом выделен тематический раздел хранилища с описанием только сейсмических событий и зоны с устойчивыми значениями калибровочных параметров математических моделей. В полной версии хранилища представлены описания всех видов событий, квалифицированных как ЧС. Зоны формируются на основе собранных данных о событиях в процессе калибровки математических моделей. Каждая зона отнесена к своей математической модели и набору калибровочных параметров.

Следует отметить, что описание сейсмических событий имеет некоторые особенности, которые важны для понимания примеров применения результатов калибровки математической модели, используемой для вычисления возможных значения сейсмической интенсивности.

Особенности структуры таблиц с описанием сейсмических событий представлены на рисунке (рис.2). К структурированному описанию сейсмического события могут быть прикреплены различные материалы в виде: карт; таблиц; фото и др. документов. Непосредственно, в процессе калибровки математической модели, используемой для прогноза затухания сейсмической интенсивности, используется таблицы эпицентров и макросейсмических данных.

В случае сильных событий запись в разделе «макросейсмические данные» могут быть дополнены следующими материалами полевых наблюдений и их анализа:

- картами наблюденного макросейсмического эффекта, где первые две изосейсты показывают территорию, подверженную сотрясениям $I \geq 5-6$ баллов по шкале MMSK-86;
- фотографиями поврежденных застройки разного типа;
- сводными таблицами макросейсмического эффекта в населенных пунктах, определенного по разным признакам, включая: поведение зданий, ощущения людей, состояние предметов быта.

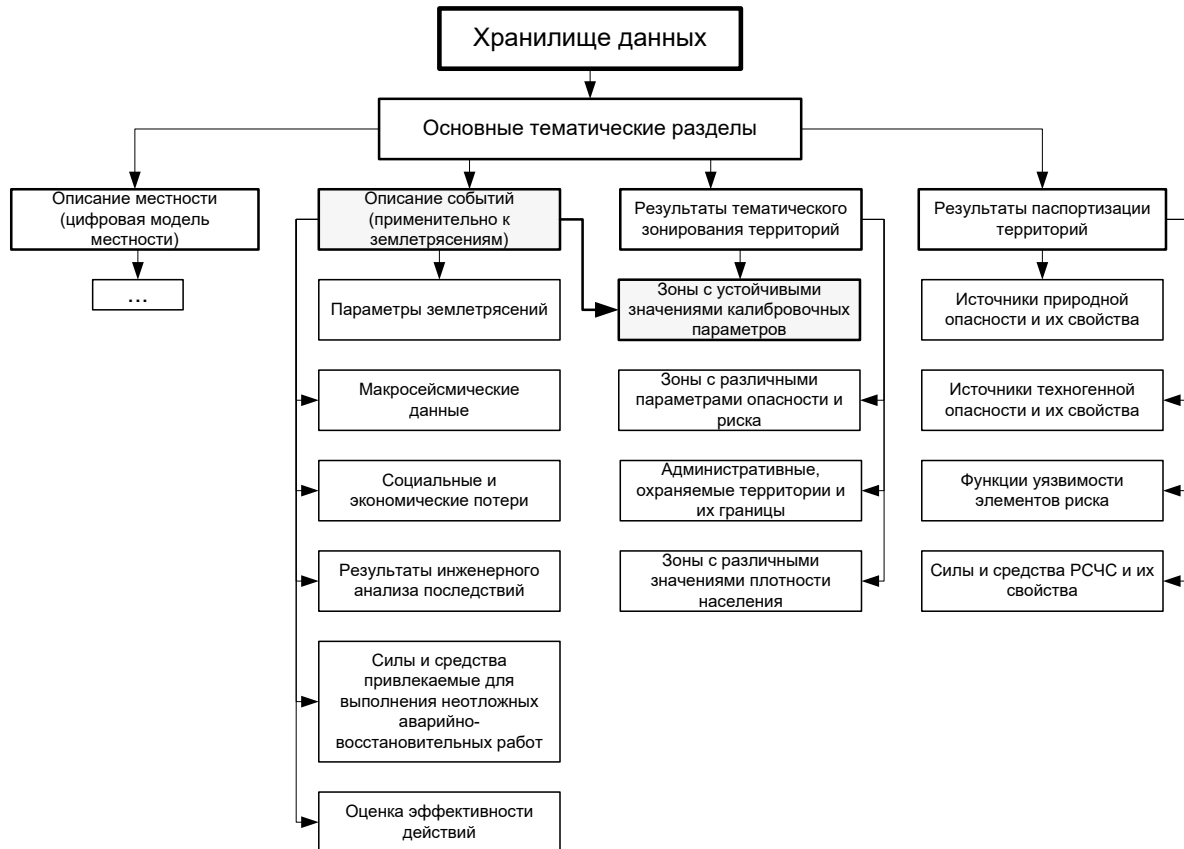


Рис. 2. Структура хранилища АИУС РСЧС

Калибровка сейсмических моделей осуществляется специалистами сейсмологами. Полученные результаты калибровки размещаются в разделе хранилища, названном на схеме (рис. 2) «Зоны с устойчивыми значениями калибровочных параметров». Калибровка заключается в подборе усредненных параметров математической модели, предназначенной для формирования макросейсмического поля в пределах зоны, в которой усреднение допустимо и не приводит к существенным погрешностям в оценке сейсмической интенсивности. Приемлемая точность вычисления параметров обстановки должна обеспечиваться для всех, попавших в зону, событий.

Сейсмический режим северного Кавказа (Дагестана) и ретроспективная оценка последствий дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года средствами АИУС

Северный Кавказ – это густо заселенная, многонациональная и неоднородная по социальному положению населения территория, географически расположенная на сложном горном рельефе. Поэтому любые природные катастрофы в этом районе сопровождаются серьезными экологическими, политическими и экономическими последствиями.

Во второй половине XX и начале XXI века Кавказский регион подвергся целой серии сейсмических катастроф. Сильнейшие землетрясения с $M \geq 6.5$ (Дагестанское 1970 г., Черногорское 1976 г., Спитакское 1988 г., Рачинское 1991 г., Барисахское 1992 г., Бакинские 2000 г.) сопровождались значительными разрушениями и гибелью людей. Эти события показали высо-

кую степень уязвимости региона в отношении сейсмических воздействий [13]. Даже при умеренном Курчалойском землетрясении 11 октября 2008 г. ($M_w = 5.8$), произошедшем на территории Чеченской Республики и значительно ощущавшемся на территории Республики Дагестан, имелись человеческие жертвы и серьезные разрушения [3].

По прошествии 50 лет после катастрофического Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года, появляется возможность воспользоваться широким набором материалов исследования его очагового процесса и особенно данными макросейсмического обследования для ретроспективной оценки последствий события, средствами имеющимися в арсенале АИУС.

Это землетрясение наиболее значительный представитель в сейсмофокальной зоне «Дагестанский клин», обладающей высоким уровнем сейсмической активности [10]. Известно, что в этой зоне ранее часто происходили сильные и ощутимые землетрясения. За последние 100 лет в этом районе произошло более 20 землетрясений, проявившихся с интенсивностью сотрясений $I_0 \geq 6$ баллов: в 1976 г. Черногорское землетрясение с $M = 6.4$, $I_0 = 8-9$ баллов; 8-балльное Терское (Эльдаровское) землетрясение 10.08.1912 г. с $M = 5.7$; 7-8-балльное Веденовское 24.10.1933 г. с $M = 5.2$; несколько 7-балльных землетрясений: 23.02.1785 г. – Дагестанское-I с $M = 5.5$; 16.10.1886 г.; 05.10.1928 г. – Аргунское-I с $M = 4.7$; 02.03.1966 г. – Аргунское-II с $M = 4.9$; 17.06.1969 г. – Ачхой-Мартановское с $M = 5.1$; 26.05.1971 г. – Старогрозненское с $M = 4.1$; 23.12.1974 г. – Салатаусское с $M = 5.0$. В текущем веке – Кизилюртовское 31.01.1999 г. с $M = 5.5$, $I_0 = 7$ баллов [2], уже упомянутое Курчалойское 11.10.2008 г. $I_0 = 7-8$ баллов [3] и Буйнакское-II 24 мая 2019 г. с $M_S = 4.3$ $I_0 = 6$ баллов [1].

Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 года с $M = 6.6$ проявилось на значительной территории Дагестана и соседних территорий, интенсивность в эпицентре по разным данным оценивается как $I_0 = 9$ баллов по шкале MMSK-86 [4]. В 2-х томной монографии подготовленной Междуведомственным Советом по сейсмологии и сейсмостойкому строительству при Президиуме АН СССР (МССС) отмечалось, что это событие было чрезвычайно важным в сейсмической жизни не только Кавказа, но и всего Советского Союза. Значение его определялось и силой события, и тяжестью последствий. К тому времени это было сильнейшее событие за 70 летний период инструментальных наблюдений на Кавказе [4].

Согласно данным исследований [13] для очаговой области в пределах Дагестанского клина, где произошло событие 1970 года, возможны землетрясения с $M_{\max} \geq 7$.

В связи с активизацией сейсмической активности в последние годы в регионе особый интерес представляет ретроспективная оценка последствий землетрясения 14 мая 1970 года. Оценка возможных потерь на случай повторения события 1970 года была выполнена с использованием откалиброванных моделей ГИС «Экстремум», что позволило оценить остаточную погрешность моделирования.

Разработанная авторами [20; 22] процедура калибровки была использована для подбор приемлемых значений параметров математической модели затухания сейсмической интенсивности. В качестве таких параметров рассматривались:

- коэффициенты уравнения b , ν , c макросейсмического поля [23]:

$$I = bM - \nu \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + c \quad (1)$$

где Δ - эпицентральный расстояние, км; h - глубина очага, км; M - магнитуда землетрясения.

- отношение большой b и малой a осей эллиптических изосейст высших баллов, названное коэффициентом сжатия $k = b/a$;

- угол, задающий ориентацию осей изосейст, в частности, азимут большой оси эллипса.

Процедура калибровки предусматривает подбор перечисленных параметров, которые являются устойчивыми для рассматриваемой территории. Поскольку калибровка является итерационным и довольно сложным циклическим процессом, включающим уточнение границ зон и

вычисление для них приемлемых квазистабильных параметров, то по мере накопления данных о новых событиях калибровочные действия должны повторяться.

Ранее авторами были изучены особенности затухания и выполнена калибровка модели для отдельных зон на территории РФ и сопредельных стран [22]. Для территории Кавказа были собраны и использованы для калибровки сведения об осязтимости в 1850 населенных пунктах региона от 32 сильных землетрясений. Речь идет о событиях 6-7 и более баллов по шкале MSK-64 за период 1966-2012 гг. В процессе калибровки определены координаты населенных пунктов, рассчитаны удаления пунктов от макросейсмических эпицентров, построены графики затухания, рассчитаны индивидуальные для каждого землетрясения, а затем и средние для зоны параметры макросейсмического поля. При определении ориентации макросейсмического поля и коэффициентов сжатия эллипса $k = b/a$ в качестве основы использовались домены и сейсмолинементы, заимствованные с карты ОСР-97 [6; 16], а также азимуты направления разрывов, наблюдаемых в случае сильнейших землетрясений, из специализированного каталога [13].

В результате исследований были установлены стабильные параметры макросейсмического поля для района, границы которого включают территорию Дагестанского клина с продолжением на северо-запад от 48°E до 45.5°E . Для выделенной зоны рекомендован следующий набор стабильных параметров поля: $b = 1.5$; $\nu = 3.62$; $c = 3.16$; $k = 1.6$; ориентация поля в соответствии с полем разломов.

На рисунках 3-4 приведены результаты ретроспективного моделирования возможных последствий на случай повторения землетрясения 14 мая 1970 года с параметрами очага по [24]: 43.0°N ; 47.09°E ; $M_s = 6.6$; $h = 13$ км и $h = 16$ км. Значками разного размера показаны города с разной численностью населения, цвет значка – средняя степень повреждения застройки: зеленый $d_{\text{средняя}} = 1$; оранжевый $d_{\text{средняя}} = 2$; красный $d_{\text{средняя}} = 3$; бордовый $d_{\text{средняя}} = 4$; черный $d_{\text{средняя}} = 5$.

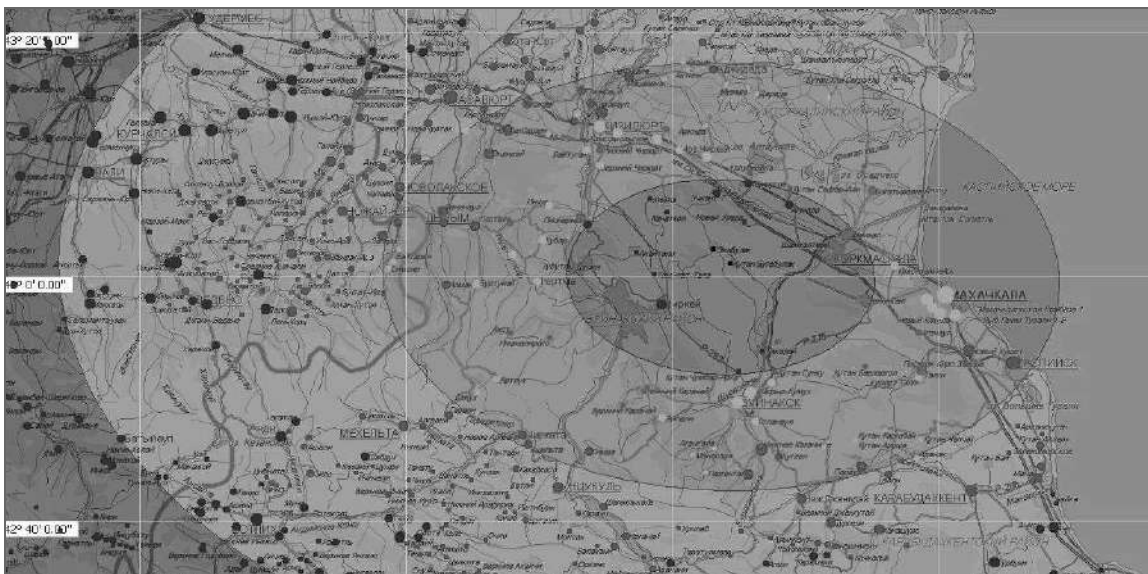


Рис. 3. Результаты ретроспективного моделирования последствий землетрясения 14 мая 1970 года в Дагестане ($h = 13$ км)

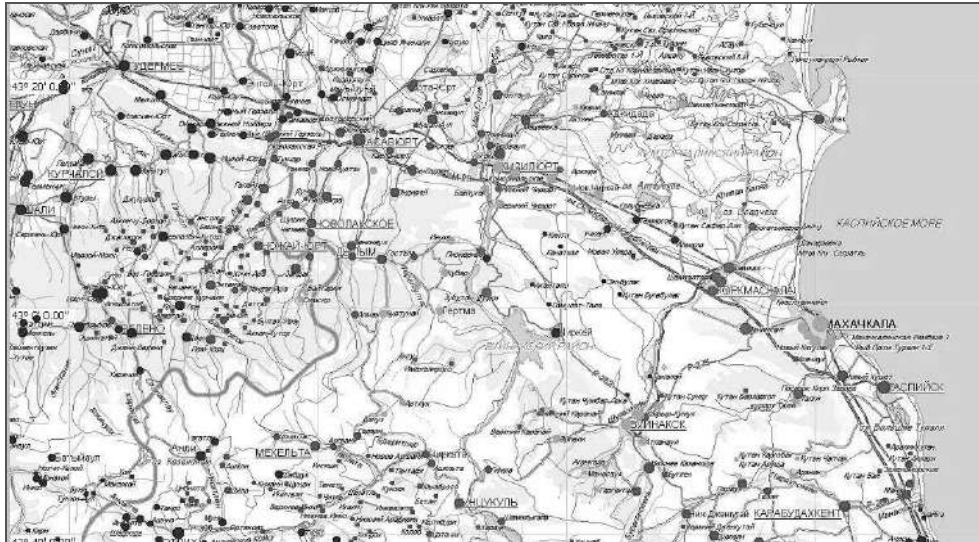


Рис. 4. Результаты ретроспективного моделирования последствий землетрясения 14 мая 1970 года в Дагестане ($h=13$ км)

Для наиболее крупных городов и населенных пунктов в эпицентральной области в таблице (табл. 1) и на рисунках 5 – 6 показано распределение вероятностей разных степеней повреждений в случае повторения события с разными глубинами очага $h = 13$ и $h = 16$ км.

Таблица 1.

Расчетная вероятность степеней повреждения застройки на случай повторения землетрясения 14 мая 1970 года

Город	Вероятность степеней повреждения при $h=16$ и 13 км					$d_{\text{среднее}}$ $h=16/13$ км
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	
Махачкала	0.251/0.249	0.216/0.221	0.173/0.181	0.098/0.109	0.034/0.043	1.7/1.9
Буйнакс	0.247/0.240	0.227/0.232	0.189/0.197	0.121/0.134	0.053/0.068	2.0/2.2
Чиркей	0.105/0.047	0.235/0.185	0.237/0.246	0.187/0.211	0.220/0.307	3.0/3.5
Каспийск	0.221/0.224	0.177/0.181	0.108/0.115	0.036/0.004	0.006/0.007	1.0/1.1
Кизилорт	0.241/0.245	0.201/0.206	0.145/0.156	0.067/0.077	0.016/0.021	1.4/1.5
Хасавюрт	0.202/0.204	0.140/0.145	0.066/0.007	0.014/0.015	0/0	0.7/0.8
Новый Чиркей	0.268/0.262	0.218/0.229	0.171/0.180	0.114/0.125	0.056/0.072	2.0/2.1
Дылым	0.241/0.249	0.180/0.186	0.132/0.143	0.066/0.075	0.017/0.023	1.3/1.5
Сулак	0.173/0.175	0.121/0.124	0.056/0.006	0.012/0.013	0/0	0.6/0.7

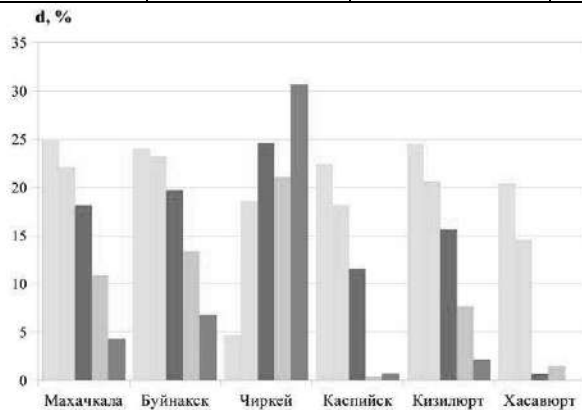


Рис. 5. Распределение степеней повреждений в случае повторения события с $h=13$ км

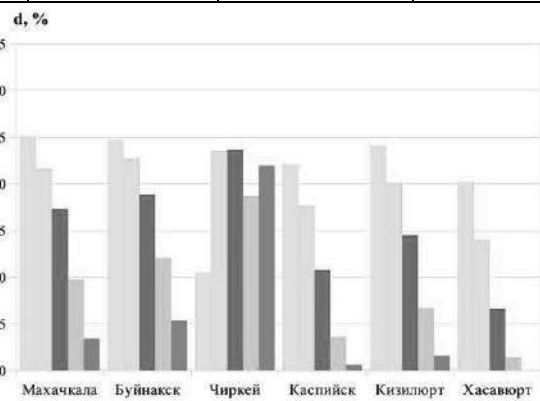


Рис. 6. Распределение степеней повреждений в случае повторения события с $h=16$ км

Площади расчетных изосейст достаточно хорошо согласуются с оценками наблюдаемого эффекта по публикациям [4; 5; 24] (табл.2).

Таблица 2.

Площади расчетных и наблюдаемых изосейст 8 и 7 баллов

Изосейста	Площадь, км ²
Наблюденная 8 балльная	1005
Расчетная 8 балльная при $h=13$ км	1055
Расчетная 8 балльная при $h=16$ км	830
Наблюденная 7 балльная	4000
Расчетная 7 балльная при $h=13$ км	5200
Расчетная 7 балльная при $h=16$ км	4700

На рисунке 7 приводится сравнение расчетных и наблюдаемых изосейст 8 и 7 баллов. Наблюденное поле областей, окантовываемых 7 и 8 балльными изосейстами имеет более сложную конфигурацию, чем расчетное, однако населенные пункты с наибольшей численностью населения, в том и другом случае находятся в одноименных по балльности зонах.

Погрешности, вычисленные как процентное отношение разности площадей к общей площади участков, ограниченных изосейстами 7 и 8 баллов при разных глубинах очага $h=13$ км и $h=16$ км полученными методом моделирования и наблюдаемыми на местности варьируют от 5% до 30%. Анализ табл. 2 и полученные оценки погрешностей в определении интенсивности показывают достаточно хорошую сходимость наблюдаемого эффекта и результатов моделирования последствий на случай повторения землетрясения 14 мая 1970 года и позволяют сделать вывод об эффективности калибровки моделей макросейсмического поля ГИС «Экстремум». Это дает уверенность в получении своевременной правильной оперативной оценки последствий, что сократит время принятия решения о реагировании и оказания помощи.

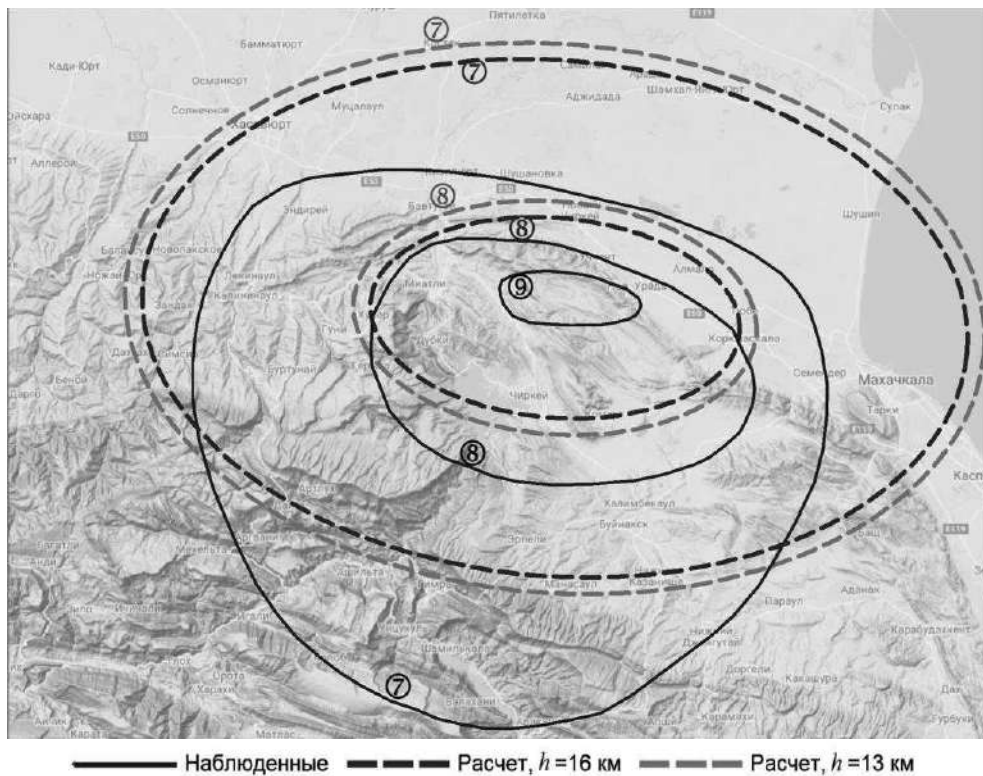


Рис. 7. Сравнение расчетных и наблюдаемых изосейст землетрясения 14 мая 1970 года

Вид и свойства карт сейсмической уязвимости и риска, используемых в АИУС

В разделе приводятся карты сейсмической уязвимости и риска для территории Северного Кавказа, предназначенные для планирования превентивных мероприятий с использованием АИУС.

Карты физической и экономической сейсмической уязвимости для Северо-Кавказского федерального округа и Краснодарского края подготовлены с помощью ГИС «Экстремум», максимально совместимой с АИУС РСЧС. Картографические и тематические слои пространственной информации «Блока моделирования местности» доступны из программных средств ГИС «Экстремум». В свою очередь результаты тематического картографирования, полученные с использованием ГИС «Экстремум», размещаются в хранилище АИУС и доступны ее функциональным блокам.

При построении карт уязвимости в качестве входной информации об уровне сейсмической опасности взяты значения интенсивности землетрясений соответствующие карте ОСР-97В [16]. В качестве элементов риска рассматривались здания и сооружения, классифицированные по шкале ММСК-86: *А, Б, В, С7, С8, С9* [25]. Распределение застройки разного типа по территории населенных пунктов взято из хранилища АИУС. Информация в хранилище АИУС внесена средствами блока «Паспортизация». Данные в процессе паспортизации собраны подразделениями Главных управлений МЧС России по субъектам федерации Северо-Кавказского федерального округа и Краснодарского края.

Физическая уязвимость зданий, характеризующая потерю функциональных свойств зданий разных типов, классифицированных по шкале ММСК-86, определялась как отношение жилой площади в зданиях, получивших повреждения $d = 1, 2, 3, 4, 5$ при сейсмическом воздействии интенсивностью I , к общей площади жилой застройки зданий разного типа. В зависимости от решаемых задач вычисляется доля площади жилой застройки, получившей все степени повреждения от слабых до полного разрушения или только тяжелые степени повреждения, которые могут быть использованы при подготовке планов эвакуации жителей оставшихся без крова.

Экономическая уязвимость зданий, характеризующая ущерб в стоимостном выражении, определялась как отношение стоимости восстановления зданий после сейсмического воздействия интенсивностью I к стоимости зданий до поражения.

Для оценки возможных степеней повреждений в больших населенных пунктах город разбивался на элементарные площадки, а их координаты представлялись точкой, расположенной в центре площадки. Затем показатели, полученные для отдельных площадок, суммировались. Для отображения на карте результатов расчета были выделены две группы элементов:

- территории малых населенных пунктов с численностью жителей менее 1000 человек;
- территории населенных пунктов с численностью жителей более 1 000 человек.

Для отображения уязвимости всех элементов, независимо от численности населения, использована цветовая шкала.

При построении изолиний вычислялись значения уязвимости в точках, являющихся геометрическим центром населенных пунктов, далее сетка точек сгущалась. Значения в узлах сгущенной сетки со стороной ячейки 5 км были получены методом билинейной интерполяции. По усредненным значениям уязвимости, вычисленным в узлах регулярной сетки, были построены изолинии и определен цвет закраски соответствующей зоны. Для населенных пунктов Северо-Кавказского федерального округа и Краснодарского края с численностью населения 1 000 чел. и более при отображении значений уязвимости территории использован способ значков. Цвет сектора значка соответствует определенной степени повреждения, а размер сектора зависит от вероятности наступления данной степени повреждения.

На рис. 8-9 приводятся фрагменты карт физической уязвимости от землетрясений для Северо-Кавказского федерального округа и Краснодарского края.

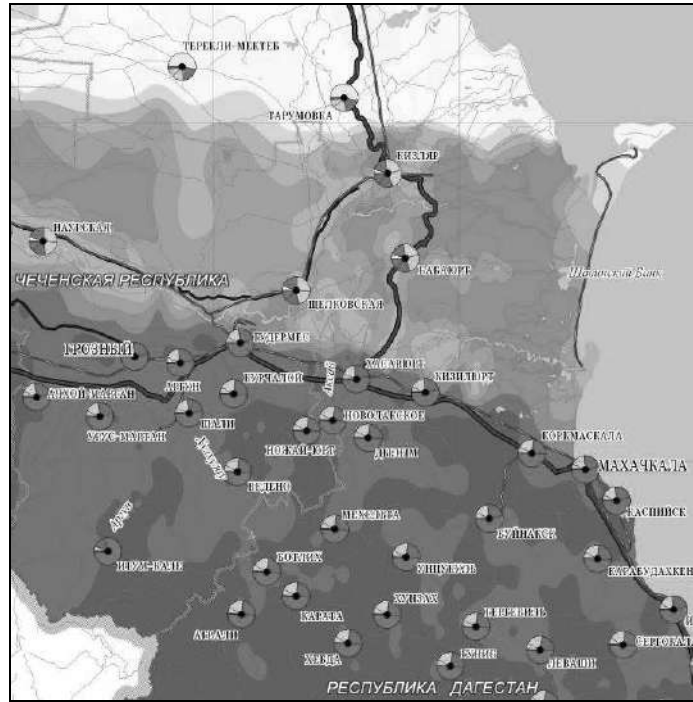


Рис. 8. Фрагмент карты физической уязвимости зданий и сооружений, отображающей процент зданий в населенных пунктах, которые могут получить разные степени повреждения $d=1, 2, 3, 4, 5$: бледно голубой цвет – отсутствие повреждений; голубой – слабые повреждения; зеленый – умеренные; желтый – сильные; красный – частичные разрушения; розовый – обвалы

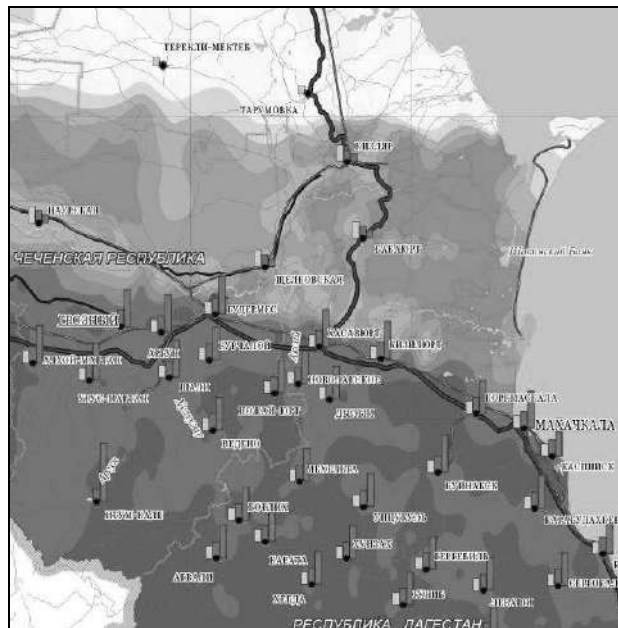


Рис. 9. Фрагмент карты физической уязвимости зданий и сооружений, отображающей процент зданий в населенных пунктах, которые могут получить степени повреждения $d=3, 4, 5$ (потери крови для эвакуации): желтый цвет – сильные повреждения; красный – частичные разрушения; розовый - обвалы

В таблицах 3-4 приведены средние значения степеней повреждений застройки и средние значения экономической уязвимости для субъектов Северо-Кавказского федерального округа и Краснодарского края.

Таблица 3.

Средние степени повреждения зданий и сооружений в случае землетрясения с интенсивностью, соответствующей карте ОСР-97В, по субъектам РФ

Субъект	Средняя степень повреждения застройки $d_{\text{средняя}}$
Краснодарский Край	2.2
Республика Дагестан	3.9
Республика Адыгея	3.1
Республика Ингушетия	4.5
Республика Кабардино-Балкарская	3.5
Республика Карачаево-Черкесская	3.6
Республика Северная Осетия - Алания	4.7
Ставропольский Край	2.1
Чеченская Республика	3.9

Таблица 4.

Средние значения экономической уязвимости по субъектам

Субъект	Среднее значение экономической уязвимости V_e
Краснодарский Край	0.4
Республика Дагестан	0.8
Республика Адыгея	0.5
Республика Ингушетия	0.9
Республика Кабардино-Балкарская	0.7
Республика Карачаево-Черкесская	0.7
Республика Северная Осетия - Алания	0.9
Ставропольский Край	0.3
Чеченская Республика	0.7

Расчеты сейсмического риска R_{s1} (рис. 10) или вероятности смертельного исхода в год от возможного землетрясения с определенной интенсивностью на рассматриваемой территории были выполнены с использованием уточненных в 2013 г. [12] матриц сотрясаемости.

В таблице 3 приводится сравнение размеров областей с разным уровнем риска R_{s1} для рассматриваемой территории, полученных авторами с использованием уточненной матрицы сотрясаемости, опубликованной в 2013 г., и оценок риска [7-9; 11], полученных с использованием набора карт ОСР-97. Значения риска, полученные с использованием разных исходных данных об уровне опасности и форме их представления, существенно различаются. Возникновение различий можно объяснить, в первую очередь, разной детальностью и актуальностью описания сейсмической опасности. При сравнении карт, выделяются зоны с недопустимыми значениями риска (более $1 \cdot 10^{-4}$) [ГОСТ 22.10.02–2016], обусловленные интенсивностями из матриц сотрясаемости. В целом, без учета отдельных аномалий, карта сейсмического риска, построенная с использованием матрицы сотрясаемости на Северном Кавказе, характеризуется относительно более низкими значениями риска.

В связи с уточнением уровня сейсмической опасности в 2013 году изменилось распределение зон с разным уровнем риска. Зона с допустимым уровнем риска (менее $1 \cdot 10^{-4}$) увеличилась на 7.7%. Почти в два раза увеличились размеры зоны с уровнем риска, изменяющимся в диапазоне от $10 \cdot 10^{-5}$ до $20 \cdot 10^{-5}$, а зона недопустимого риска с аномальными значениями, превышающими $50 \cdot 10^{-5}$, уменьшилась на 8.3 %.

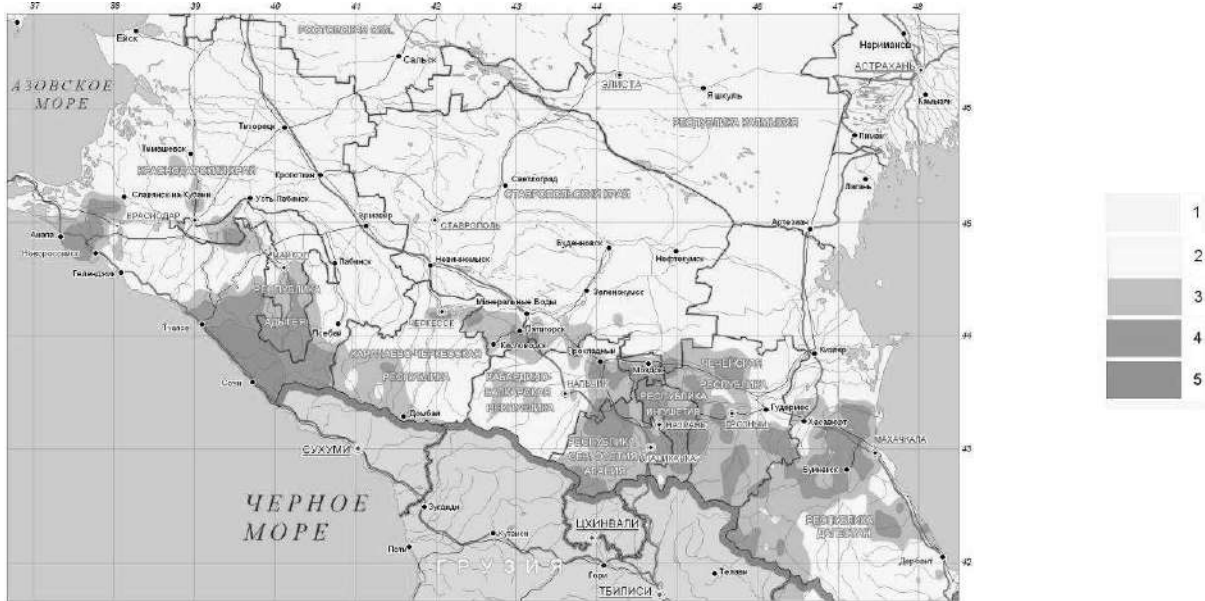


Рис. 10. Региональная карта индивидуального сейсмического риска R_s1 для населения Северного Кавказа: 1- $<10 \cdot 10^{-5}$; 2- $10 \cdot 10^{-5} \div 20 \cdot 10^{-5}$; 3- $20 \cdot 10^{-5} \div 30 \cdot 10^{-5}$; 4- $30 \cdot 10^{-5} \div 50 \cdot 10^{-5}$; 5- $> 50 \cdot 10^{-5}$

Таблица 5.

Значения сейсмического риска и размеры зон с разным уровнем риска

Диапазоны риска, $10^{-5}, 1/\text{год}$	Размеры зон, карта R_s с использованием ОСР-97		Размеры зон, карта R_s с использованием проекта региональных карт-2013	
	10^4 км^2	%	10^4 км^2	%
менее 10	20.33	59.26	22.96	66.97
10-20	2.533	7.38	4.547	13.26
20-30	4.063	11.84	3.82	11.14
30-50	4.152	12.10	2.657	7.75
более 50	3.148	9.17	0.318	0.87

Обсуждение результатов и выводы

АИУС, обеспечивающая значительное повышение качества принимаемых решений, при управлении силами и средствами РСЧС за счет роста оперативности прогноза возможной сейсмической обстановки и риска, нуждается в периодической калибровке своих моделей. Калибровка выполняется с использованием данных, собираемых средствами АИУС и полученных при исследованиях многих научных организаций.

В статье представлена структура АИУС РСЧС, описаны задачи, выполняемые в рамках основных блоков системы, а также роль и место БД с описанием событий, в том числе с информацией о последствиях, используемой в процессе калибровки моделей.

Использование БД о событиях для калибровки математических моделей, включенных в состав АИУС, позволяет, в первую очередь повысить надежность прогнозов параметров возможной обстановки, что влияет на эффективность решений и действий спасателей.

Отмечается важная роль совместных усилий организаций РАН и частных компаний по определению зон со стабильными параметрами макросейсмического поля на территории России и сопредельных стран.

Приводится пример успешного использования результатов калибровки макросейсмического поля для района Северного Кавказа. В примере дается описание ретроспективной оценки последствий Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года. Погрешности моделирования,

оцененные как отношение площади дополнения, образованного пересечением областей, ограниченных одноименными изосейстами, и максимальной площади ограниченной изосейстой, не превышает 30%. Это показатель является приемлемой характеристикой погрешности, обеспечивающей качественную работу при оперативном планировании спасательных операций

Содержащаяся в БД АИУС РСЧС информация о паспортизации территорий позволяет выполнить расчет сейсмической уязвимости и ее отображение на карте. Выполненные оценки физической и экономической уязвимости для территории Северо-Кавказского федерального округа предназначены для обеспечения рационального применения ресурсов на этапе планирования превентивных мероприятий по снижению уровня риска.

Отмечается, что деятельность по регистрации, классификации и описанию событий, возникающих в случае проявления опасности, является ключевой для повышения эффективности деятельности государства по обеспечению безопасности населения в случае ЧС природного и техногенного характера. Созданная для этих целей АИУС, поддерживаемая усилиями НЦУКС, нуждается в дальнейшем развитии и интеграции данной системы в среду Систем, обслуживающих нужды других государств и научного сообщества по минимизации уровня риска. Интеграция предполагает решение множества проблем, направленных на стандартизацию описания событий, поиск путей обеспечения доступа к функциям внесения новой информации и редактирования существующей. В этой связи важен положительный опыт международной организации CODATA, занимающейся решением проблем интеграции и анализа больших данных в целях уменьшения риска природных катастроф.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГЭ РАН по теме НИР №г.р. АААА-А19-119021190077-6, государственного задания ФИЦ ЕГС РАН № 075-01304-20 и проекта МГТУ им. Баумана № 175-11-2019-087 от 18.12.2019.

Литература

1. Асманов О.А., Адилов З.А., Батыров Т.Б. Макросейсмические проявления Буйнакского-II землетрясения 24 мая 2019 г. с $M_s=4.3$ //Мониторинг. Наука и технологии. Вып. № 4(42). 2019. – С. 21–25.
2. Асманов О.А., Амиров С.Р., Даниялов М.Г., Левкович Р.А., Мирзалиев М.М., Осокина А.Ш., Габсатарова И.П., Михайлова Р.С. Кизилюртское землетрясение 31 января 1999 года с $M_S=5.5$, $I_0=7$ (Дагестан) //Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ФОП, 2005. – С. 254–263.
3. Асманов О.А., Левкович Р.А., Гайсумов М.Я., Керимов И.А., Габсатарова И.П., Головкова Л.В., Иванова Л.Е., Пономарёва Н.Л., Чепкунас Л.С., Рыжикова М.И. Макросейсмические проявления Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с $K_p=14.5$, $M_w=5.8$, $I_0=7-8$ (Чеченская Республика) //Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 421–432.
4. Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. Сейсмология, геология, геофизика. М.: Наука, 1980. 220 с.
5. Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. Разрушительные последствия, инженерная сейсмология, вопросы сейсмостойкого строительства. М.: Наука, 1981. 256 с.
6. Кондорская Н.В., Горбунова И.В., Киреев И.А, Вандышева Н.В. Унифицированный каталог землетрясений Северной Евразии с древнейших времен до 1995 г. [Special Earthquake Catalogue of Northern Eurasia From Ancient Times Through 1995 /Eds. N.V. Kondorsraya, V.I. Ulomov]. – URL: <http://www.scgis.ru> System of data bases. ИПЕ РАН, 1996.
7. Ларионов В.И., Сушев С.П., Угаров А.Н., Фролова Н.И. Оценка сейсмического риска с применением ГИС-технологий //Природные опасности России. Т. 6: Оценка и управление природными рисками /Под ред. А.Л. Рагозина. М.: Изд. Фирма “КРУК”, 2003. С. 209–231.
8. Ларионов В.И., Фролова Н.И., Козлов М.А. и др. Последствия землетрясений и методы их прогнозирования //Энциклопедия безопасности. Т. III: Законы поражения. Сейсмостойкость и теплозащита сооружений. М.: Изд-во АСВ, 2010. С. 165–184.
9. Ларионов В.И., Фролова Н.И., Угаров А. Н. , Сушев С. П., Козлов М. А., Малаева Н. А., Барская Т. В. Оценка сейсмического риска //Геоэкология. 2017. № 2. С. 11-26.

10. Левкович Р.А., Амиров С.Р. Сейсмичность сейсмофокальной области "Дагестанский клин" и ее ближайшего окружения за исторический и инструментальный периоды наблюдений до землетрясения 14 мая 1970 года //Мониторинг. Наука и технологии. Вып. №2(3). 2010. –С.42–46.
11. Осипов В.И., Фролова Н.И., Суцев С.П., Ларионов В.И. Оценка сейсмического и природного риска для населения и территорий Российской Федерации //Экстремальные природные явления и катастрофы: в 2 т. Т. 2: Геология урана, геоэкология, гляциология /Отв. ред. В.М. Котляков, М.: Изд-во "ПРОБЕЛ 2000", 2011. С. 28–48.
12. Рогожин Е.А., Лутиков А.И., Овсюченко А.Н. Оценка сейсмической опасности Северного Кавказа в детальном масштабе. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. № 5, 2013. С. 14-19.
13. Рогожин Е.А., Овсюченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатиков А.В. Эндогенные опасности Большого Кавказа. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – 256 с.
14. Специализированный каталог землетрясений для задач общего сейсмического районирования территории Российской Федерации /Редакторы В.И.Уломов, Н.С.Медведева /<http://seismos-u.ifz.ru/documents/Eartquake-Catalog.pdf>.
15. Суцев С.П., Ларионов В.И., Фролова Н.И. Оценка и управление сейсмическим риском с применением ГИС Экстремум //Матер. XV междунар. научно-практ. конф. «Проблемы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций»: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2010. С. 327–345.
16. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации — ОСР-97. Масштаб 1:8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ РАН, 1999. 57 с.
17. Фролова Н.И., Чепкунас Л.С., Малаева Н.С. Учет региональных особенностей затухания сейсмической интенсивности при оперативной оценке потерь от землетрясений //Геоэкология. Инженерная Геология. Гидрогеология. Геокриология, 2012, № 1, с. 63–74.
18. Фролова Н.И., Габсатарова И.П. Использование макросейсмических данных для повышения надежности оперативных оценок потерь на примере Курчалойского землетрясения //Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире: матер. 9-й Междунар. научно-практ. конф. "Геориск-2015": в 2 т./ Отв. ред. В.И. Осипов. М.: РУДН, 2015. Т. 2. С. 391-399.
19. Фролова Н.И., Боннин Ж., Габсатарова И.П., Угаров А.Н., Барская Т.В. Анализ факторов, влияющих на надежность оперативных оценок потерь от землетрясений //Сб. тр. конф. Сергеевские чтения. М.: РУДН, 2016. Вып. 18. С. 230-234.
20. Фролова Н.И., Угаров А.Н. База знаний о сильных землетрясениях как инструмент повышения надежности оперативных оценок потерь //Геоэкология. 2018. № 6. С. 1-18.
21. Фролова Н.И., Габсатарова И.П., Угаров А.Н., Малаева Н.С. Использование макросейсмических данных для повышения надежности оперативных оценок потерь на примере землетрясений стран СНГ. Материалы XIII Международной сейсмологической школы Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных /Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – 352 с. ISBN 978-5-903258-37-6, С. 292-297.
22. Фролова Н.И., Габсатарова И.П., Н.В. Петрова, Угаров А.Н., Малаева Н.С. Влияние особенностей затухания сейсмической интенсивности на надежность оперативных оценок потерь от землетрясений //Геоэкология. 2019. № 5. С. 23-37.
23. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании //Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 95-121.
24. Шебалин Н. В., В. Н. Крестников, Д. Н. Рустанович, В. В. Штейнберг, И. В. Ананьин, О. А. Асманов, Ю. В. Быстрицкая, Н. В. Вандышева, Ф. Т. Кулиев, Р. А. Левкович, К. Г. Плетнев, Е. И. Широкова Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. //Землетрясения в СССР в 1970 году. М: Наука. 1974. -С.28-49.
25. Шебалин Н.В., Ершов И.А., Шестоперов Г.С. и др. Улучшенный вариант шкалы сейсмической интенсивности (MMSK-86) на базе шкал MSK-64 и MCCC-73 (заключительный отчет). М.: МССС, ИФЗ. 1986. 61с.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-48-56

ПОЛЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В ОКРЕСТНОСТЯХ ОЧАГА
ДАГЕСТАНСКОГО 1970 г. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПО КОРОТКОПЕРИОДНОЙ КОДЕ*Аптикаева О.И.**Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, aptikaevaoi@mail.ru*ABSORPTION FIELD OF TRANSVERSE WAVES IN THE ENVIRONMENT OF THE SOURCE
OF THE DAGESTAN 1970 SHORT-PERIOD CODE EARTHQUAKE*Aptikaeva O.I.**Institute of Physics of the Earth named after O. Yu. Schmidt*

Введение. Широкий научный интерес к Дагестанскому землетрясению 1970 г., на тот момент самому сильному инструментально зарегистрированному землетрясению Кавказа, сохраняется и в настоящее время. Сейсмологические наблюдения в эпицентральной зоне проводились Эпицентральной сейсмологической экспедицией ИФЗ АН СССР совместно с учреждениями Дагестанского филиала АН СССР и продолжались до 1974 г. Позднее наблюдения велись Лабораторией сейсмологии Дагестанского филиала АН СССР. Результаты эпицентральных исследований подробно описаны, например, в [1].

В предлагаемой работе описываются результаты изучения поля поглощения поперечных волн методом короткопериодной коды в районе, включающем очаг Дагестанского землетрясения 1970 г. и его окрестности. Несмотря на то, что регион Восточного Кавказа в геолого-геофизическом отношении считается наиболее изученным, для него продолжают разрабатываться геодинамические концепции. В этой связи представляется, что дополнительные сведения о латеральных неоднородностях поля поглощения в районе очага Дагестанского землетрясения 1970 г. и его окрестностях не окажутся бесполезными.

Использованные материалы. Использованы записи более 200 землетрясений $K > 10$, зарегистрированные станцией Кисловодск (KIV) сети IRIS в 1989-2020 гг. Для большинства событий эпицентральные расстояния составили от 200 до 500 км. Эффективная добротность Q_S оценивалась по огибающим короткопериодной коды в интервале частот 1-1.6 Гц, на временах от $t-t_0 = 2t_S$ (t_0 – время в очаге, t_S – время вступления S-волны) до момента достижения амплитуды колебаний уровня микросейсмического фона.

В основе работ по изучению пространственно-временных неоднородностей поля поглощения в сейсмически активных районах [2] лежат экспериментальные данные, свидетельствующие о том, что определяющее влияние на формирование сейсмического волнового поля оказывает структура поля поглощения и, что кода местных землетрясений, в основном, сформирована поперечными волнами, отраженными от многочисленных слабых субгоризонтальных границ в земной коре и верхней мантии [3]. Согласно этой модели, на достаточно больших временах кода-волны сравнительно круто пересекают низы коры и верхи мантии и несут информацию о строении среды в области между эпицентром и станцией. Существование в этой области зон повышенного или пониженного поглощения S-волн отражается на характеристиках коды, приводя соответственно к заметному увеличению или уменьшению ее наклона, которые могут

быть описаны выражением $A(t) \sim \exp\left(-\frac{\pi t}{Q_S T}\right)/t$, где $A(t)$ – амплитуда коды в окрестностях

времени t ; Q_S – эффективная добротность; T – период колебаний.

В рамках выбранной нами модели по огибающим коды землетрясений, записанных удаленными от очага станциями, добротность оценивается на глубинах более 150 км (мощность земной коры на Кавказе варьирует в пределах 40-60 км [Балавадзе и др., 1966]). Распределение поля поглощения поперечных волн получено по имеющемуся набору огибающих коды для многих эпицентров землетрясений. Конкретные значения эффективной добротности приписывались эпицентрам событий. В силу того, что сейсмичность на рассматриваемой территории распределена неравномерно, поле поглощения более детально представлено в районах с высокой сейсмической активностью. Еще подробнее рассмотрены очаговые зоны Кизилюртского 1999 г. и Курчалойского 2008 г. землетрясений по их афтершокам.

Распределение эффективной добротности. Как видно из рис.1, в границах изучаемого района выделяются небольшие блоки слабого поглощения, изометричные в плане, в которых поглощение уменьшается в направлении от границ к центральным областям блоков, где добротность достигает 400 – 600 и даже 1000. В пределах линейно вытянутых низкодобротных зон $Q_s = 100-200$. Вне очаговых областей Дагестанского, Кизилюртского и Курчалойского землетрясений отчетливо трассируется низкодобротная (ослабленная) зона северо-запад – юго-восточного простирания. Минимальные значения $Q_s = 100$ отмечены в северо-западной ее части. В пределах очаговых областей Дагестанского и Кизилюртского землетрясений простирание ослабленных зон северо-восток – юго-западное (правая врезка рис.1). На восточной границе этой области выявлена ослабленная зона субмеридионального простирания. Ослабленные зоны такого же простирания характерны для очаговой области Курчалойского землетрясения, эпицентр его главного толчка находится в северо-западной части афтершоковой зоны, а максимальный афтершок в 18 км южнее (левая врезка рис.1).

Связь поля поглощения с тектоникой района. Анализируя структуру поля поглощения в очаговых зонах сильных землетрясений и в сейсмоактивных районах в целом, мы не раз убеждались в том, что выявленные линейные зоны сильного поглощения (ослабленные зоны) тяготеют к зонам активных разломов, например, [5].

На правой врезке к рис.1 показаны активные разломы и космофотолинеаменты района Дагестанского и Кизилюртского землетрясений по [6]. Кизилюртское землетрясение сопровождалось мощной серией афтершоков, наиболее сильные из них были использованы в настоящей работе [7].

Как видно, в пределах очаговых зон Дагестанского и Кизилюртского землетрясений положение ослабленных зон не совпадает с известными активными разломами, тем не менее северо-восток – юго-западное их простирание согласуется с направлением простирания космофотолинеаментов.

Исследования, проведенные с использованием всех существующих сейсмологических материалов, наилучшим образом объясняющие наблюдаемую сейсмологическую картину, привели к заключению о существовании трех отдельных разрывов, соответствующих трем субочагам главного толчка Дагестанского землетрясения [8]. Плоскости, по которым произошли движения показаны на правой врезке к рис.1. Очевидно, субочаги I и II можно ассоциировать с известными активными разломами, они также соответствуют зонам контакта добротных блоков. Простирание субочага III не соответствует ни простиранию известных активных разломов, ни положению космофотолинеаментов. Но, по крайней мере, восточная его часть ассоциируется с низкодобротной зоной.

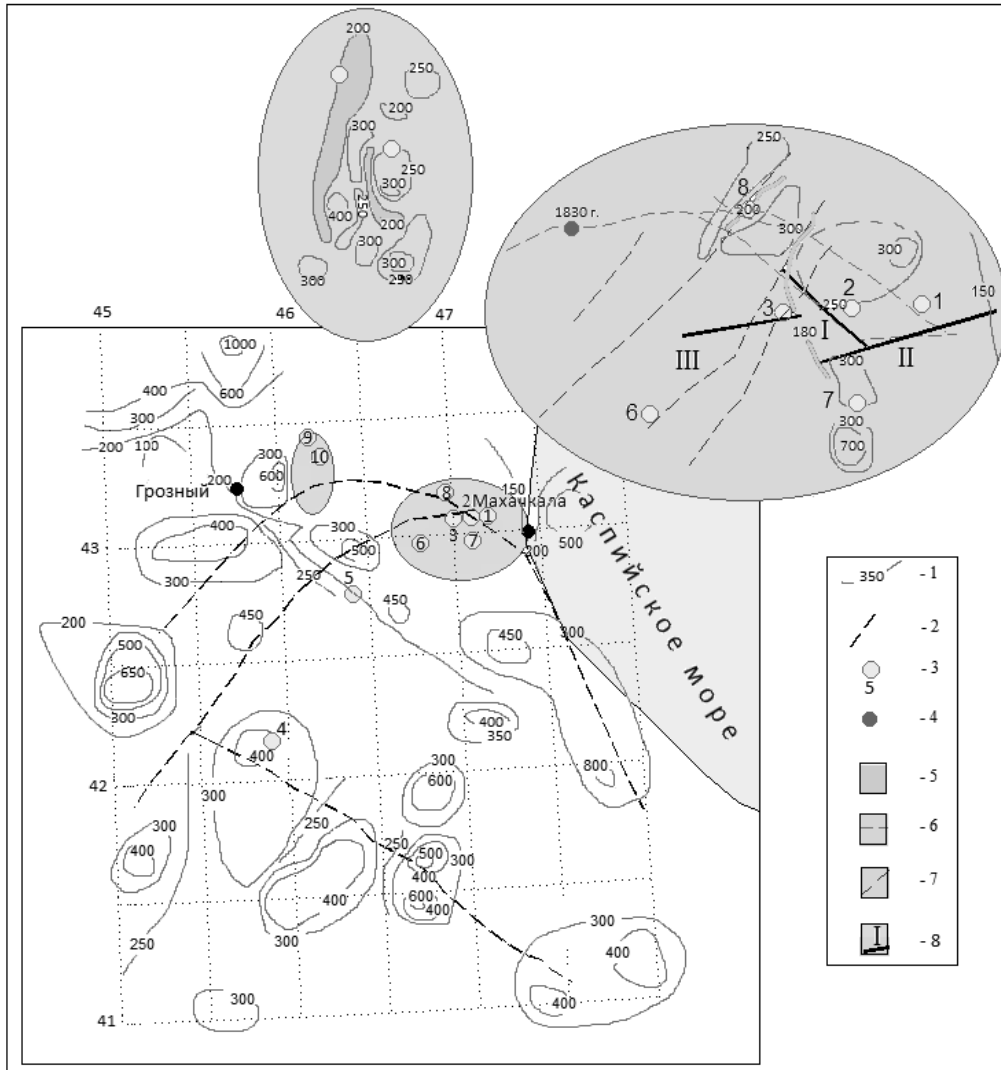


Рис. 1. Вариации поля поглощения поперечных волн в районе Дагестанского 1970 г. землетрясения. На врезках – то же укрупненно в очаговых зонах Дагестанского 1970 г. и Кизилюртского 1999 г. землетрясений (справа) и Курчалойского землетрясения 2008 г. (слева). 1 – изолинии Q_s ; 2 – упрощенная схема активных разломов на региональном уровне по [8]; 3 – эпицентры землетрясений, числа соответствуют номерам в табл. 1; 4 – эпицентр землетрясения 1830 г.; 5 – ослабленные зоны; 6 – активные разломы на локальном уровне; 7 – космофотолинеаменты; 8 – модель очага Дагестанского землетрясения по [8].

Таблица 1.

Параметры землетрясений в окрестностях очага Дагестанского землетрясения с $K > 13.0$ по каталогу [<http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/caucasus/catrudat.html>]

№	Дата	Время	Широта, °	Долгота, °	К	Название землетрясения
1	14.05.1970	09:20:22	43.0	47.2	13.6	форшок Дагестанского
2	14.05.1970	18:12:25	43.0	47.1	16.0	Дагестанское
3	17.05.1970	06:49:02	43.0	47.0	13.0	афтершок Дагестанского
4	04.08.1974	15:06:13	42.1	45.9	13.0	Бежтинское
5	13.11.1974	02:36:22	42.7	46.4	13.0	Киятлинское
6	23.12.1974	05:22:05	42.9	46.8	13.0	Салатауское
7	09.01.1975	23:09:43	42.9	47.1	13.0	Буйнакское
8	31.01.1999	05:07:10	43.1	47.0	14.3	Кизилюртское
9	11.10.2008	09:06:10	43.3	46.3	14.5	Курчалойское
10	11.10.2008	09:21:59	43.4	46.2	13.2	афтершок Курчалойского

Соотношение пространственных вариаций Q_s и результатов исследований иных геофизических полей. Прежде всего отметим, что полученные нами по методу короткопериодной коды оценки добротности Q_s сопоставимы с оценками добротности по коде для Северного Кавказа, которые приводятся в работе [9], где средние значения $Q = 170-520$. Кроме того, диапазон изменения добротности Q_s сопоставим с диапазоном изменения добротности в мантии, полученной по макросейсмическим данным [10]. Результаты изучения пространственных вариаций добротности обоими методами, при том, что макросейсмический метод, как и метод короткопериодной коды, в первую очередь чувствителен к эффекту, создаваемому S-волнами, согласуются только в общих чертах (рис. 2, а).

На рис.2, а показаны также изолинии горизонтальных вариаций скорости продольных волн в верхней мантии (в % от средней скорости) по [11]. Видно, что они тоже слабо коррелируют со структурой поля поглощения поперечных волн. Одна из причин такой слабой корреляции, по-видимому, состоит в разной детальности исследований.

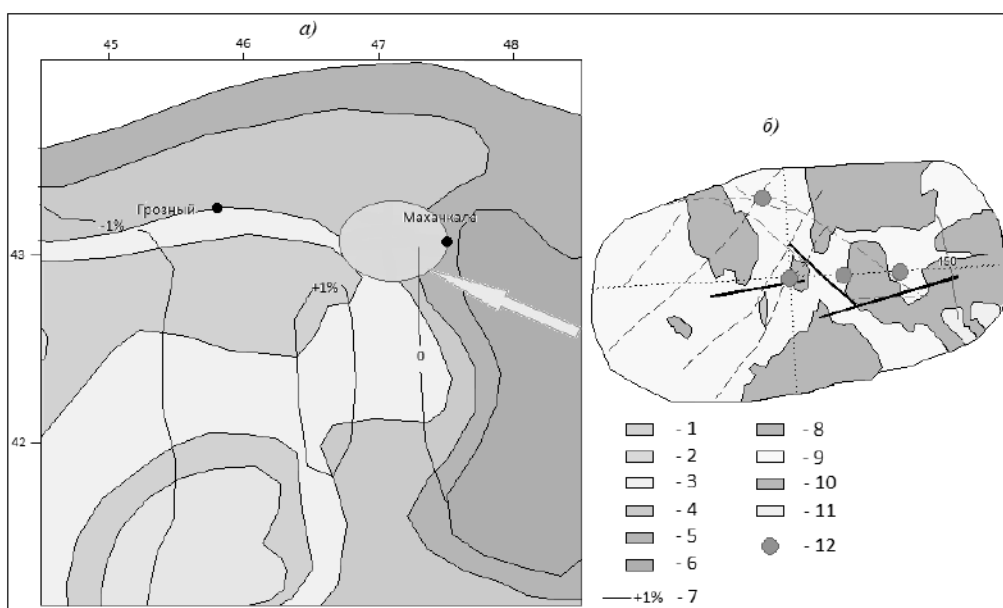


Рис. 2. Карта добротности Q из [10] (а): 1 - $210 \leq Q < 280$, 2 - $280 \leq Q < 370$, 3 - $370 \leq Q < 460$, 4 - $460 \leq Q < 580$, 5 - $580 \leq Q < 750$, 6 - $Q > 750$, 7 - изолинии горизонтальных вариаций скорости продольных волн в верхней мантии (в % от средней скорости) по [11]. Распределение параметра дробности по [12] (б): 8 - $\gamma = 0.1-0.2$, 9 - $\gamma = 0.2-0.3$, 10 - $\gamma = 0.3-0.4$, 11 - $\gamma = 0.4-0.5$; 12 - эпицентры Дагестанского и Кизилюртского землетрясений. Остальные обозначения рис.1.

Дагестанское землетрясение изучено довольно подробно. Проанализированы афтершоковая активность, графики повторяемости и пространственное распределения дробности по афтершокам, например [1, 12]. Как известно, термин дробность используется для обозначения величины тангенса угла наклона графика повторяемости (γ). Известно также, что вклад раздробленности среды в величину γ является определяющим, хотя и не единственным. Поэтому сопоставление распределения этого параметра со структурой поля поглощения представляет определенный интерес. На рис. 2, б показана карта дробности для очаговой зоны Дагестанского землетрясения, которая демонстрирует anomalously низкие по сравнению, например, с очаговой зоной Спитакского землетрясения, значения дробности. Для концевых частей очаговой зоны – районов форшока и сильнейшего афтершока характерны повышенные значения дробности, область эпицентра – это зона сочленения двух зон с anomalously низкими значениями дробности, разделенных узкой зоной относительно высоких ее значений.

Отметим, что структура поля поглощения в очаговой зоне Дагестанского землетрясения (см. правую врезку рис. 1) очень похожа на картину пространственного распределения дробности [12].

Эффективная добротность в районе форшока и, что еще очевиднее, сильнейшего афтершока, минимальна в рамках очаговой области Дагестанского землетрясения. В области эпицентра, по-видимому, имеет место контакт двух относительно добротных блоков.

На рис.3 структура поля поглощения поперечных волн сопоставляется с результатами региональной сейсмотомографии [13], где регион исследований был существенно шире рассматриваемого в настоящей работе. На рис. 3, а показано направление, которому соответствует один из профилей аномалий скорости Р- и S-волн, изображенных на рис. 3, б. Наиболее интересной на участке между 1100 и 1400 км профиля представляется низкоскоростная аномалия в районе отметки ~1200 км, которую в северо-восточном направлении резко сменяет высокоскоростная аномалия. На рис. 3, а можно наблюдать аналогичную картину в структуре поля поглощения.

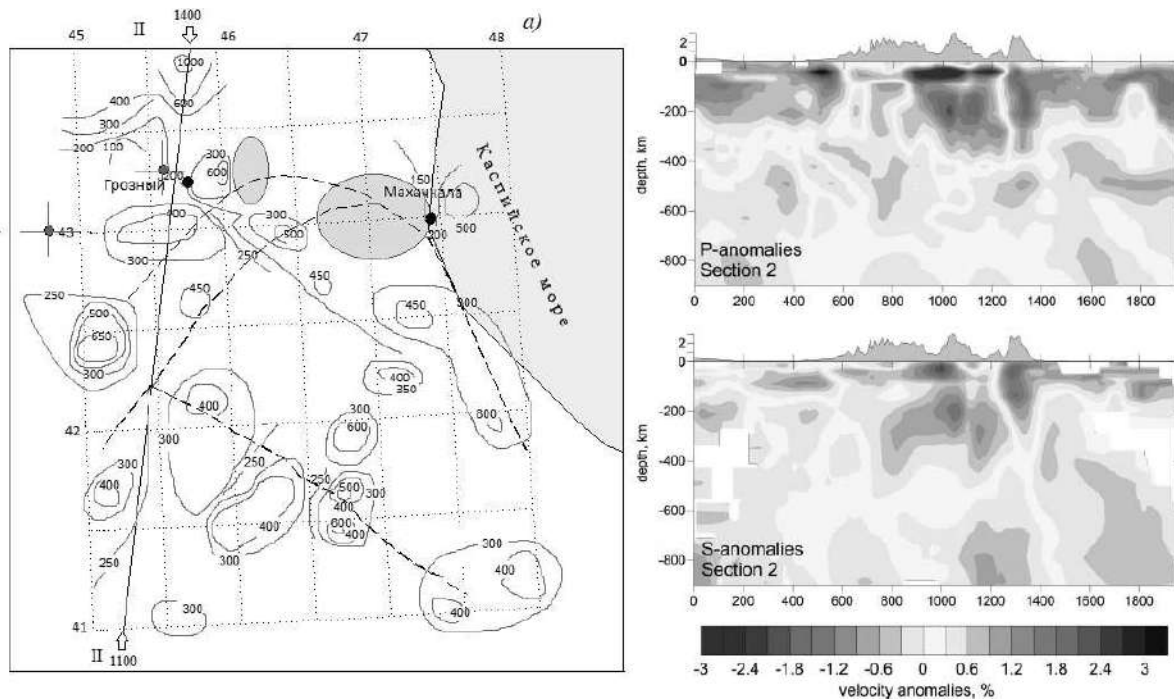


Рис. 3. Сравнение пространственных вариаций поля поглощения (а) и результатов сейсмотомографии по [13] (б). Крестами отмечены места, где тепловой поток более 1.6 ед. по [11]

Общеизвестна закономерная связь теплового потока на поверхности Земли с аномалиями скорости сейсмических волн. Низким скоростям соответствует преимущественно повышенный тепловой поток. В пределах описанной выше низкодобротной зоны, которой соответствует низкоскоростная аномалия, зафиксирован максимальный на исследуемой территории тепловой поток, более 1.6 ед. по [11], на рис. 3, а эти места отмечены крестами.

Опыт изучения структуры поля поглощения в очаговых зонах сильнейших землетрясений показывает, что эпицентр главного толчка, как правило, локализован в месте максимального контраста поглощения. В очаговой зоне Дагестанского землетрясения поле поглощения поперечных волн мало контрастно. Здесь Q_s варьирует от 150 до 300, тогда как, например, в очаговой зоне Спитакского землетрясения – от 150 до 600. Вопрос о возможной причине этого явления интересен, но не является на данном этапе исследований предметом обсуждения.

Связь поля поглощения с сейсмичностью. Из «Специализированного каталога землетрясений Северной Евразии» [14] следует, что землетрясение 1970 г. для данного района является сильнейшим из известных инструментально зарегистрированных землетрясений. Предыдущее землетрясение 1830 г. (см. правую врезку рис. 1) по макросейсмическим историческим данным имело магнитуду $M = 6.3$.

Начиная с 1962 г. в окрестностях очага Дагестанского землетрясения сформировалась зона затишья, которая включала в себя и непосредственно очаговую зону землетрясения (рис. 4, а).

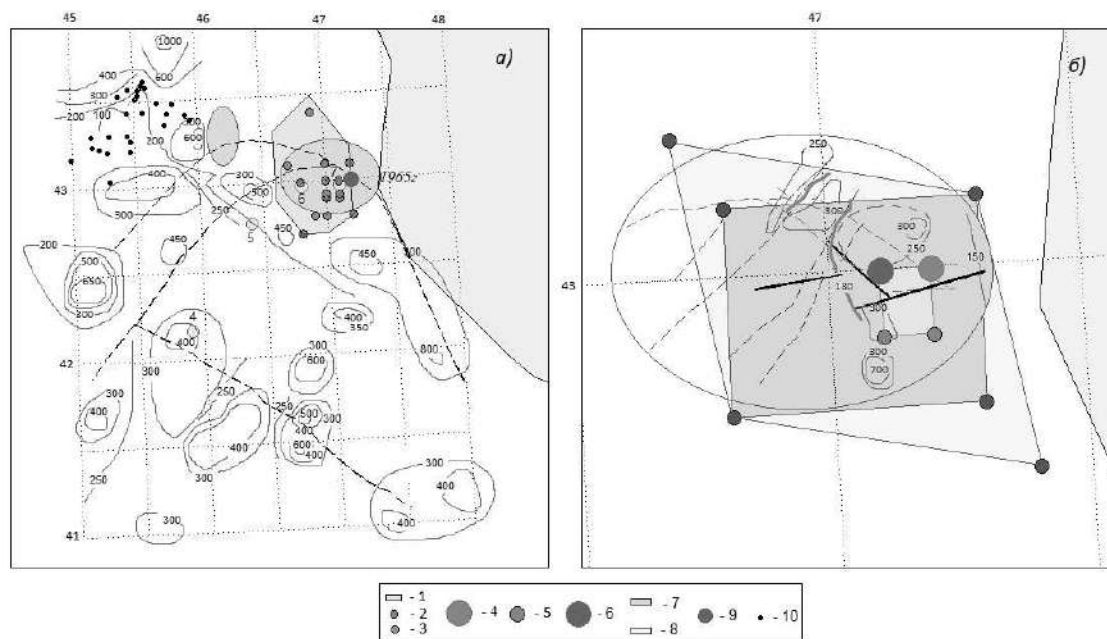


Рис. 4. Сейсмическая ситуация в районе очага Дагестанского землетрясения 1970 г.: а – за периоды с января 1962 г. по 30.04.1970 и 1972-1973 гг.; б – с момента первого форшока 9 ч 20 мин 14.04.1970 до января 1972 г. 1 – зона затишья, 2, 3 – эпицентры землетрясений соответственно 1972 и 1973 гг., 4, 5 – эпицентры соответственно первого и последующих форшоков; 6 – эпицентр главного толчка; 7, 8 – афтершоковая область соответственно в 1970 и 1971 гг.; 9 – эпицентр Алмалинского (17.01.1965 г.) землетрясения; 10 – эпицентры землетрясений с глубиной очага $H > 120$ км за 2001-2017 гг. из (Землетрясения России в 2001-2017). Остальные обозначения рис.1.

С востока она ограничена эпицентром Алмалинского (17.01.1965 г.) землетрясения – единственного известного землетрясения $K = 12$, происшедшего в период 1902-1970 гг. (рис. 4, а) в непосредственной близости от очага Дагестанского землетрясения. За несколько часов до главного события на восток от его эпицентра произошла серия форшоков, первый и сильнейший из которых $K = 13.6$ произошел по субмеридиональному разлому с наиболее вероятным движением западного крыла к северу и вверх [1]. Обращает на себя внимание, что эпицентры первого форшока Дагестанского землетрясения и Алмалинского землетрясения практически совпадают. Кроме того, они, по-видимому, приурочены к зоне сочленения добротного блока и ослабленной зоны с $Q_s = 150$ на востоке очаговой зоны Дагестанского землетрясения (рис. 4, б). Перераспределение напряжений и механическое разупрочнение в восточной части очаговой области, связанное с серией форшоков привело к быстрому возникновению основного толчка. Как видно из рис. 4, а, сейсмичность этой области после землетрясения 1970 г. стала заметно выше.

Описывая связь поля поглощения района исследований с сейсмичностью, необходимо сказать о локализации глубоких землетрясений.

Вопрос о наличии на Кавказе отдельных зон с сейсмическими очагами в верхней мантии неоднократно обсуждался в литературе. Землетрясениям с очагами в верхней мантии, которые

группируются в узкой зоне вдоль северного склона Большого Кавказа в пределах Терско-Сунженского прогиба посвящена, например, работа [15]. Такие землетрясения то выделялись исследователями [16, 17], то при дальнейшей переработке данных относились к внутрикоровым. Очаг только одного землетрясения 10.08.1912 г. по «Новому каталогу сильных землетрясений на территории СССР» [18] имел глубину 50 км.

Позже, при подготовке для задач ОСР-97 «Специализированного каталога землетрясений Северной Евразии» [14] в каталоге вновь появились сведения о заглубленных очагах на Кавказе.

При сопоставлении положения эпицентров глубоких землетрясений со структурой поля поглощения (приняв, что глубины землетрясений района исследований в последние годы определяются весьма достоверно) оказалось, что к описанной выше зоне аномально низкой добротности на северо-западе района приурочено подавляющее большинство глубоких землетрясений с очагами в мантии ($H > 120$ км) по данным (Землетрясения России в 2001-2017).

Сейсмичность района исследований после землетрясения 1970 г. стала заметно выше. Это обстоятельство связывают как с перестройкой поля напряжений в результате сильнейшего события, так и с заполнением Чиркейского водохранилища, которое началось в августе 1974 г. В связи с наполнением водохранилищ часто наблюдается усиление сейсмической активности. Как правило, это происходит уже через 1-2 месяца после заполнения водохранилища. Сопровождающие землетрясения смещения по разломам возникают в десятках километров от зеркала водохранилища.

С августа 1974 по январь 1975 гг. цепью с юга на север прошли сильные события $K \geq 13$ от Бежтинского (№ 4) до Буйнакского землетрясения (№ 7) (см. рис.1, табл.1). Землетрясения Киятлинское, Салатауское и Буйнакское по времени возникновения и расстоянию до плотины можно связать с заполнением водохранилища. Бежтинское землетрясение произошло практически одновременно с началом заполнения, кроме того, оно локализовано существенно дальше от плотины. Тем не менее, связь этого землетрясения с Киятлинским просматривается. Прежде всего, очаговые зоны обоих землетрясений связаны зоной разломов. Перед Бежтинским землетрясением сформировались две области затишья: на север и на юг от эпицентра события (рис. 5).

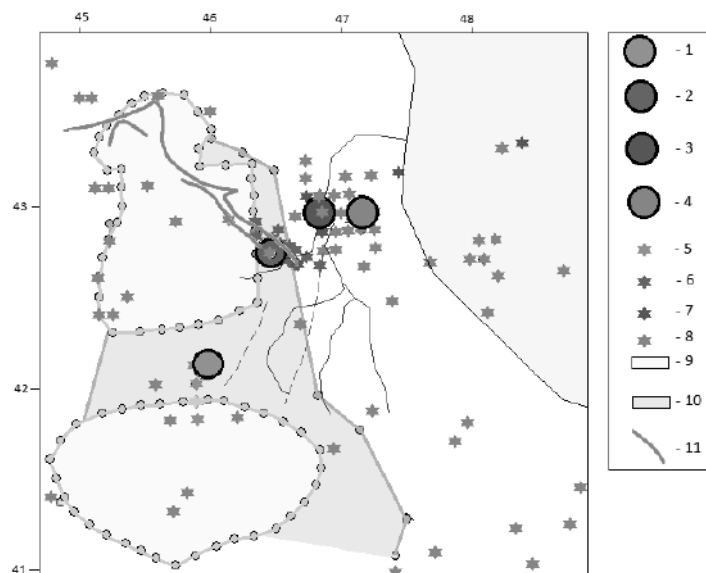


Рис. 5. Сейсмическая ситуация в окрестностях Дагестанского землетрясения в связи с заполнением Чиркейского водохранилища. 1-4 -эпицентры землетрясений соответственно Бежтинского (04.08.1974), Киятлинского (13.11.1974), Салатауского (23.12.1974), Буйнакского (09.01.1975); 5-8 их афтершоки; 9, 10 – зоны затишья перед Бежтинским и Киятлинским землетрясениями соответственно; 11 – ослабленная зона (см. рис.1).

Возбужденные землетрясения возникают в местах, где накопились естественные тектонические напряжения. Дополнительная нагрузка добавляет или *перераспределяет* напряжения. Ни само Бейтинское землетрясение, ни его немногочисленные афтершоки не изменили ситуации затишья, которое длилось до момента реализации Киятлинского землетрясения.

Афтершоковая область Киятлинского землетрясения протирается вдоль зоны сильного поглощения (в рамках выбранной нами модели сильное поглощение является следствием повышенного флюидонасыщения). Наличие трещиноватых пород и разломов, напряжений тектонического происхождения, рост порового давления, вызываемый проникновением фильтрационных вод в глубинные слои массива, изменяют характер взаимодействия отдельных блоков. Увеличение порового давления снижает трение между блоками массива, что приводит к смещению блоков по ранее образованным разрывам, в результате чего массив и окружающие его массивы освобождается от накопленных напряжений. Об этом свидетельствует распределение афтершоков Буйнакского землетрясения и эпицентров событий соответствующего им периода во всем исследуемом районе.

Заключение. В работе приводятся результаты изучения поля поглощения поперечных волн в мантии в окрестностях очага Дагестанского 1970 г. землетрясения и близлежащем районе с использованием метода короткопериодной коды.

В пределах очаговых зон Дагестанского и Кизилюртского землетрясений поле поглощения поперечных волн мало контрастно. Здесь Q_S варьирует от 150 до 300, положение ослабленных зон не соответствует известным активным разломам, тем не менее, северо-восток – юго-западное их простираие совпадает с простираием космофотолинеаментов. Эффективная добротность в районе форшока и сильнейшего афтершока, минимальна в пределах очаговой области Дагестанского землетрясения. В области эпицентра, по-видимому, имеет место контакт двух относительно добротных блоков.

В границах района исследований выделяются небольшие блоки слабого поглощения, изометричные в плане, в которых поглощение уменьшается в направлении от границ к центральным областям блоков, где добротность достигает 400 – 600 и даже 1000. В пределах линейно вытянутых низкодобротных зон $Q_S = 100-200$. Минимальные значения $Q_S = 100$ отмечены в северо-западной ее части. В пределах этой низкодобротной зоны (и соответственно низкоскоростной аномалии) зафиксирован максимальный на исследуемой территории тепловой поток, более 1.6 ед. К ней же приурочено подавляющее большинство глубоких землетрясений с очагами в мантии ($H > 120$ км) по данным (Землетрясения России в 2001-2017).

Литература

1. Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. Сейсмология. Геология. Геофизика. М.: Наука. 1980. 220 с.
2. Aptikaeva, O.I. and Kopnichev, Yu.F., Fine structure of the lithosphere and asthenosphere in the Garm area and its relationship to seismicity //Dokl. Akad. Nauk. SSSR. 1991. vol. 317. no. 3. P. 326–330.
3. Аптикаева О.И., Копничев Ю.Ф. Детальное картирование литосферы и астеносферы Гармского района по поглощению поперечных волн //Вулканология и сейсмология. 1992. №5-6. С.101-118.
4. Балавадзе Б.К., Твалтвадзе Г.К., Шенгелая Г.Ш., Сихарулидзе Д.И., Картвелишвили К.М. Геофизические исследования земной коры и верхней мантии в области Кавказа //Геотектоника. 1966. №3. С. 30-40
5. Aptikaeva O. I. S-Wave Attenuation Field and Seismotectonics of Eastern Anatolia //Seismic Instruments. 2020. Vol. 56, No. 1. P. 106–120.
6. Шолпо В.Н., Рогожин Е.А., Гончаров М.А. Складчатость Большого Кавказа. М.: Наука, 1993. 192 с.
7. Асманов О.А., Амиров С.Р., Даниялов М.Г., Левкович Р.А., Мирзалиев М.М., Осокина А.Ш., Габсатарова И.П., Михайлова Р.С. Кизилюртское землетрясение 31 января 1999 года с $M_S=5.5$, $I_0=7$ (Дагестан) //Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. Обнинск: ФОП, 2005. 368 с.

8. Арефьев С.С., Стасюк Е.И., Ривера Л. Модель очага Дагестанского землетрясения 1970 г. //Физика Земли. 2004. № 2. С. 15-27
9. Раутиан Т.Г., Халтурин В.И., Шенгелия И.С. Огибающие сейсмической коды и оценка магнитуд землетрясений Северного Кавказа //Физика Земли. 1979. № 6. С. 22-29
10. Шебалин Н.В., Бузрукова Д.И. Затухание сейсмических сотрясений и добротности среды //Вопр. инженерной сейсмологии. Выл.30. 1989. С.63-72.
11. Винник Л.П., Годзиковская А.А., Патарая Е.И., Сихарулидзе Д.И., Баграмян А.Х. Скоростные аномалии верхней мантии Кавказа //Физика Земли. 1978. № 7. С. 22-31
12. Арефьев С.С. Эпицентральные сейсмологические исследования. М.: ИКЦ Академкнига. 2003. 376 с.
13. Koulakov I., Zabelina I., Amanatashvili I., Meskhia V. Nature of orogenesis and volcanism in the Caucasus region based on results of regional tomography //Solid Earth. 2012. № 3. P. 327–337
14. Special catalogue of earthquakes of the Northern Eurasia (SECNE), Editors N.V. Kondorskaya and V.I. Ulomov, 1995. <http://socrates.wdcb.ru/scetac/> and <http://www.seismo.ethz.ch/gshap/neurasia/nordasiacat.txt>
15. Годзиковская А.А. Мантийные землетрясения Кавказа в районе Терско-Сунженского прогиба //Физика Земли.1988. № 7. С. 102-106
16. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1974. 53 с.
17. Цхакая А.Д. О глубинах кавказских землетрясений //Изв. АН СССР. Сер. геофиз., 1962, № 5. С. 577–584.
18. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1977. 535 с.

УДК 550.4, 550.34

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-57-69

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА

Саидов О.А.¹, Таймазов Д.Г.^{1,2}, Магомедов С.Р.³, Магомед-Касумов М.Г.^{1,3},
Шарапудинов Т.И.^{1,3}, Султанахмедов М.С.^{1,3}

¹Единая геофизическая служба РАН,

²Институт геологии ДФИЦ РАН,

³Отдел математики и информатики ДФИЦ РАН

Разработан алгоритм и компьютерная программа для количественной оценки надежности геохимических предвестников землетрясений, выявленных ранее по визуальному сопоставлению временных рядов. С использованием программы обработаны геохимические временные ряды, полученные на пункте Дубки (водород, 2004-2019 гг.) и на пункте Караман (гелий, 2006-2011 и 2018-2019 гг.).

Ключевые слова: Восточный Кавказ, подземные газы, концентрация, водород, гелий, дисперсия, сейсмический режим, энергетический класс, корреляция.

COMPARATIVE ANALYSIS OF GEOCHEMICAL TIME SERIES AND SEISMIC REGIME OF DAGESTAN TERRITORY

Saidov¹ O.A., Taymazov^{1,2} D.G., Magomedov³ S.R., Magomed-Kasumov^{1,3} M.G.,
Sharapudinov^{1,3} T.I., Sultanakhmedov^{1,3} M.S.

¹Unified Geophysical Service of RAS,

²Institute of Geology, DPRC RAS,

³Department of Mathematics and Informatics, DPRC RAS

An algorithm and a computer program are developed for a quantitative assessment of the reliability of geochemical precursors of earthquakes, identified earlier by visual comparison of time series. Using the program, the geochemical time series obtained at Dubki point (hydrogen, 2004-2019) and at Karaman point (helium, 2006-2011 and 2018-2019) were processed.

Keywords: Eastern Caucasus, underground gases, concentration, hydrogen, helium, dispersion, seismic regime, energy class, correlation.

Описание алгоритма

В ходе визуального сравнения графика дисперсии, построенного с использованием окна в 10 суток для временного ряда посуточных наблюдений концентраций водорода и гелия в подземных газах на пунктах Дубки, Караман и др., и временного ряда сейсмических событий, произошедших за тот же период на территории Дагестана, была замечена тенденция попадания значимых событий на интервалы минимумов дисперсии [1,2,3]. Количественная проверка этой тенденции для временных рядов концентраций водорода за период 2004-2019 гг. и гелия за два периода 2006-2011 гг. и 2018-2019 гг., полученных на пункте Дубки и на пункте Караман соответственно, была проведена в статье [4]. В данной статье мы проанализируем статистику попадания событий не только на интервалы минимума, но также и на интервалы убывания, возрастания и максимума исследуемого параметра. Применяемый нами алгоритм включает в себя следующие шаги.

1. Для графика дисперсии выполняется поиск точек минимума и максимума.

2. Для каждой точки минимума x_{\min}^{\downarrow} слева и справа осуществляется поиск ближайших точек максимума $x_{\max}^{\uparrow-}$ и $x_{\max}^{\uparrow+}$ соответственно. Вводятся в рассмотрение интервалы

убывания $[x_{1\max}^{\uparrow} - \delta_{1-}, x_{1\min} - \delta_{1-}]$, минимума $[x_{\min} - \delta_{-}, x_{\min} + \delta_{+}]$, возрастания $[x_{1\min} + \delta_{1+}, x_{1\max}^{\uparrow} + \delta_{1+}]$ и максимума $[x_{1\max}^{\uparrow} - \delta_{1-}, x_{1\max}^{\uparrow} + \delta_{1-}]$ и $[x_{1\max}^{\uparrow} + \delta_{1+}, x_{1\max}^{\uparrow} + \delta_{1+}]$, где $\delta_{1-} = |x_{1\min} - x_{1\max}^{\uparrow}| / 4$ и $\delta_{1+} = |x_{1\max}^{\uparrow} - x_{1\min}| / 4$.

Таким образом, получаем 4 типа интервалов (рис. 1).

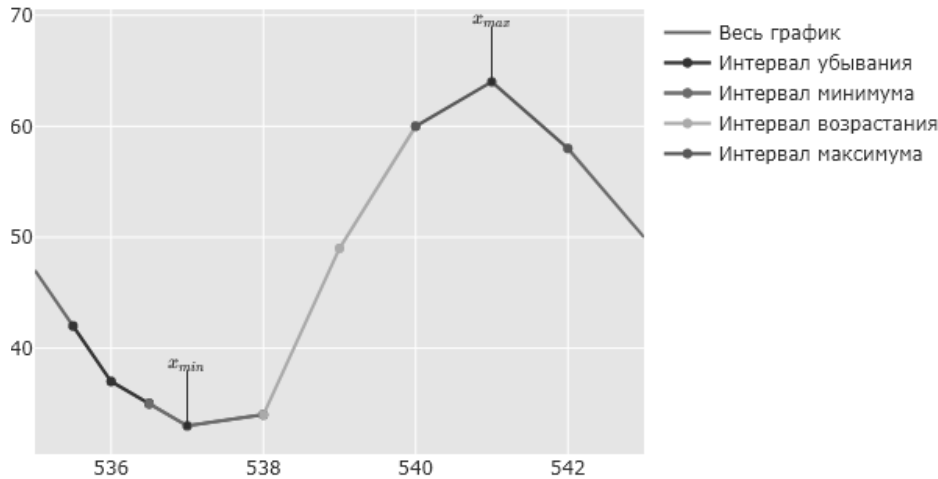


Рис. 1. Временные интервалы убывания, минимума, возрастания и максимума исследуемого параметра (по оси абсцисс отложено время, по оси ординат – значения рассматриваемого параметра)

3. Для каждого типа интервала t подсчитывается частота h_t попаданий землетрясений, имеющих энергетический класс не ниже K (K меняется от 9 до 12), в соответствующие интервалы. Затем эта частота сравнивается с величиной $\tau_t = \frac{l_t}{l}$, где l_t – суммарная длительность всех интервалов типа t , а l – длительность всего рассматриваемого периода. Если $h_t > \tau_t$, то это будет означать, что события преимущественно попадают в интервалы данного типа.

Обработка данных без учета удаленности очагов

С помощью описанного выше алгоритма были обработаны данные о концентрации водорода в приземной атмосфере, полученные на станции Дубки (43.021644 с.ш., 46.836973 в.д.) за период с 01.01.2004 по 31.12.2019, а также данные о концентрации гелия в попутных газах в самоизливающейся скважине на станции Караман (43.2 с.ш., 47.34 в.д.) с 15.04.2006 по 13.05.2011 и с 08.03.2018 по 31.12.2019. Результаты обработки без учета удаленности очагов представлены в табл. 1 (см. также рис. 2, 4) и 2 (см. также рис. 4, 5).

Как видно из таблиц и рис. 3 и 5, наблюдается повышенное количество попаданий событий на интервалы возрастания дисперсии водорода и интервалы максимума дисперсии гелия, причем для гелия эта тенденция проявляется тем сильнее, чем выше класс событий.

Обработка данных с учетом удаленности очагов

Те же самые данные были обработаны с учетом удаленности очагов, т.е. в расчет брались только события в радиусе R км от соответствующей станции, равном радиусу области подготовки землетрясения, который вычислялся по известной эмпирической формуле [5] $R = 10^{0.42 \frac{2K-9.6}{3}}$, где K – класс землетрясения. Результаты представлены в табл. 3 (рис. 6, 7) и 4 (рис. 8, 9) соответственно.

Таблица 1.

Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки (10.01.2004–7.04.2019)

К	Радиус R	Кол-во событий	Частота попаданий h (%) на интервал			
			убывания	минимума	возрастания	максимума
9	На всей территории Дагестана	1008	20,63	26,48	28,17	24,70
10		361	19,95	25,76	28,25	26,04
11		115	20,87	23,48	27,82	27,82
12		31	16,13	25,81	29,03	29,03
Величина τ , %			21,91	28,11	21,49	28,49

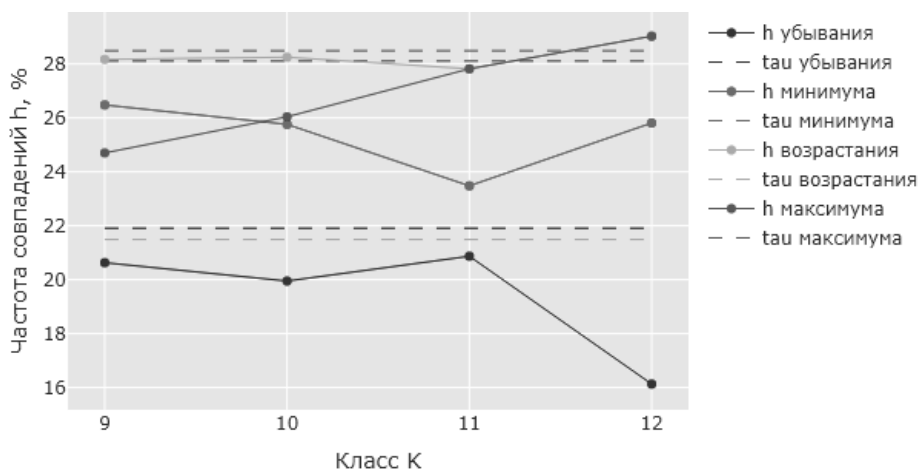


Рис. 2. Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки

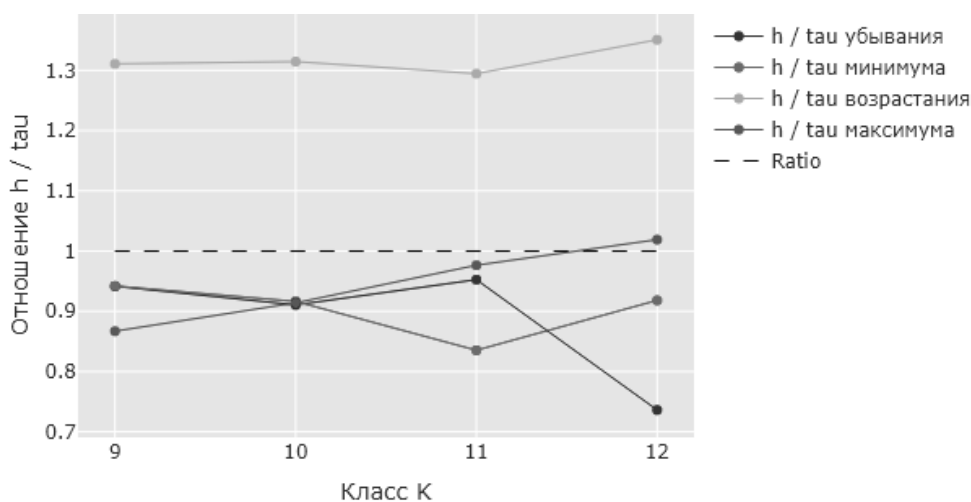


Рис. 3. Нормализованная относительно tau статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки

Таблица 2.

Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации гелия на геохимическом пункте Караман (24.04.2006–04.05.2011, 17.03.2018–22.12.2019)

К	Радиус R	Кол-во событий	Частота попаданий h (%) на интервал			
			убывания	минимума	возрастания	максимума
9	На всей территории Дагестана	503	18,89	24,65	21,87	34,60
10		182	19,78	25,27	20,33	34,62
11		60	16,67	25,00	15,00	43,34
12		15	20,00	20,00	13,33	46,67
Величина τ , %			19,53	28,96	22,15	29,36

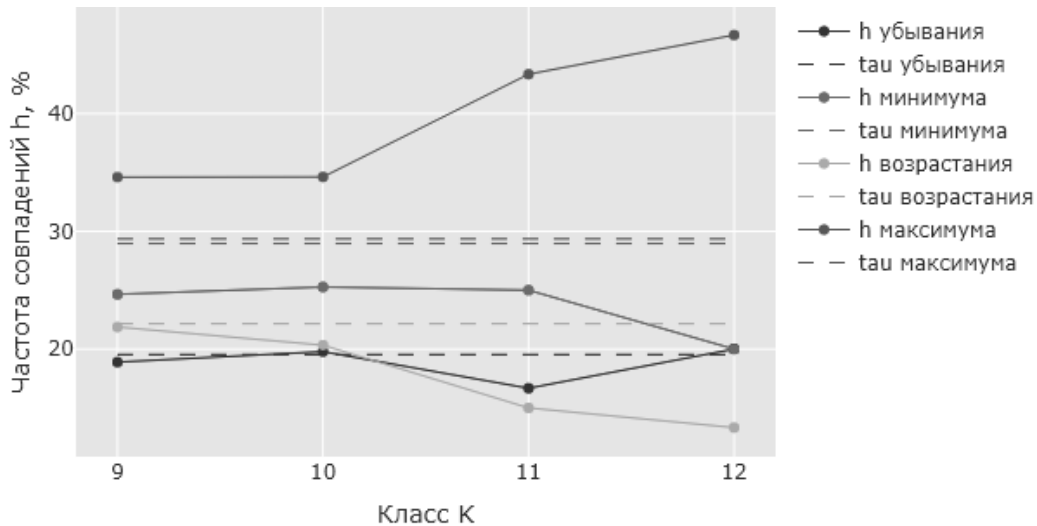


Рис. 4. Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов дисперсии концентрации гелия на геохимическом пункте Караман

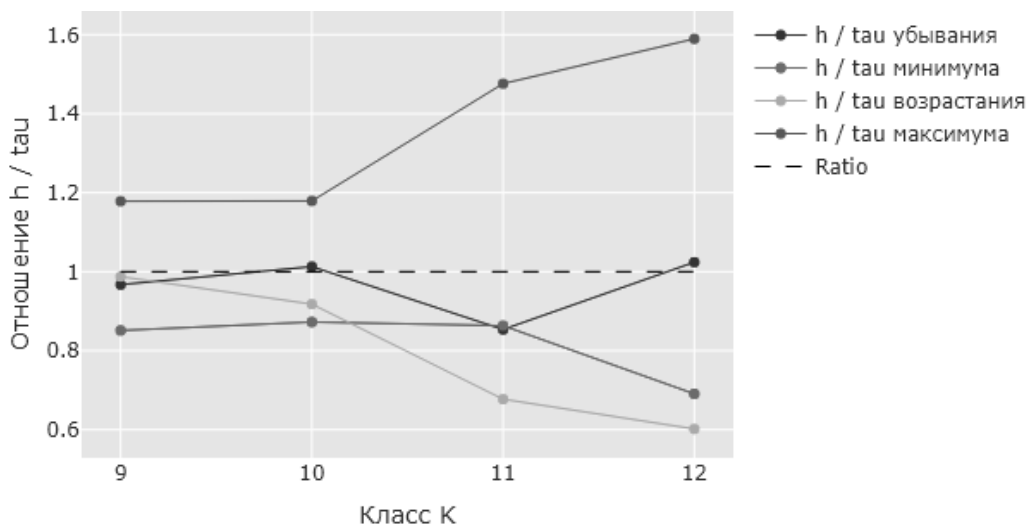


Рис. 5. Нормализованная относительно tau статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов дисперсии концентрации гелия на геохимическом пункте Караман

Таблица 3.

Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки (10.01.2004–7.04.2019)

К	Радиус R, км	Кол-во событий	Частота попаданий h (%) на интервал			
			убывания	минимума	возрастания	максимума
9	16	4	25,00	25,00	25,00	25,00
10	31	11	36,36	27,27	27,27	9,09
11	60	8	0,00	0,00	50,00	50,00
12	116	5	0,00	0,00	80,00	20,00
Величина τ , %			21,91	28,11	21,49	28,49

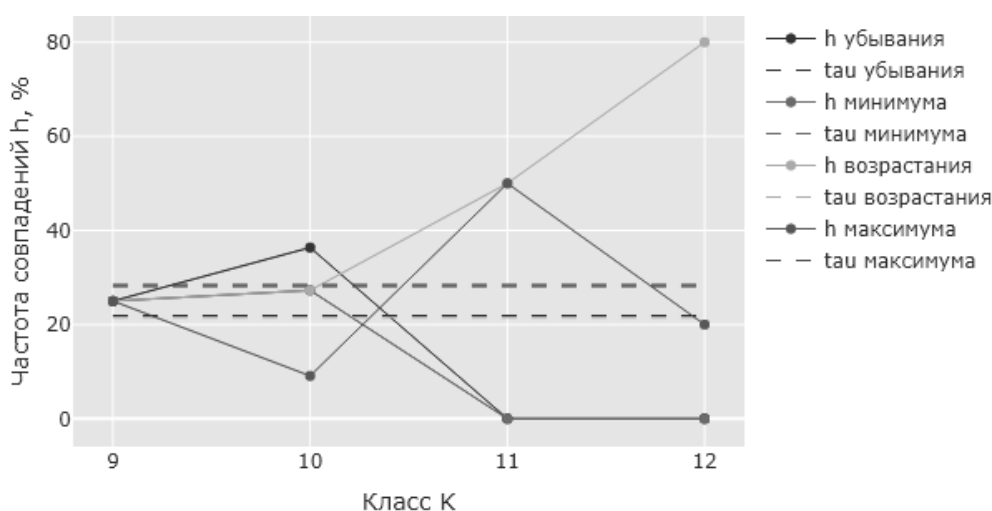


Рис. 6. Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки

Таблица 4.

Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации гелия на геохимическом пункте Караман (24.04.2006–04.05.2011, 17.03.2018–22.12.2019)

К	Радиус R, км	Кол-во событий	Частота попаданий h (%) на интервал			
			убывания	минимума	возрастания	максимума
9	16	1	100,00	0,00	0,00	0,00
10	31	6	66,67	16,67	0,00	16,67

11	60	3	66,67	33,33	0,00	0,00
12	116	4	25,00	25,00	0,00	50,00
Величина τ , %			19,53	28,96	22,15	29,36

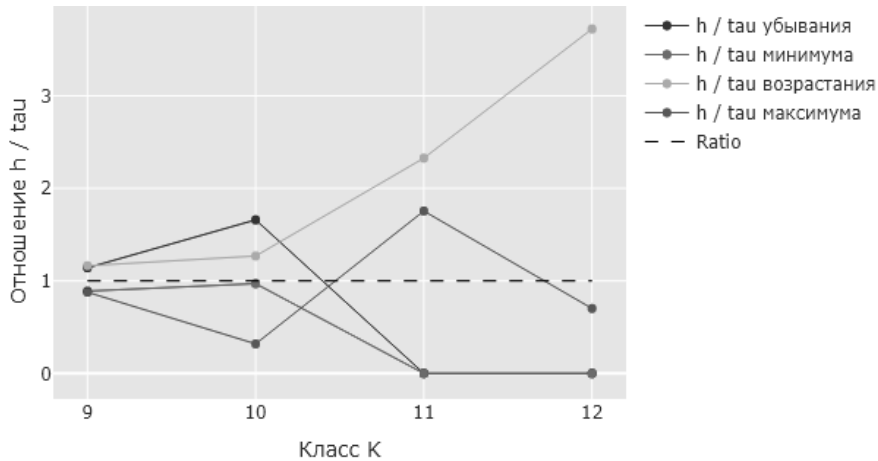


Рис. 7. Нормализованная относительно τ статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки

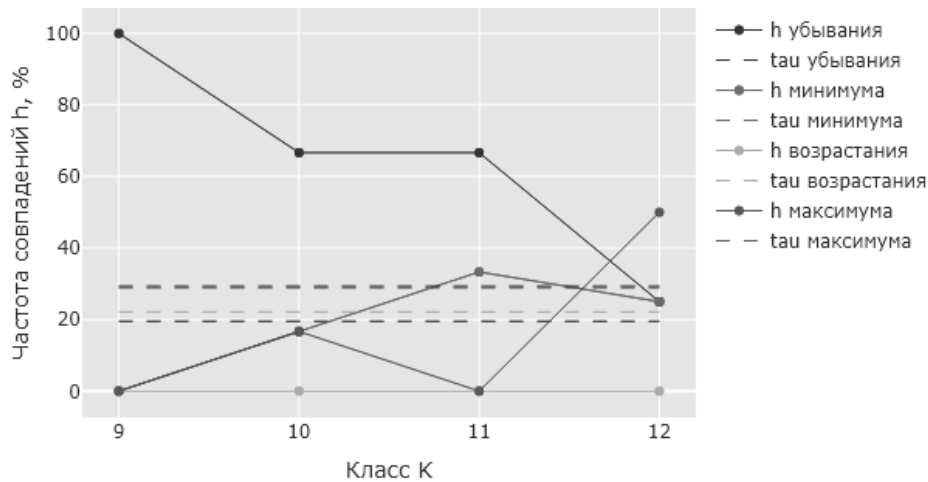


Рис. 8. Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации гелия на геохимическом пункте Караман

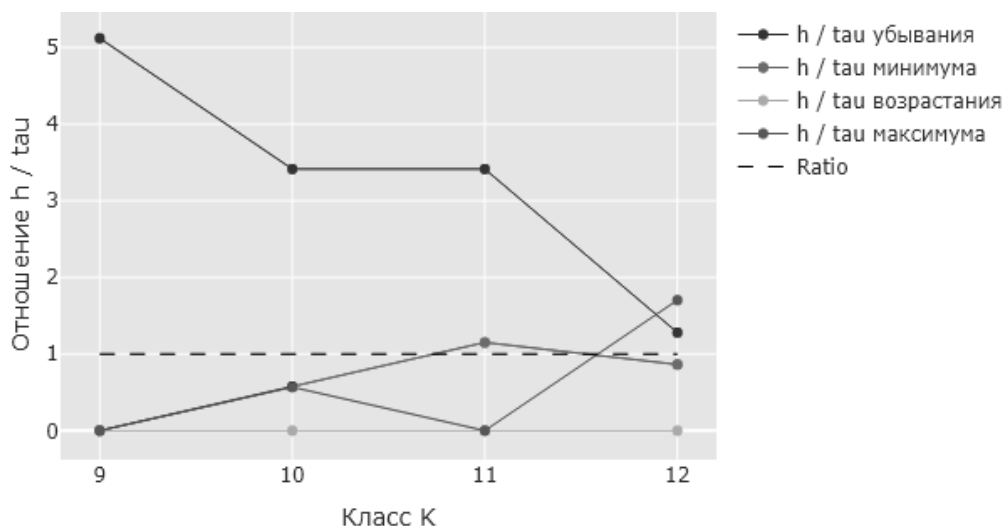


Рис. 9. Нормализованная относительно tau статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов изменения дисперсии концентрации гелия на геохимическом пункте Караман

Для водорода условие $h > \tau$ выполняется на интервале убывания для класса землетрясений 10, на интервале возрастания для классов 11 и 12, а также для интервала максимума для класса 11. Для гелия большинство результатов не соответствуют условию $h > \tau$, кроме случаев на интервале убывания для классов 9, 10, 11, а также для интервала максимума для класса 12. Стоит обратить внимание на тот факт, что на обеих станциях для каждого класса мы имеем малое количество событий, которого недостаточно для обеспечения статистической значимости полученных результатов.

Обработка временных рядов концентраций (без перехода к дисперсии)

Приведем для сравнения результаты анализа по тому же алгоритму временных рядов самих концентраций водорода и гелия по станциям Дубки и Караман соответственно (табл. 5-8) (рис. 10–17).

Таблица 5.

Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки (01.01.2004–16.04.2019)

К	Радиус R	Кол-во событий	Частота попаданий h (%) на интервал			
			убывания	минимума	возрастания	максимума
9	На всей территории Дагестана	1012	16,70	36,16	16,10	31,02
10		362	16,85	38,67	16,02	28,45
11		115	18,26	39,13	14,79	27,83
12		31	12,90	41,93	12,90	32,26
Величина τ, %			19,26	31,85	17,40	31,49

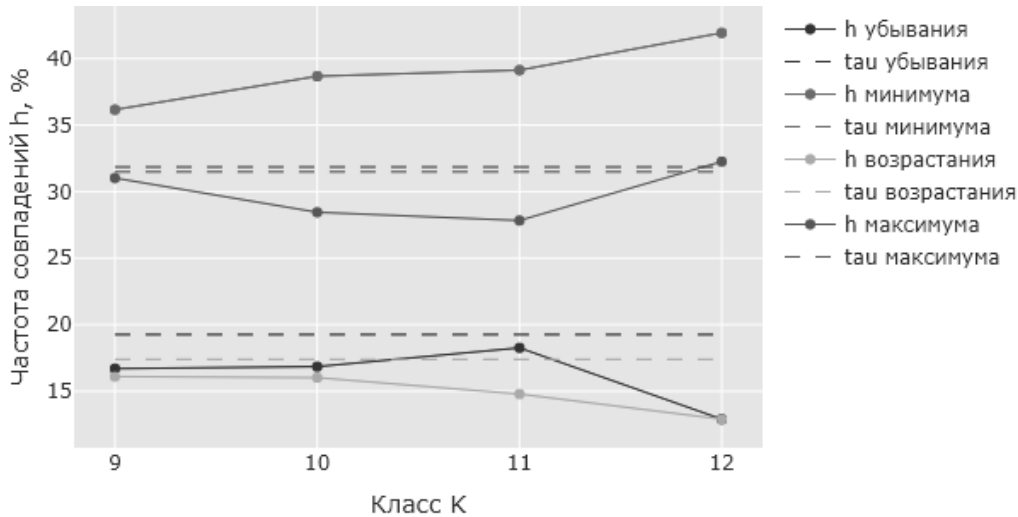


Рис. 10. Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки

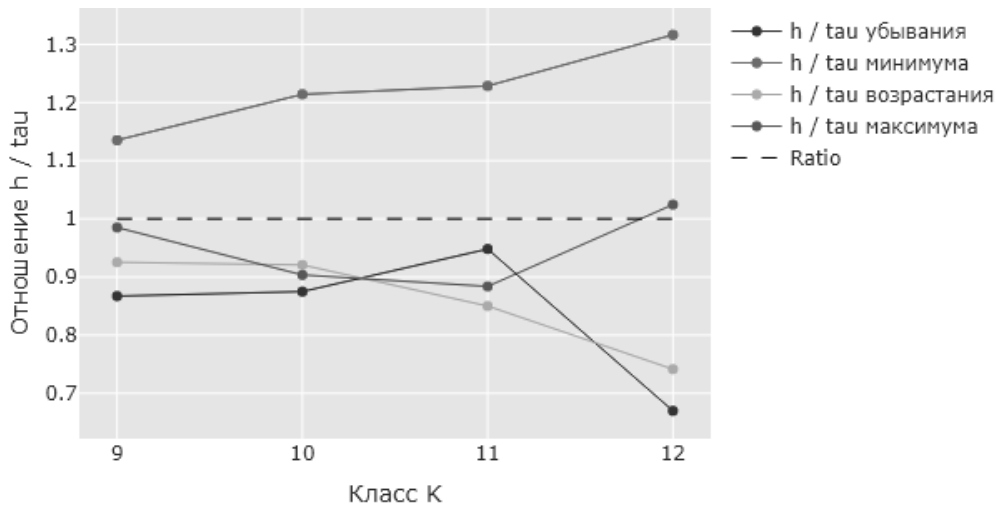


Рис. 11. Нормализованная относительно tau статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки

Таблица 6.

Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов концентрации гелия на геохимическом пункте Караман (15.04.2006–13.05.2011, 8.03.2018–31.12.2019)

К	Радиус R	Кол-во событий	Частота попаданий h (%) на интервал			
			убывания	минимума	возрастания	максимума
9	На всей территории Дагестана	509	16,50	31,04	19,64	32,81
10		183	15,30	30,60	21,32	32,79
11		60	16,67	40,00	18,33	25,00
12		15	20,00	33,34	26,67	20,00
Величина tau, %			15,01	35,76	14,84	34,38

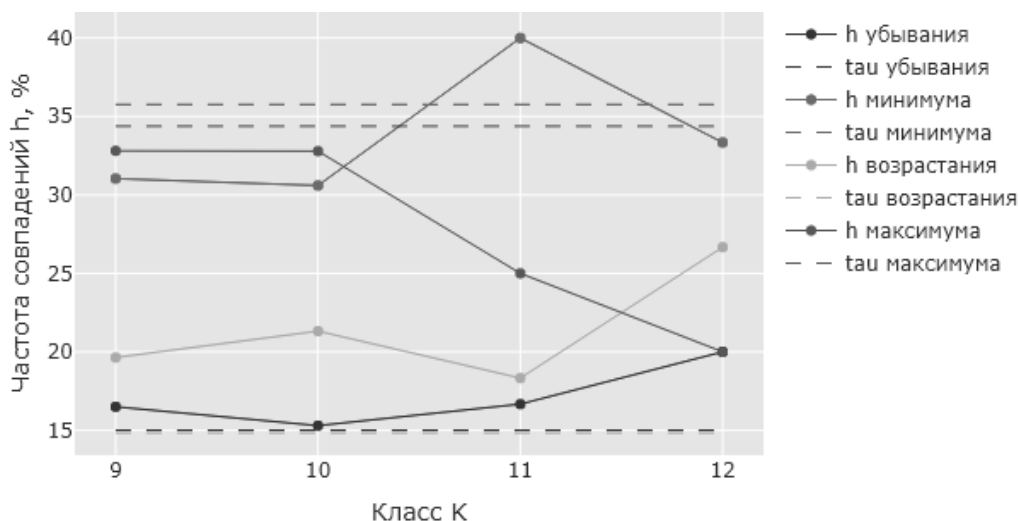


Рис. 12. Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов концентрации гелия на геохимическом пункте Караман

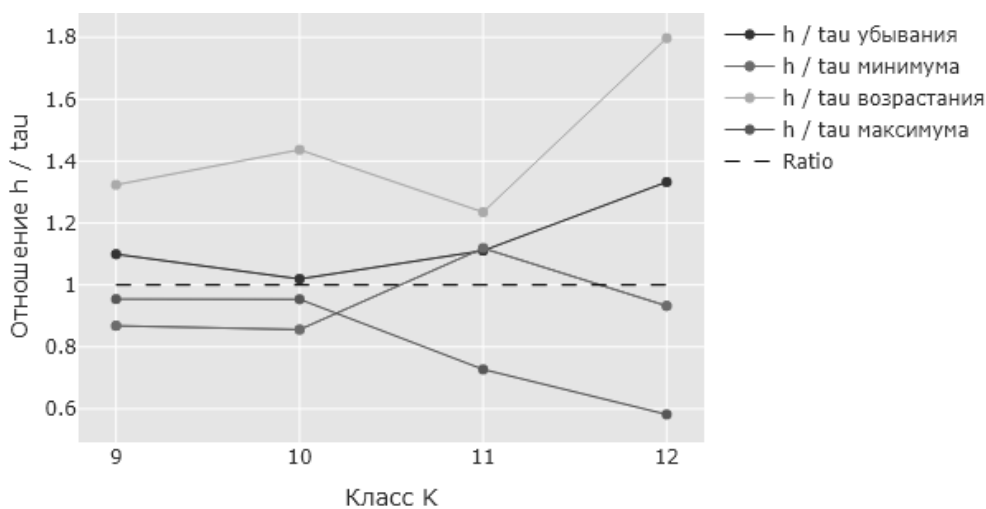


Рис. 13. Нормализованная относительно tau статистика попадания землетрясений на территории Дагестана на разные типы интервалов концентрации гелия на геохимическом пункте Караман

Таблица 7.

Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки (01.01.2004–16.04.2019)

К	Радиус R	Кол-во событий	Частота попаданий h (%) на интервал			
			убывания	минимума	возрастания	максимума
9	16	4	25,00	25,00	25,00	25,00
10	31	11	9,09	27,27	36,36	27,27
11	60	8	12,50	37,50	25,00	25,00
12	116	5	20,00	80,00	0,00	0,00
Величина τ , %			19,26	31,85	17,40	31,49

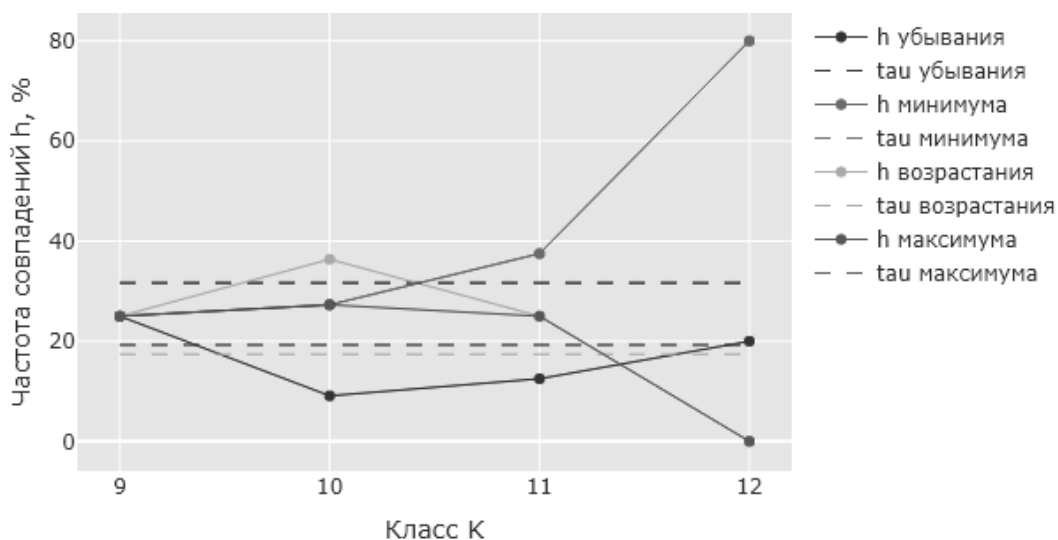


Рис. 14. Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки

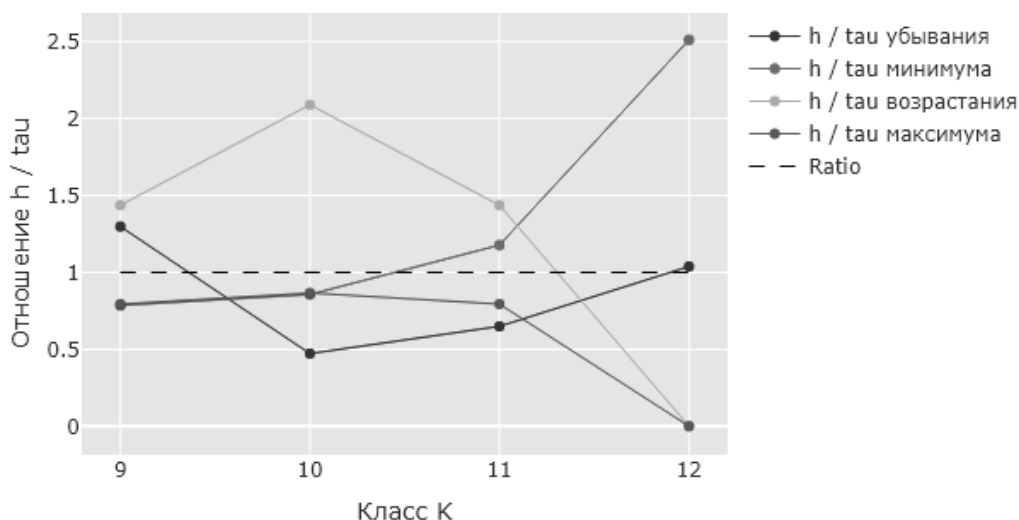


Рис. 15. Нормализованная относительно tau статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов концентрации водорода на геохимическом пункте Дубки

Таблица 8.

Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов концентрации гелия на геохимическом пункте Караман (15.04.2006–13.05.2011, 8.03.2018–31.12.2019)

К	Радиус R	Кол-во событий	Частота попаданий h (%) на интервал			
			убывания	минимума	возрастания	максимума
9	16	1	0,00	0,00	0,00	100,00
10	31	6	0,00	50,00	0,00	50,00
11	60	3	33,33	0,00	33,33	33,33

12	116	4	25,00	0,00	50,00	25,00
Величина τ , %			15,01	35,76	14,84	34,38

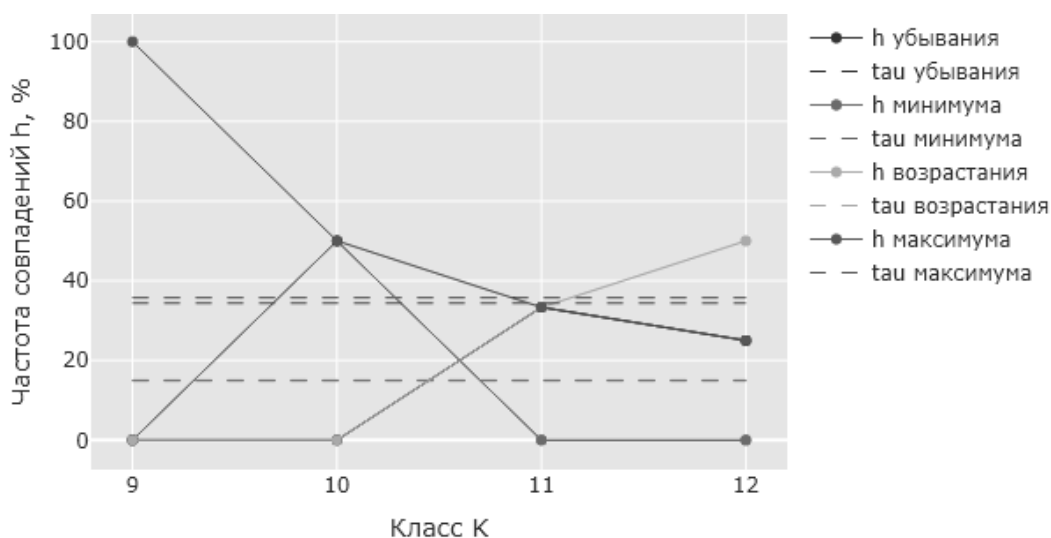


Рис. 16. Статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов концентрации гелия на геохимическом пункте Караман

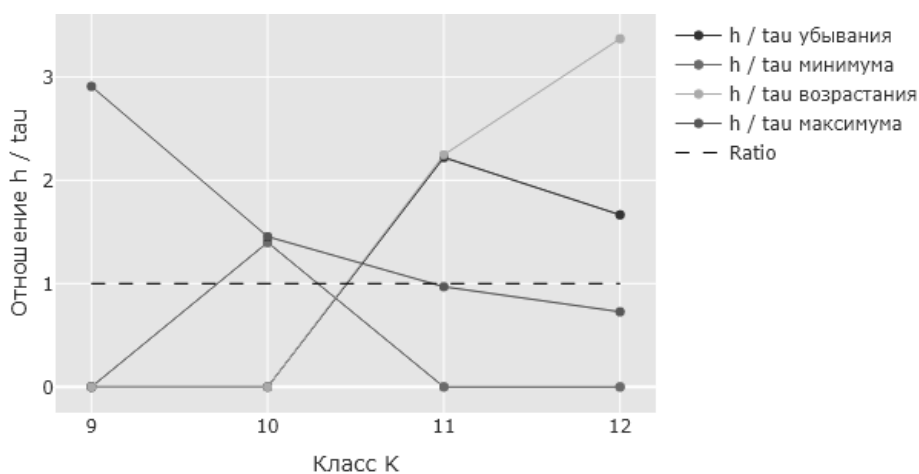


Рис. 17. Нормализованная относительно tau статистика попадания землетрясений на территории Дагестана, в область подготовки которых попадает геохимическая станция, на разные типы интервалов концентрации гелия на геохимическом пункте Караман

Замечания

В описанном выше алгоритме большое значение имеет выработка критериев определения существенных минимумов и максимумов. Рассмотрим, например, отрезок кривой, изображенный на рисунке 18.

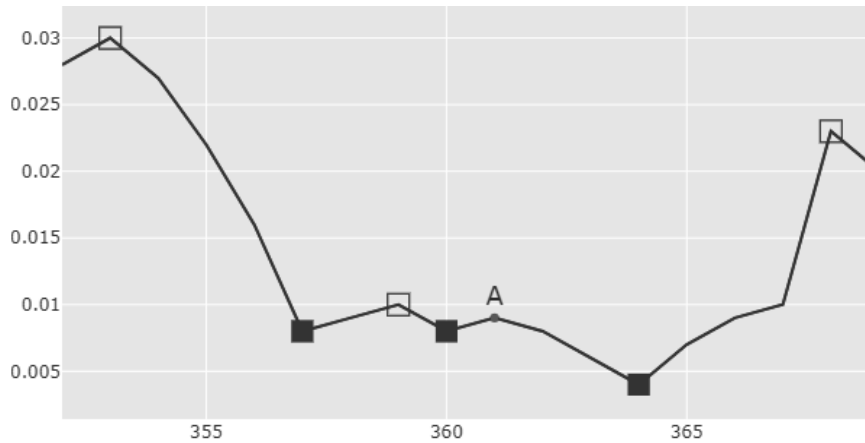


Рис. 18. Отрезок кривой дисперсии (темным цветом обозначены точки минимума, светлым – точки максимума).

Возникает вопрос, нужно ли считать А точкой максимума. Другими словами, появляется необходимость в построении критерия определения существенности точек минимумов и максимумов. Нами был применен следующий подход. Рассмотрим его на примере точек максимума. Сначала на кривой отмечаются все точки максимума. Затем каждая из обнаруженных точек проходит тест на «существенность», который заключается в том, что для выбранной точки x_{test} рассматриваются окрестности вида

$$[x_{test} + j - 10, x_{test} + j], j = 1, \dots, 10.$$

Если хотя бы в одной из этих окрестностей длиной в 10 отсчетов (суток) x_{test} является точкой абсолютного максимума, то ей присваивается статус «существенной» (например, на рис. 18 точка не является «существенной», потому что ни в одном окне она не является точкой абсолютного максимума). Все точки, не являющиеся существенными, более не считаются точками максимума. Такой подход имеет некоторые недостатки. В частности, он не учитывает в должной мере величину превышения тестируемой точки максимума над соседними точками минимума.

Также стоит отметить, что при исключении несущественных точек максимума возникают случаи, когда между двумя точками минимума нет точки максимума. В таком случае отрезок между этими точками будет считаться участком минимума. Аналогично мы получаем интервалы максимумов при исключении несущественных точек минимума.

Выводы

На основе анализа таблиц 1-8 и рис. 2-17 можно сделать следующие выводы.

1. Анализ сейсмических и геохимических временных рядов без учета радиусов зоны подготовки землетрясений показывает, что:

а) относительно преобладающее количество землетрясений выше 9 класса попадает на интервалы возрастания дисперсии концентрации водорода и на интервалы минимума концентрации водорода (см. рис. 3 и 11);

б) относительно преобладающее количество землетрясений выше 9 класса попадает на интервалы максимума дисперсии концентрации гелия и на интервалы возрастания концентрации гелия, причем разница становится тем заметней, чем выше класс событий (см. рис. 5 и 13).

2. а) Временные ряды дисперсий концентрации водорода теснее коррелируют с региональной сейсмичностью, чем ряды самих концентраций водорода. Однако, чем выше классы рассматриваемых событий, тем менее существенной становится разница (см. рис. 3 и 11);

б) Между степенью корреляции временных рядов концентраций гелия и их дисперсий с региональной сейсмичностью не наблюдается существенной разницы, т. е. заметного изменения корреляции при переходе к дисперсиям в случае гелия мы не обнаружили (см. рис. 5 и 13).

3. Сопоставительный анализ сейсмических и геохимических временных рядов, выполненный с учетом радиусов зоны подготовки землетрясений (таблицы 3,4,7,8), не приводит к однозначным выводам ввиду недостаточной статистики (количество событий не превышает 11 для пункта Дубки и 6 для пункта Караман). Следует расширить охватываемую наблюдениями площадь путем отбора и анализа проб в стационарных условиях.

Работа выполнена в рамках НИР Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310201-9.

Литература

1. Саидов О.А., Даниялов М.Г. Вариации водорода при крупных землетрясениях Кавказа и сопредельных территорий //Сейсмический мониторинг и изучение геодинамики территории Дагестана и акватории Среднего Каспия. Сборник трудов №1 ДФ ГС РАН /Отв. ред. Р.А. Левкович, А.Ш. Исмаилов – Махачкала: «Эпоха», 2007, с. 129-135.

2. Саидов О.А., Сулейманов А.И, Касумов Г.А., Воронцова Т.М. Результаты режимных наблюдений за параметрами подземных водно-газовых систем сейсмоактивной области «Дагестанский клин» //Сейсмический мониторинг и изучение геодинамики территории Дагестана и акватории Среднего Каспия. Сборник трудов №1 ДФ ГС РАН /Отв. ред. Р.А. Левкович, А.Ш. Исмаилов – Махачкала: «Эпоха», 2007, с. 140-148.

3. Саидов О.А. Исследование вариаций концентрации водорода в приземной атмосфере в связи с проявлением сейсмической активности //Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 2. – С. 76–83.

4. Саидов О.А., Таймазов Д.Г., Шарапудинов Т.И., Магомед-Касумов М.Г. О корреляции геохимических временных рядов с сейсмическим режимом территории Дагестана //Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала, 2013 г., № 62, с. 270–274.

5. Прогноз землетрясений, № 3 (отв. ред. М.А. Садовский). Душанбе–Москва: Дониш, 1984, с. 216.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-70-77

ВАРИАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СЕТИ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ ДАГЕСТАНА, ВАРИАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ИХ СВЯЗИ С ЭНДОГЕННЫМИ И ЭКЗОГЕННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ В 2020 г.

Алиев И.А., Магомедов А.Г.

Институт геологии Дагестанского ФИЦ РАН

В статье рассматриваются результаты наблюдений вариаций кажущегося сопротивления горных пород, и вариаций модуля полного вектора геомагнитного поля Земли полученных на сети станций Института геологии ДФИЦ РАН в 2020 г. Показано, что в наблюдаемых вариациях геомагнитного поля Земли, как и вариациях кажущегося сопротивления горных пород, отмечаются эндогенные и отсутствуют экзогенные причины.

Ключевые слова: кажущееся сопротивление горных пород, модуль полного вектора геомагнитного поля Земли, тектонические напряжения и деформации от сейсмических событий, геомагнитная активность

VARIATIONS OF GEOPHYSICAL PARAMETERS ON THE NETWORK OF OBSERVATORIES DAGESTAN, VARIATIONS IN SEISMIC ACTIVITY AND THEIR RELATIONSHIP TO ENDOGENOUS AND EXOGENOUS IMPACTS IN 2020

Aliiev I.A., Magomedov A.G.

Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, RAS

The article considers the results of observations of variations in the apparent resistance of rocks and variations in the module of the full vector of the Earth's geomagnetic field obtained at the network of stations of the Institute of Geology, DFRC RAS in 2020. It is shown that the observed variations of the Earth's geomagnetic field, as well as variations of the apparent resistance of rocks, have endogenous and no exogenous causes.

Keywords: apparent resistance of rocks, modulus of the full vector of the Earth's geomagnetic field, tectonic stresses and deformations from seismic events, geomagnetic activity

Введение

Возможные причины вариаций геофизических и геохимических параметров можно разделить на 2 основных вида: это эндогенные и экзогенные причины. Также отмечали, что в вариации наблюдаемых геофизических и геохимических параметров на сети станций Института геологии ДФИЦ РАН [Мамаев и др., 2009; Таймазов и др, 2011; Таймазов и др, 2013], значительный вклад вносят деформации от сейсмических событий [Алиев И.А. и др., 2016]. Поэтому в качестве основных эндогенных причин будем рассматривать тектонические напряжения и деформации от сейсмических событий. Из экзогенных причин: основной вклад идет от Солнечно-Земных связей – изменений геомагнитной активности [Заболотная Н.А, 2007] и гравитационных явлений, связанных с движениями Земли в Солнечной системе и Галактике. Эти движения и их вариации отражаются в геологических процессах, происходящих в Земле, и коррелируют с её геофизическими полями. Существует связь между геодинамическими процессами и гравитационными явлениями [A.V.Vikulin, at all, 2014].

Измерительная аппаратура, геофизическая станция «Георезистор» [Идармачев Ш.Г. и др., 2001], для наблюдения за вариациями кажущегося сопротивления горных пород (КС), сети наблюдательных пунктов ИГ ДФИЦ РАН [Мамаев и др., 2009; Таймазов и др, 2011; Таймазов и др, 2013], измеряет КС горных пород ежечасно, затем вычисляется среднее за сутки. Имея часовые данные вариаций КС горных пород можно сравнить их с вариациями индексов геомагнитной активности [Заболотная Н.А. 2007], которые также вычисляются и ежечасно. Сравнить для того, что бы ответить на вопрос о возможном влиянии всплесков геомагнитной активности на измерительный блок, электроды геофизических станций и не вносят ли они искажения на измерение КС горных пород. Магнитные вариации, представляющие собой перемен-

ное магнитное поле Земли, должны индуцировать в любой проводящей среде электрические токи, которые в свою очередь становятся источниками электромагнитного поля (ЭМП). Это ЭМП является вторичным по отношению к ЭМП породившего его. Так как поверхностные слои Земли (осадочная толща) являются электропроводными, то в них возникают индуцированные электрические токи (земные или теллурические токи), электромагнитные поля от которых суммируются на поверхности Земли с ЭМП от ионосферно-магнитосферных источников [Заболотная Н.А. 2007].

Индексы геомагнитной активности являются количественной мерой магнитной активности и отражают весь диапазон возмущений магнитного поля Земли, т. е. при их вычислении учитываются все типы вариаций, которые регистрируются на магнитограммах с разверткой 20 мм в час. Индексы измеряются в гаммах (γ) или нанотеслах (нТ). AE - индекс был рекомендован для выявления солнечно – земных связей. Численное значение AE - индекса лежит в интервале от 0 γ в магнитоспокойный день, до приблизительно +3000 γ (нТ) в возмущенный день. Если максимальное значение AE – индекса приблизительно +3000 γ (нТ), то для оказания минимального воздействия (искажения) на проводимые нами измерения должно быть 50 % от него, т.е. приблизительно +1500 γ (нТ). Можем считать, что 1000 γ - это уровень обнаруженного или обнаруживаемого воздействия, а 1500 γ - уровень обязательного воздействия на измеряемые параметры или измерительные линии.

Вариации геофизических параметров и сейсмической активности в 1 половине 2020 г.

В таблице 1 приведены данные, из каталога EMSC [10] (European-Mediterranean Seismological Centre), вариаций сейсмической активности за рассматриваемый 2020 год.

На рисунке 1 представлены магнитуды сейсмических событий происшедших в анализируемой области в 2020 году. Сейсмические события взяты с магнитудой $M \geq 3,9$, потому что в каталогах всегда продолжают уточнять положения эпицентров и вычислять магнитуды в течение года. Фоновым значением как видно из рисунка 1 можно считать магнитуду $M \geq 3,9$. Магнитуды $M \geq 4,5$ можно считать значительными. Подробная оценка деформаций от сейсмических событий нами проводилась ранее в [3,4,5]. Можно отметить всплеск сейсмической активности в феврале 2020 г (рис. 2.). Здесь представлены сейсмические события по месяцам с магнитудой $M \geq 4$, их фоновое значение 3 события в месяц.

Проанализируем представленные на рисунке 3 вариации модуля полного вектора геомагнитного поля Земли, вариации кажущегося сопротивления горных пород КС (относительные изменения), магнитуды последовательных сейсмических событий и вариации AE -индекса геомагнитной активности. Для более детального анализа анализируемые параметры представлены на рисунке 3 попарно по месяцам. Сразу отметим, что из экзогенных причин вариаций геофизических параметров надо исключить в рассматриваемый период гравитационные явления, связанные с движениями Земли в Солнечной системе и Галактике. Эти движения и их вариации, как указывали выше, отражаются в геологических процессах происходящих в Земле. Исключить потому что амплитуды вариаций при них значительно больше, и проявлялись они практически синхронно на всех наблюдательных геофизических и геохимических пунктах работавших в тот момент [1, 2]. Что в 2020 году мы не наблюдаем.

Оценим влияние Солнечно-Земных связей – изменений геомагнитной активности. Как указывали выше AE - индекс был рекомендован для выявления солнечно – земных связей. И можем считать, что 1000 γ (нТ) - это уровень обнаруженного или обнаруживаемого воздействия, а 1500 γ (нТ) - уровень обязательного воздействия на измеряемые параметры или измерительные линии. Январь 2020 г. рис.3(а) значение AE – индекса менее 900 γ (нТ), это означает, что нет проявлений Солнечно-Земных связей. Аналогично и в феврале значение AE – индекса менее 1300 γ (нТ), ниже уровня обязательного воздействия. В вариациях модуля полного вектора геомагнитного поля Земли и вариациях кажущегося сопротивления горных пород КС, в периоды максимальных магнитуд последовательных сейсмических событий наблюдаются синхронные изменения, что говорит об эндогенной причине – реакцию на тектонические напряжения и деформации от

сейсмических событий. Аналогично и в марте-апреле значение AE – индекса менее 1300 γ (нТ), а мае – июне менее 850 γ (нТ), т.е. ниже уровня обязательного воздействия.

Таблица 1.

<i>Date</i>	<i>Latitude (N)</i>	<i>Longitude (E)</i>	<i>Depth</i>	<i>Magnitude</i>	<i>Region name</i>
2020-06-28	37.12	54.52	10	4.3	NORTHERN IRAN
2020-06-27	39.81	54.79	10	4.5	TURKMENISTAN
2020-06-25	38.49	44.06	10	5.4	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-06-22	38.30	45.13	8	4.0	NORTHWESTERN IRAN
2020-06-21	40.04	43.05	7	3.9	EASTERN TURKEY
2020-06-15	39.35	40.75	5	5.5	EASTERN TURKEY
2020-06-14	39.36	40.74	7	4.5	EASTERN TURKEY
2020-06-14	39.35	40.73	5	5.9	EASTERN TURKEY
2020-05-27	35.78	52.03	12	4.0	NORTHERN IRAN
2020-05-22	39.40	40.01	5	4.3	EASTERN TURKEY
2020-05-18	34.23	45.72	10	4.3	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2020-05-18	43.89	43.02	10	4.0	CAUCASUS REGION, RUSSIA
2020-05-13	43.23	46.62	10	4.1	CAUCASUS REGION, RUSSIA
2020-05-07	35.78	52.04	11	3.9	NORTHERN IRAN
2020-05-07	35.78	52.05	7	4.6	NORTHERN IRAN
2020-05-03	41.06	46.42	10	4.3	AZERBAIJAN
2020-05-02	42.83	46.57	10	4.0	CAUCASUS REGION, RUSSIA
2020-04-29	35.38	45.14	10	4.8	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2020-04-21	38.01	42.75	8	4.1	EASTERN TURKEY
2020-04-21	41.91	45.94	10	4.1	GEORGIA (SAK'ART'VELO)
2020-04-20	40.42	53.21	10	4.0	TURKMENISTAN
2020-04-20	38.42	44.37	5	3.9	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-04-12	39.31	40.87	7	4.2	EASTERN TURKEY
2020-04-12	38.46	44.47	10	4.5	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-04-10	34.53	45.27	12	4.1	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2020-04-06	34.52	45.25	10	4.1	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2020-04-03	38.47	44.40	10	4.2	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-04-03	38.91	43.53	13	4.7	EASTERN TURKEY
2020-03-28	43.31	46.23	10	4.1	CAUCASUS REGION, RUSSIA
2020-03-26	38.30	44.33	5	4.4	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-03-20	43.08	45.49	10	3.9	CAUCASUS REGION, RUSSIA
2020-03-19	38.54	44.40	10	4.2	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-03-18	38.50	44.55	10	4.4	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-03-16	35.64	44.24	10	4.4	IRAQ
2020-03-14	34.56	50.72	10	4.0	CENTRAL IRAN
2020-03-10	40.18	42.66	5	4.0	EASTERN TURKEY
2020-03-10	38.43	44.49	10	4.0	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-03-06	38.48	44.42	10	4.4	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-03-04	38.42	44.50	10	3.9	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-25	38.44	44.35	10	4.4	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-24	38.46	44.49	10	4.2	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-24	38.38	44.47	10	4.2	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-23	38.38	44.50	10	4.0	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-23	38.41	44.50	10	4.0	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-23	38.44	44.51	10	4.0	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-23	38.47	44.48	10	4.5	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-23	38.45	44.53	10	4.1	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-23	38.42	44.55	10	6.0	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-23	38.38	44.51	10	4.3	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-23	38.44	44.49	10	5.7	TURKEY-IRAN BORDER REGION
2020-02-22	40.24	48.84	4	3.9	AZERBAIJAN
2020-02-17	37.41	48.99	10	3.9	NORTHWESTERN IRAN
2020-02-17	38.70	43.18	5	4.0	EASTERN TURKEY
2020-02-17	34.66	46.88	8	4.2	WESTERN IRAN
2020-02-15	38.10	48.12	6	4.4	NORTHWESTERN IRAN
2020-02-15	40.07	50.56	10	4.7	CASPIAN SEA, AZERBAIJAN
2020-02-12	37.09	49.61	10	4.3	NEAR THE COAST OF IRAN
2020-02-10	36.78	54.84	10	4.2	NORTHERN IRAN
2020-02-04	39.83	54.76	10	4.2	TURKMENISTAN
2020-01-29	37.05	45.07	10	4.9	NORTHWESTERN IRAN
2020-01-09	34.64	45.53	10	4.7	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2020-01-06	40.36	53.05	49	4.9	TURKMENISTAN

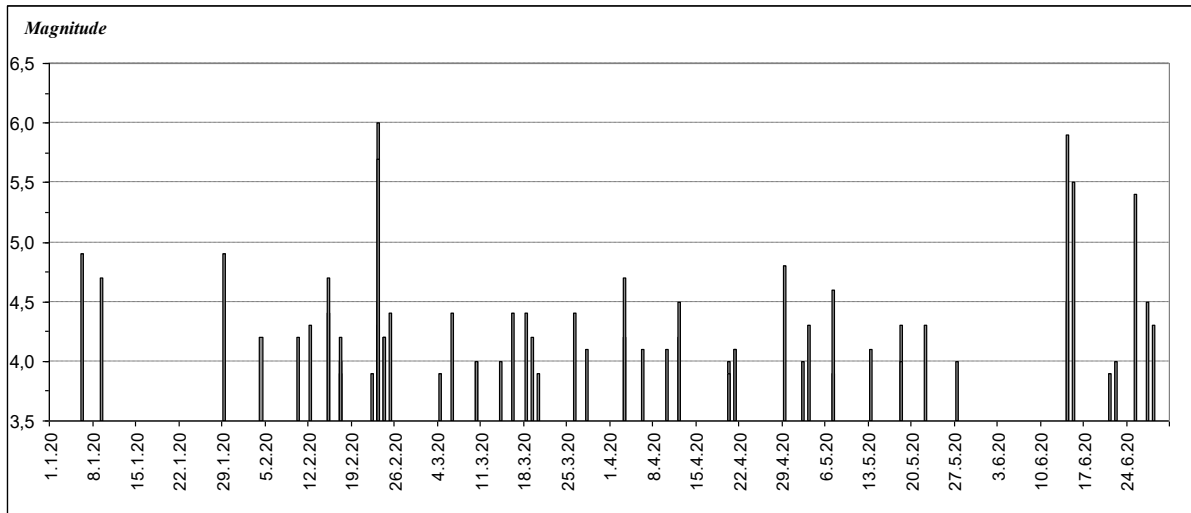


Рис. 1. Магнитуды последовательных сейсмических событий за 1 полугодие 2020 г.

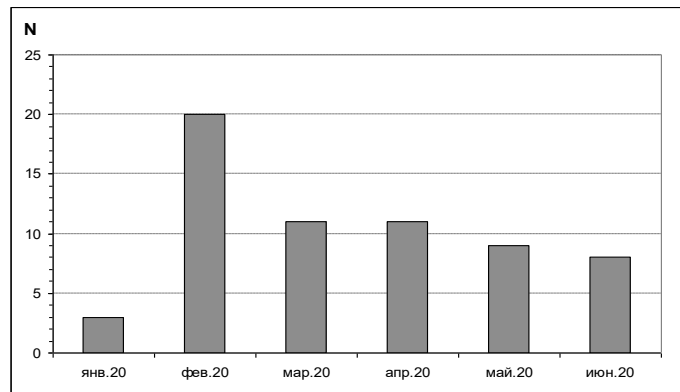
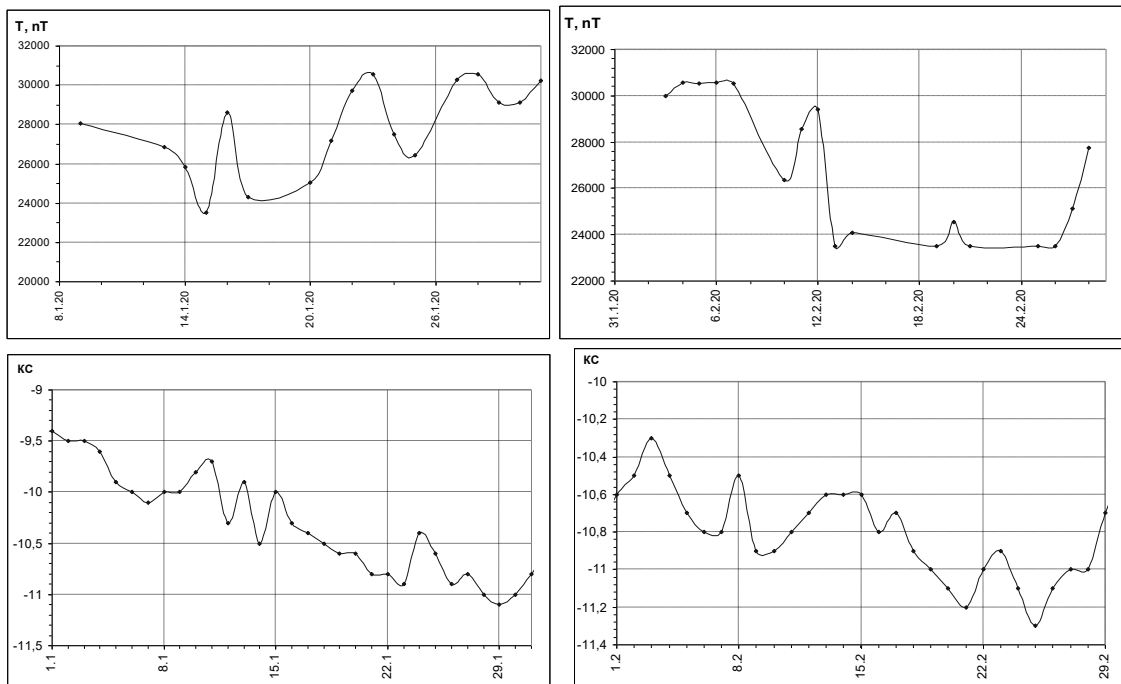


Рис. 2. Число сейсмических событий с магнитудой $M \geq 4$ по месяцам за 1 полугодие 2020 г.



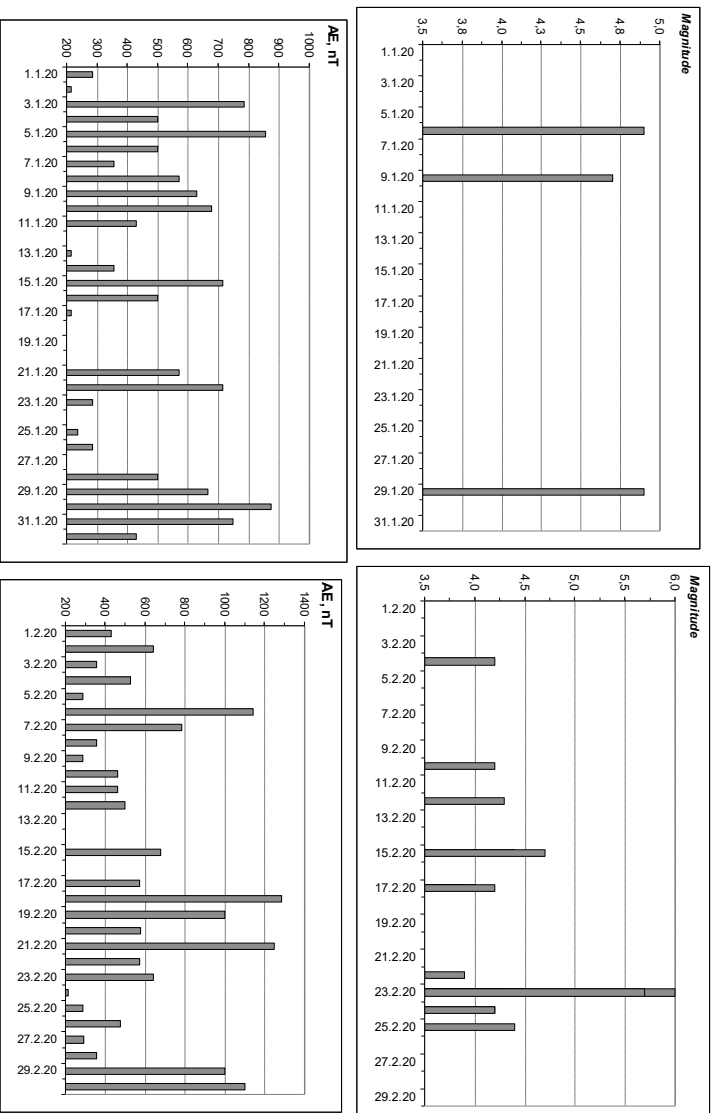
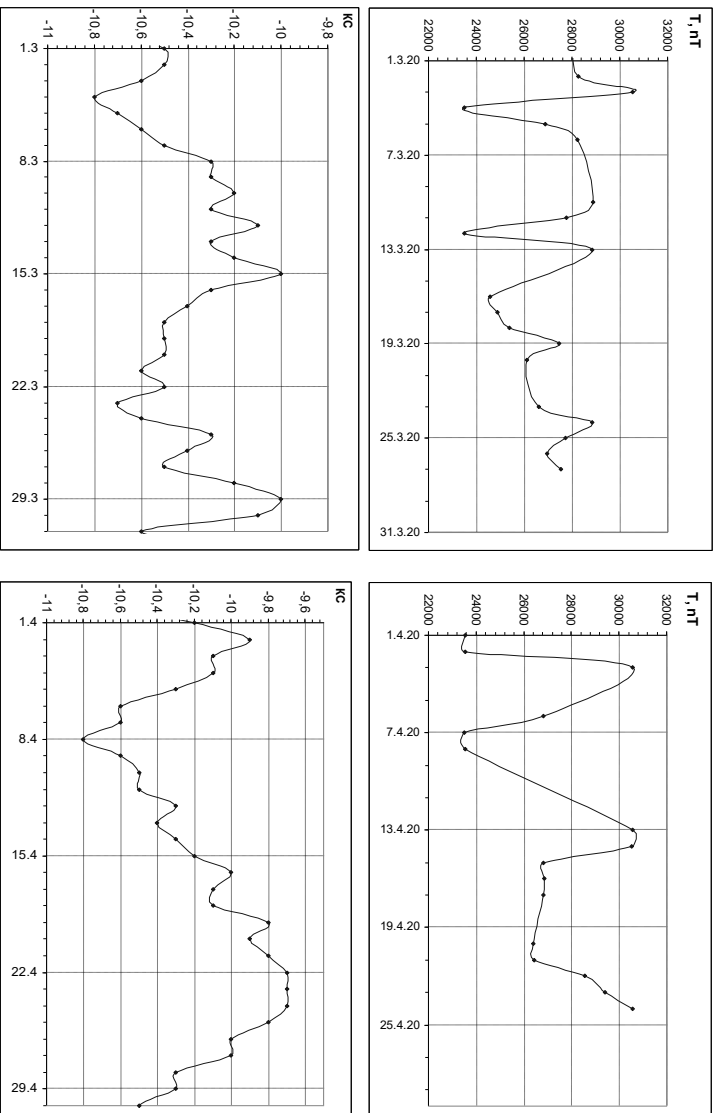


Рис. 3 (а)



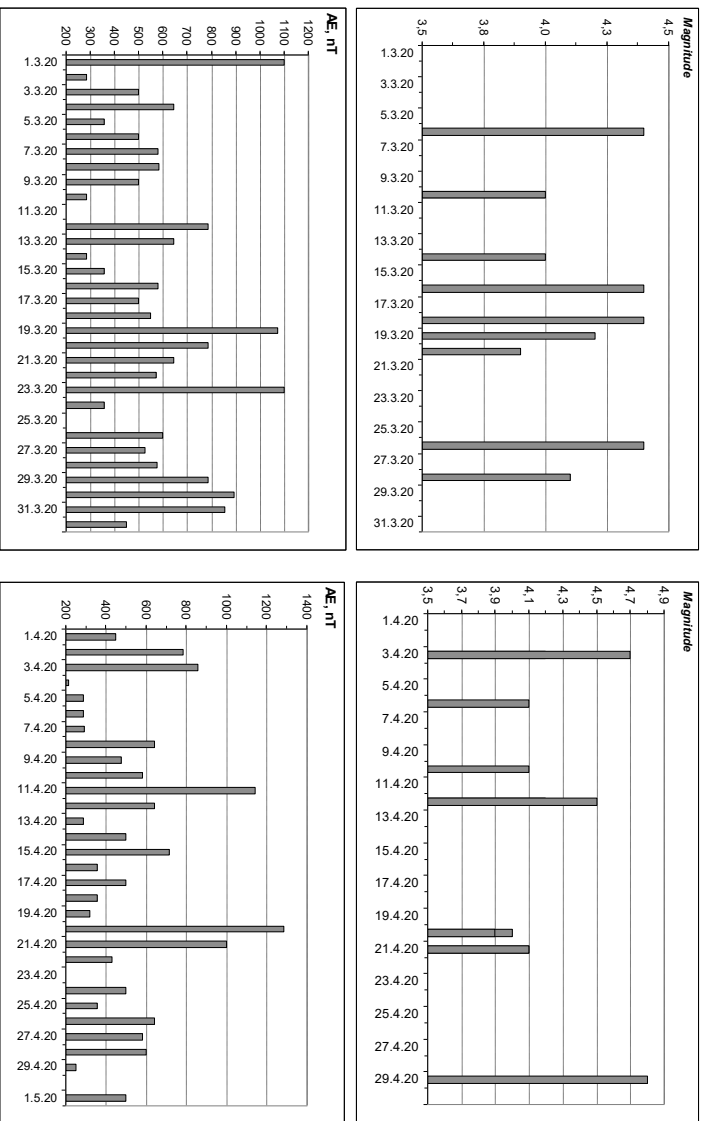
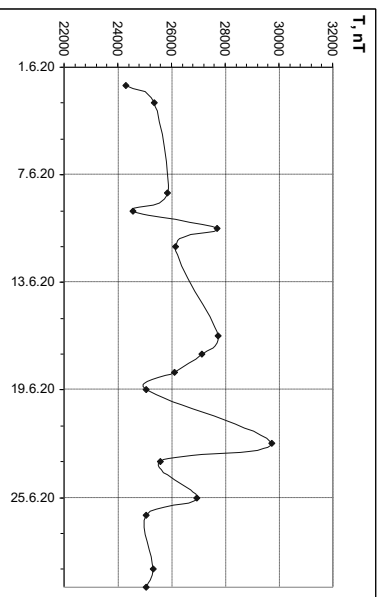
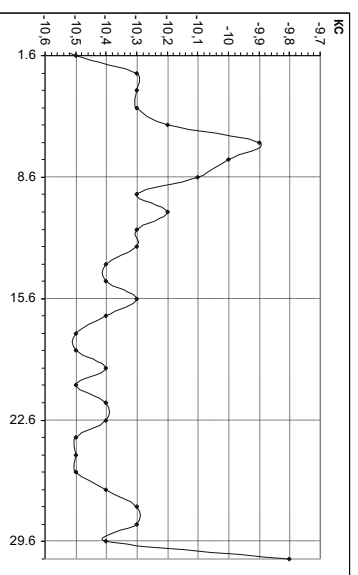
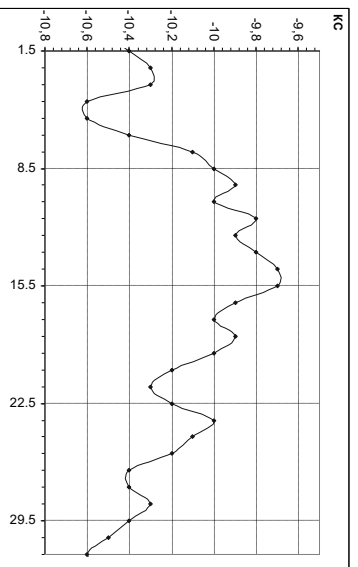


Рис. 3(б)



05.2020 нет данных (Т, nT)



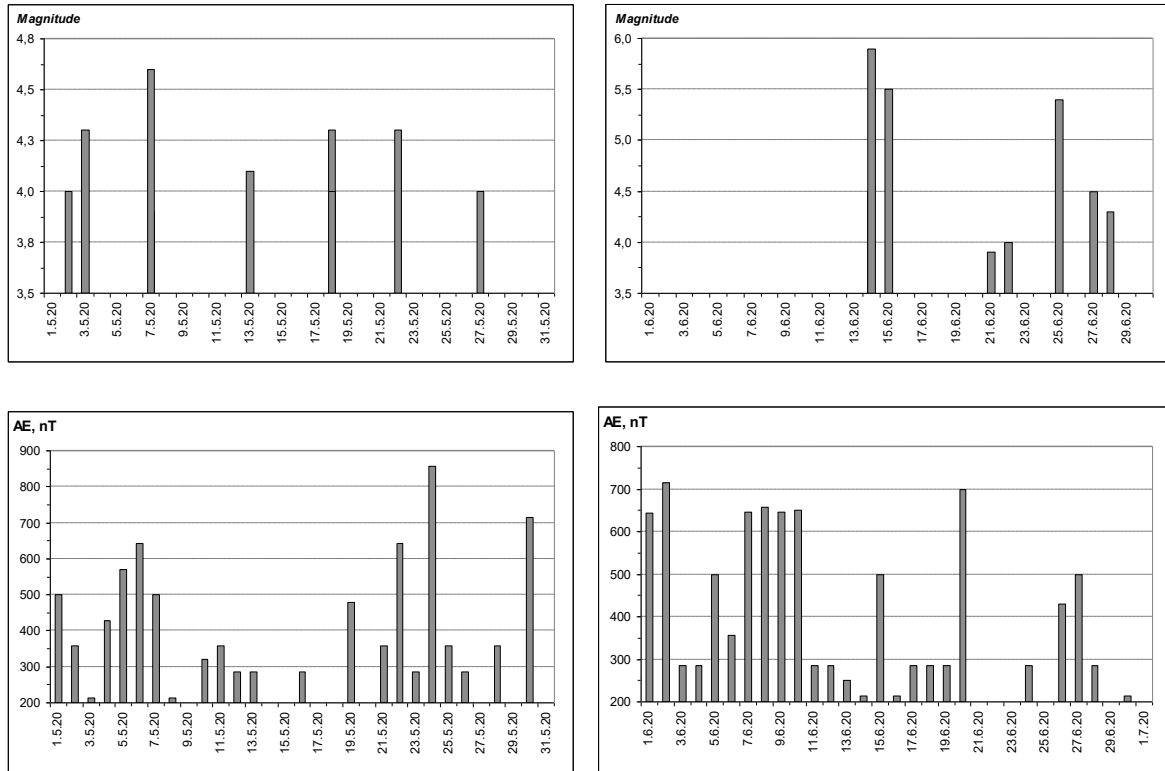


Рис. 3(в)

Рис. 3. Вариации модуля полного вектора геомагнитного поля Земли на измерительном пункте Махачкала, вариации кажущегося сопротивления горных пород КС (относительные изменения) на измерительном пункте Турали, магнитуды последовательных сейсмических событий и вариации АЕ–индекса геомагнитной активности попарно: (а) за январь - февраль, (б) за март – апрель, (в) за май – июнь 2020 г.

Анализ геофизических данных полученных на сети станций ИГ ДФИЦ РАН 2012 – 2016 гг. [3,4,5] привел к предварительному выводу, что нахождение AE – индекса в пределах 2500 - 3000 γ (nT), является одной из причин увеличения сейсмической активности. Все это говорит о необходимости продолжения сетевых исследований с использованием цифровой аппаратуры нового поколения, исключая человеческий фактор.

Работа выполнена в рамках НИР Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310201-9.

Литература

1. Алиев И.А., Черкашин В.И., Мусаев М.А. Некоторые закономерности распределения эпицентров сейсмических событий в Черноморско-Кавказско-Каспийском регионе //Материалы II Международной научно-практической конференции «Природные опасности: связь науки и практики» Саранск, 23-25 апреля 2015 г. С. 7-14.
2. Алиев И. А., Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Абдулаев Ш.-С.О., Мусаев М.А. Вариации геофизических полей в сейсмоактивной области Дагестана и современные геодинамические движения //Тр. Института геологии Дагестанского научного центра РАН. г. Махачкала. 2013. Вып. 62. стр. 210 - 216
3. Алиев И.А., Магомедов А.Г., Мусаев М.А. Анализ вариаций сейсмичности Восточного Кавказа и её проявление в наблюдаемых параметрах на сети пунктов наблюдений Дагестана в 2014 г. //Тр. Института геологии ДНЦ РАН. Махачкала. 2016. Вып. 66. С. 129-135.
4. Алиев И.А., Мусаев М.А., Магомедов А.Г. Анализ вариаций кажущегося сопротивления горных пород на измерительном пункте Махачкала за 2012 – 2016 гг. //Труды Института геологии ДНЦ РАН, №1 (68), 2017 стр.84-94.

5. Алиев И.А., Мусаев М.А. Вариации геофизических параметров и сейсмической активности в районе измерительных пунктов «Избербаш-Чиркей» за 2012 – 2016 гг. //Труды Института геологии ДНЦ РАН, №3 (70), 2017 стр. 92 – 108.

6. Алиев И.А., Мусаев М.А., Магомедов А.Г. Анализ вариаций кажущегося сопротивления горных пород на измерительном пункте Турали за 2012 – 2016 гг. //Труды Института геологии ДНЦ РАН, №3 (74), 2018 стр. 55-65.

7. Заболотная Н.А. Индексы геомагнитной активности: Справочное пособие. Изд. 2-е, перераб. М.: Издательство ЛКИ, 2007. 88 с.

8. Идармачев Ш.Г., Алиев М.М., Абдулаев Ш-С.О., Хаджи Б.А. Станция для электрического зондирования «Георезистор». Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. Мат. Междунар. конф. Воронеж. 2001. С. 86-87.

9. A.V. Vikulin, A.A. Dolgaya, S.A. Vikulina Geodynamics waves and gravity. Geodynamics & Tectonophysics 2014. 5(1), 291 – 303. doi: 10.5800/GT – 2014-5-1-0128

10. www.emsc-csem.org

11. Мамаев С.А., Таймазов Д.Г., Магомедов Р.А., Магомедов Ю.М., Магомедов А.Г., Никуев Р.Ю. Наблюдения за микросейсмической эмиссией на территории Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2009. № 55. С. 279-281.

12. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А. О перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана //В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе. Труды IV Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Заалишвили В.Б. редактор. 2011. С. 224-235.

13. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А., Абакаров А.Д., Таймазов М.Д. О состоянии и перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 51. С. 36-42.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-78-87

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА

*Алиева А.В.**Единая геофизическая служба РАН*

В настоящей статье исследуется расположение гипоцентров землетрясений в РД и на сопредельных территориях. Анализ показывает происхождение основной доли сейсмических событий с $M < 4,5$ на глубинах от 60 км. При $M > 4,5$ возрастает частота нахождения гипоцентра землетрясения на глубинах от 0 до 60 км.

Ключевые слова: гипоцентр, тектоника, распределение глубин.

ANALYSIS OF THE SEISMIC REGIME OF THE CAUCASIAN REGION

*Alieva A.V.**Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences*

This article investigates the location of earthquake hypocenters in the taxiway and in adjacent territories. The analysis shows the origin of the main share of seismic events with $M < 4.5$ at depths of 60 km. At $M > 4.5$, the frequency of finding the earthquake hypocenter at depths from 0 to 60 km increases.

Keywords: hypocenter, tectonics, depth distribution.

Наличие землетрясений с гипоцентрами в поперечных глубинных разломах является свидетельством чрезвычайной геодинамической активности зоны сочленения Скифско-Туранской плиты с Восточно-Европейской платформой с севера и Терско-Каспийским прогибом с юга. Высокий уровень сейсмичности сохраняется в окрестностях Чиркейского водохранилища. К потенциально высокосейсмичным относится и Аксайский разлом, который проходит по западной окраине Дагестанского клина.

Дагестанский клин имеет аллохтонное строение, с системой надвинутых друг на друга тектонических пластин с амплитудой надвигания по некоторым оценкам до 20-50 км [1], в связи с чем его следует рассматривать как структурный элемент, охватывающий всю территорию предгорий, а также Известняковый и частично Сланцевый Дагестан.

В течение 2019 года произошло 2857 сейсмических событий зафиксированных сетью сейсмостанций ДФ ФИЦ ЕГС РАН. Распределение землетрясений за 2019 год представлено таблицей 1.

*Таблица 1.***Распределение землетрясений за 2019 год.**

Энергетический класс	Количество землетрясений	%, от общего числа
1 (1,00-1,99)	4	0,14
2 (2,00-2,99)	20	0,70
3 (3,00-3,99)	175	6,13
4 (4,00-4,99)	412	14,42
5 (5,00-5,99)	639	22,37
6 (6,00-6,99)	761	26,64
7 (7,00-7,99)	517	18,10
8 (8,00-8,99)	212	7,42
9 (9,00-9,99)	80	2,80
10 (10,00-10,99)	24	0,84
11 (11,00-11,99)	8	0,28
12 (12,00-12,99)	5	0,18

По глубине гипоцентров (фокусов) землетрясения подразделяются на три группы: 1) мелкофокусные — 0–60 км; 2) среднефокусные — 60–150 км; 3) глубокофокусные — 150–700 км. Но чаще всего гипоцентры землетрясений сосредоточены в верхней части земной коры на глубине 10–30 км, где кора характеризуется наибольшей жесткостью и хрупкостью. Большая часть глубокофокусных толчков происходит вокруг Тихого океана или вблизи его берегов и связана с зонами субдукции, или поддвига одной плиты другую. С зонами субдукции связаны и многочисленные мелко-среднефокусные очаги землетрясений в зависимости от их положения на погружающейся плите. В результате формируются наклонные сейсмофокальные плоскости (скопления очагов), именуемые зонами Бенъоффа [2].

На территории РД Подавляющее большинство землетрясений происходит на глубинах до 50 км. Приурочены они к сейсмическому участку трения между двумя жесткими блоками земной коры, который проявляется как крупный сейсмогенерирующий разлом. В тектоническом отношении Дагестанский клин представляет собой современный субмеридиональный выступ (поднятие) со значительным расширением поля выходов мезозойских отложений, глубоко внедрившихся в полосу третичных предгорий Дагестана, и является частью складчатого борта Терско-Каспийского краевого прогиба [3] (рис.1).

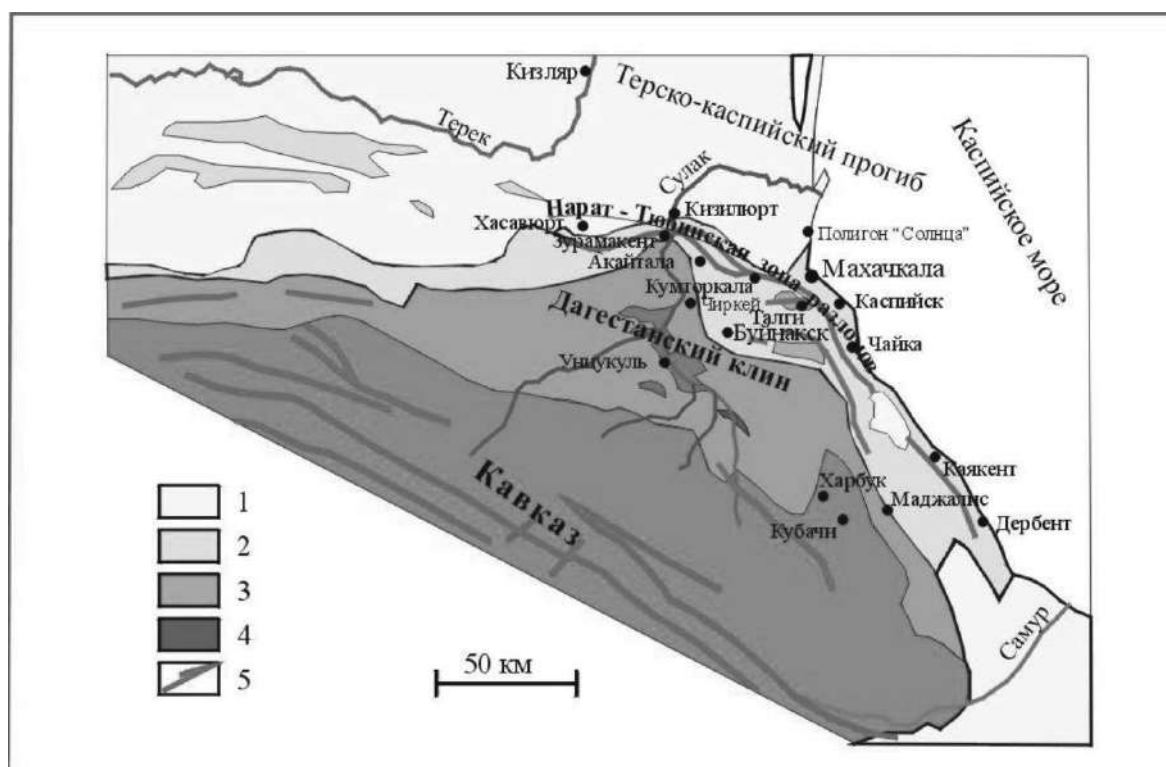


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Восточно-Кавказского пояса надвигов.

ДФ ФИЦ ЕГС РАН оснащен цифровыми сейсмостанциями, что значительно расширило возможности изучения умеренной и слабой сейсмичности региона. Сокращение времени обработки записей и определения всех параметров сейсмических событий для Дагестана и прилегающих территорий значительно улучшило качество сейсмического материала.

Проведем анализ сейсмособытий по данным каталога землетрясений ДФ ФИЦ ЕГС РАН. Зафиксированные глубины (h) сейсмособытий установим от 60 км и выше (предел по каталогу – 99 км), магнитуда (M) от 2,0. Так, определено 65 событий (рис. 2).



Рис. 2. Распределение сейсмособытий на территории Кавказского региона, $h > 60$ км, $M > 2$.
Распределение сейсмособытий глубиной 2-60 км и $M > 2,0$ представлены на рис. 3.



Рис. 3. Распределение сейсмособытий на территории Кавказского региона, $h < 60$ км, $M > 2$.

Подавляющая часть землетрясений возникает в верхней, относительно более хрупкой части земной коры на глубине 7–30 км. Механизм этих землетрясений показывает, что все они образовались в результате смещения по разломам с почти обязательной сдвиговой компонентой. Так как очаг землетрясения расположен на глубине в земной коре, то в нем невозможно проводить прямые наблюдения и следить, например, за его активизацией. Поэтому любое описание очага землетрясения базируется на дистанционных наблюдениях, на использовании законов механики разрушения, моделирования и т. д. Естественные геологические процессы, такие, как земные приливы, изменение скорости вращения Земли, далекие землетрясения, солнечная активность, даже изменение атмосферного давления и фазы Луны, влияют на сейсмическую активность, особенно мелкофокусную. Интересны в этом отношении приливные деформации поверхности Земли, связанные с гравитационным взаимодействием Земли, Луны и Солнца. Интенсивность этого взаимодействия минимальна у полюсов и максимальна на экваторе. Волны, вызванные этим явлением, постоянно перемещаются по поверхности Земли с востока на запад.

Проблема наведенной сейсмичности в наши дни становится одной из важнейших, и ей уделяется много внимания как в прикладной, так и в фундаментальной сейсмологии. Это особенно актуально в связи с быстрым ростом городских агломераций, колоссальным отбором нефти, газа и воды из месторождений, строительством плотин и водохранилищ, что приводит к возрастанию сейсмического риска.

В Кавказском пересечении коллизионного пояса на распределение мелкофокусных землетрясений большое влияние оказывает перемещение к северу древней Аравийской плиты. Этот жесткий клин, вдавливаясь в складчатые системы Альпийского пояса, вызывает образование сдвиговых зон, контролирующей сейсмичность, и отжимание масс к западу. Именно в результате этого процесса сформировался Северо-Анатолийский правый сдвиг, с которым связаны неоднократные разрушительные землетрясения. Аравийский клин медленно, но постоянно, со скоростью 2,5 см/год, давит на Альпийский пояс, и он как бы потрескивает, реагируя на возрастающие напряжения, разрядкой в виде землетрясений. Аравийская плита, прижатая Африканской плитой, надвигается примерно на несколько сантиметров в год на Евразийскую плиту вызывая сейсмическую активность, поэтому Северный Кавказ характеризуется самой высокой сейсмичностью в европейской части России. На карте сейсмического районирования большей частью Кавказ отнесён к 6-7-балльным зонам [4]. Сосредоточенные в зоне Беньоффа глубокие землетрясения происходят в породах литосферы, температура которых ниже на сотни градусов, чем в окружающей мантии. Возможно, такие породы менее пластичны и способны накапливать упругую энергию. В зонах субдукции сейсмичность в основном обусловлена двумя факторами. В верхних 50 км землетрясения связаны с жестким контактом двух литосферных плит. Здесь субдуцирующая плита изгибается, а край надвигающейся плиты испытывает торошение, которое является причиной преобладания взбросовых механизмов над остальными. Ниже 50 км генерация землетрясений связана с изменением температурного режима и ростом давлений в мантии по мере погружения плиты [5].

В таблице 2 представлены данные по сейсмическому режиму в Кавказском регионе за период с 2015- 2019 гг.

Таблица 2.

Распределение землетрясений за период 2015-2019 гг.

Энергетический класс	Количество землетрясений за 2019 год		Количество землетрясений за 2018 год		Количество землетрясений за 2017 год		Количество землетрясений за 2016 год		Количество землетрясений за 2015 год	
	год	%, от общего числа	год	%, от общего числа	год	%, от общего числа	год	%, от общего числа	год	%, от общего числа
1 (1,00-1,99)	4	0,14	3	0,14	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2 (2,00-2,99)	20	0,70	11	0,51	3	0,16	0	0,00	2	0,17
3 (3,00-3,99)	175	6,13	99	4,63	41	2,17	12	0,80	37	3,12
4 (4,00-4,99)	412	14,42	277	12,96	219	11,60	176	11,72	150	12,65
5 (5,00-5,99)	639	22,37	424	19,84	401	21,24	314	20,91	282	23,78
6 (6,00-6,99)	761	26,64	576	26,95	658	34,85	448	29,83	329	27,74
7 (7,00-7,99)	517	18,10	438	20,50	388	20,55	388	25,83	250	21,08
8 (8,00-8,99)	212	7,42	215	10,06	125	6,62	117	7,79	103	8,68
9 (9,00-9,99)	80	2,80	68	3,18	32	1,69	36	2,40	24	2,02
10 (10,00-10,99)	24	0,84	15	0,70	14	0,74	6	0,40	8	0,67
11 (11,00-11,99)	8	0,28	8	0,37	5	0,26	4	0,27	1	0,08
12 (12,00-12,99)	5	0,18	3	0,14	1	0,05	0	0,00	0	0,00
13 (13,00-13,99)	0	0,00	0	0,00	1	0,05	1	0,07	0	0,00
	2857		2137		1888		1502		1186	

На рисунке 4 показан график зависимостей энергетических классов и количества сейсмобытий.

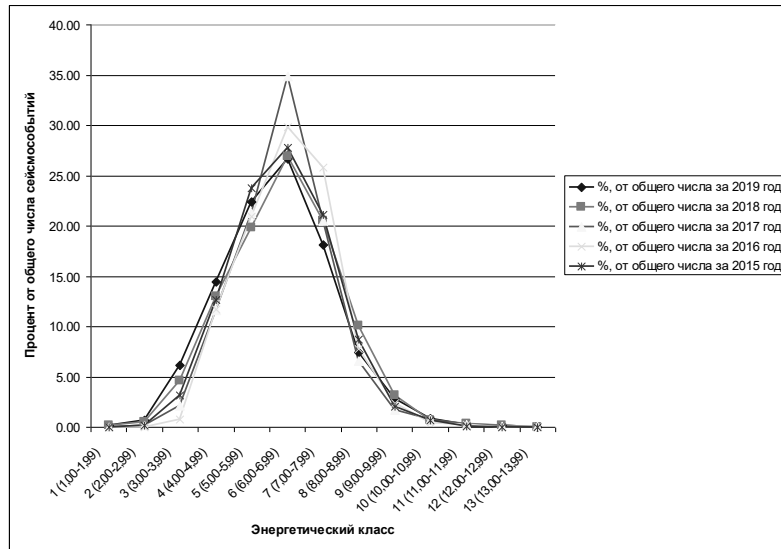
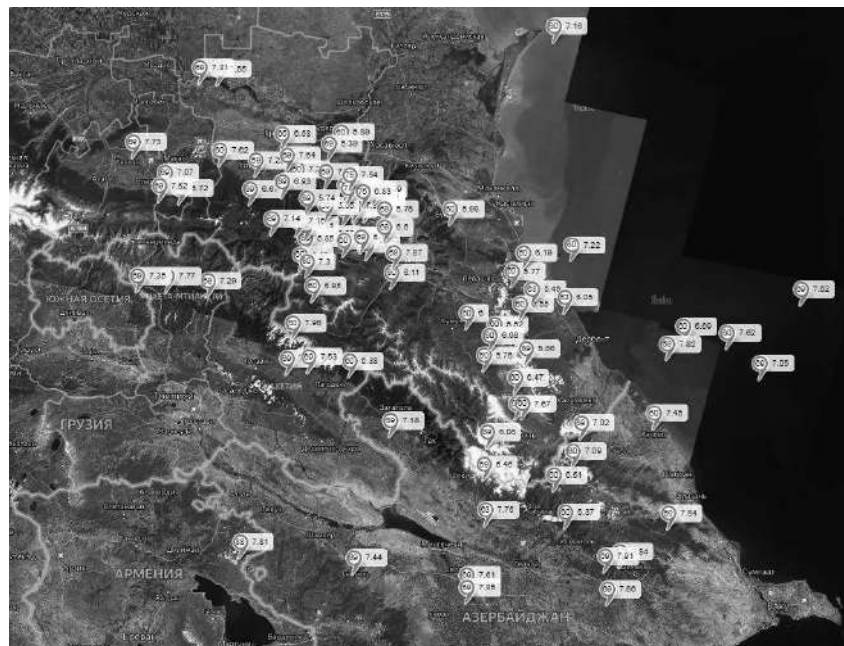


Рис. 4. Изменение соотношения количества сейсмобытий и энергетических классов.

Следует отметить, что рост числа сейсмобытий связан с вводом в эксплуатацию новых сейсмостанций. Для предположений о форшоковой активности более сильного землетрясения необходимы более точные исследования.

Исходя из полученных данных, для территории РД по интенсивности преимущественно выделяются 4-ый, 5-ый, 6-ой и 7-ой энергетические классы. Интересен анализ подгрупп сейсмобытий, выделяемых из группы интенсивных событий с глубинами гипоцентров от 60 км и выше.

Распределение сейсмобытий представлено на рисунке 5 (а,б,в,г,д,е). Землетрясения, относящиеся к 4-7 энергетическому классу (К), и имеющие гипоцентры на глубинах свыше 60 км (h).



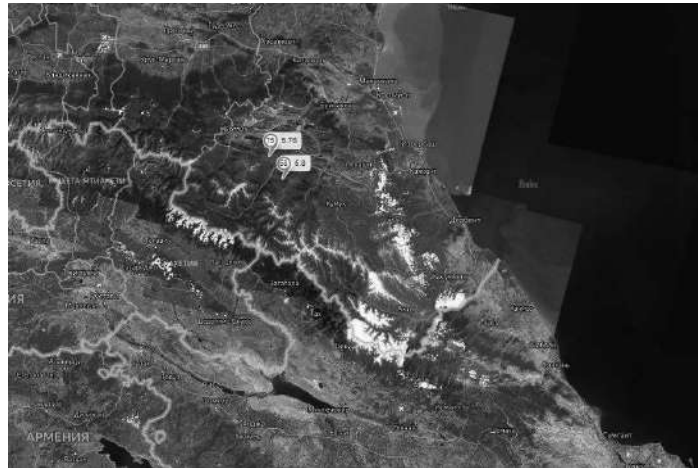
а) 91 сейсмобытие за 2019 год

Рис. 5.



б) 98 сейсмособытий за 2018 год

Рис. 5.



в) 2 сейсмособытия за 2017 год

Рис. 5.



г) 1 сейсмособытие за 2016 год

Рис. 5.



д) 3 сейсмособытия за 2015 год

Рис. 5.

Рис. 5. Сейсмособытия, относящиеся к 4-7 энергетическому классу и имеющие гипоцентры на глубинах от 60 км и больше ($h > 60$ км). Внутри метки - глубина; подпись - энергетический класс.

Карта эпицентров произошедших землетрясений показывает, что генерализация гипоцентров событий с глубинами от 60 км связана с изменением температурного режима и ростом давлений в мантии по мере погружения плиты.

Сейсмические события на Восточном Кавказе, $K = 10-13$, ($M = 3-5$) и выше за период 01.01.2019 по 31.12.2019, имевшее место на разном удалении от пункта наблюдений, по данным сейсмических станций ДФ ФИЦ ЕГС РАН представлены на рис.6 и в таблице 3.

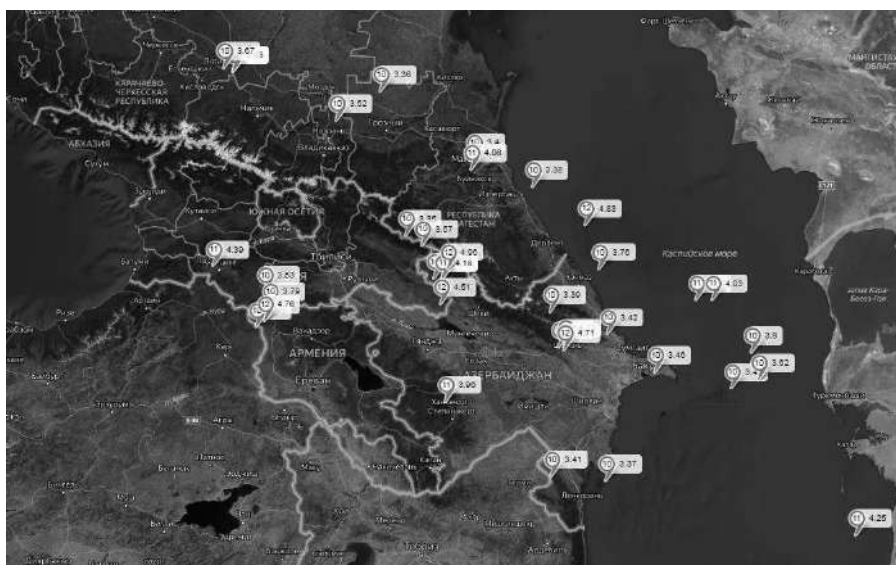


Рис. 6. Распределение землетрясений за 2019 год; $K = 10-13$; $M = 3-5$. Внутри метки указан класс (K), подпись - магнитуда (M).

Таблица 3.

Распределение землетрясений за 2019 год; К = 10-13; М = 3-5.

Дата	Долгота	Широта	Глубина	Магнитуда	Класс
01.04.2019 17:34	42,06	45,99	18	3,35	10,03
18.04.2019 1:12	43,77	45,59	33	3,36	10,06
11.09.2019 12:56	39,04	49,22	50	3,37	10,06
29.04.2019 2:38	42,65	48,04	60	3,38	10,09
27.09.2019 19:17	41,14	48,32	24	3,39	10,1
07.09.2019 17:28	42,97	47,09	24	3,4	10,12
13.04.2019 23:16	39,1	48,34	16	3,41	10,13
19.12.2019 23:57	40,86	49,25	33	3,42	10,16
26.08.2019 22:18	40,19	51,26	31	3,43	10,18
24.12.2019 13:00	40,39	50,01	13	3,46	10,23
10.09.2019 17:13	40,95	43,58	15	3,49	10,28
19.08.2019 12:26	43,43	44,87	54	3,52	10,33
16.05.2019 11:08	41,38	43,71	15	3,53	10,36
23.09.2019 16:38	41,94	46,26	15	3,57	10,42
21.04.2019 2:00	40,3	51,68	5	3,62	10,52
07.04.2019 17:37	44	43,2	86	3,66	10,58
07.04.2019 17:37	44	43,2	86	3,66	10,58
10.08.2019 11:22	41,54	46,44	9	3,66	10,59
17.05.2019 1:19	44,05	43,06	20	3,67	10,6
01.12.2019 10:06	41,54	46,58	15	3,72	10,7
09.10.2019 5:33	41,66	49,11	9	3,76	10,76
24.05.2019 16:28	41,18	43,8	5	3,79	10,82
21.10.2019 6:58	40,64	51,57	7	3,8	10,85
06.02.2019 2:25	40,7	48,47	69	3,88	10,99
22.08.2019 5:41	40,03	46,63	50	3,96	11,12
26.04.2019 13:04	41,28	50,67	33	3,97	11,14
06.04.2019 8:33	41,28	50,94	18	4,03	11,26
24.05.2019 22:34	42,85	47,05	18	4,06	11,31
11.08.2019 3:29	41,53	46,58	18	4,18	11,52
05.02.2019 19:19	40,73	48,56	60	4,23	11,62
07.05.2019 5:54	38,35	53,26	16	4,25	11,65
15.10.2019 14:57	41,69	42,88	15	4,39	11,91
07.04.2019 8:27	41,23	46,55	24	4,51	12,12
05.02.2019 19:31	40,67	48,55	60	4,71	12,47
10.09.2019 16:22	41,02	43,71	18	4,76	12,57
07.06.2019 5:27	42,18	48,9	54	4,83	12,7
10.08.2019 7:35	41,66	46,66	18	4,96	12,93

При этом, интересно рассмотреть распределение данных сейсмособытий по глубинам от 50 км и выше, К=10-13 за 2019 год. Данные представлены на рис. 7 и в таблице 4.

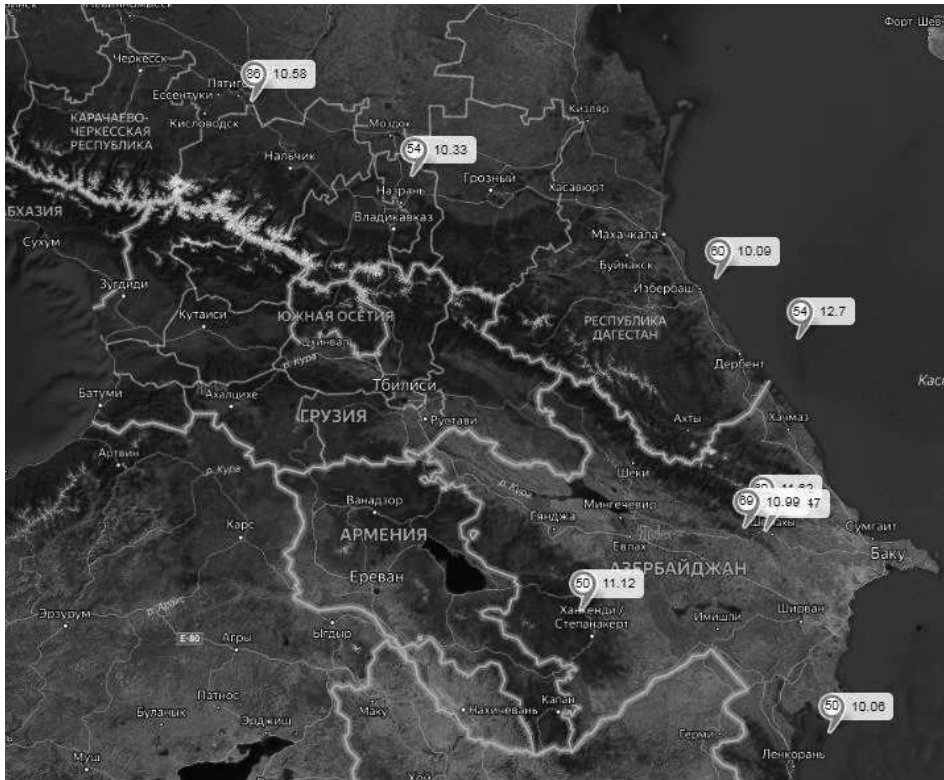


Рис. 7. Распределение землетрясений за 2019 год; К = 10-13; М = 3-5. Внутри метки указан класс (К), подпись - магнитуда (М).

Таблица 4.

Распределение землетрясений за 2019 год; К = 10-13; М = 3-5.

Дата	Долгота	Широта	Глубина	Магнитуда	Класс
11.09.2019 12:56	39,04	49,22	50	3,37	10,06
22.08.2019 5:41	40,03	46,63	50	3,96	11,12
19.08.2019 12:26	43,43	44,87	54	3,52	10,33
07.06.2019 5:27	42,18	48,9	54	4,83	12,7
29.04.2019 2:38	42,65	48,04	60	3,38	10,09
05.02.2019 19:19	40,73	48,56	60	4,23	11,62
05.02.2019 19:31	40,67	48,55	60	4,71	12,47
06.02.2019 2:25	40,7	48,47	69	3,88	10,99
07.04.2019 17:37	44	43,2	86	3,66	10,58

Таким образом, сейсмичность следует связать с процессами взаимодействия границ сталкивающихся Аравийской плиты с Кавказом и Средней Азией, и распространением напряжений от этих границ во внутренние области. После 2017 года наблюдается относительный спад интенсивности землетрясений 6-7 энергетического класса и незначительный рост числа сейсмособытий 8-12 энергетического класса. Подавляющее большинство землетрясений на территории РД происходит на глубинах до 50 км. Приурочены они к сейсмическому участку трения между двумя жесткими блоками земной коры, который проявляется как крупный сейсмогенерирующий разлом.

Литература

1. Дотдугев С.И. Мезозойско-кайнозойская геодинамика Большого Кавказа //Геодинамика Кавказа. М.: Наука, 1989 г. С. 82-91.

2. Вознесенский Е. А. Землетрясения и динамика грунтов //МГУ, Соросовский Образовательный Журнал, № 2, 1998 г. С. 101-108.
3. Меликов М. М., Гаджиева Т. Р. Геология, сейсмичность, экзогенные геологические процессы и некоторые формы их проявлений в горных районах Дагестана //Институт геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 2 (69) – Махачкала, 2017 г. С. 59-66.
4. Сайт Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского - https://www.vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT_ID=48191
5. Шерман С. И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция. Новосибирск, Академическое издательство "ГЕО", 2014 г.

УДК 550.349.4

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-88-92

СТАНОВЛЕНИЕ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ СЕТИ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА

Магомедов Х.Д.

Единая геофизическая служба Российской академии наук

Данная статья посвящена процессу становления и развития сети сейсмологических наблюдений на территории Дагестана.

Ключевые слова: сейсмологические наблюдения, сейсмический режим, аналоговые и цифровые сейсмостанции.

FORMATION AND FURTHER DEVELOPMENT OF THE NETWORK OF SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS IN THE TERRITORY OF DAGESTAN

Magomedov Kh.D.

Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences

This article is devoted to the process of formation and development of a network of seismological observations in the territory of Dagestan.

Keywords: seismological observations, seismic regime, analog and digital seismic stations.

Территория Дагестана относится к одним из самым сейсмически активным районам России после Камчатки. Учитывая густонаселенность нашей территории Дагестан занимает первое место по сейсмической опасности. Как в историческом прошлом, так и в последние десятилетия на территории Дагестана произошли сильные и разрушительные землетрясения.

Впервые непрерывные инструментальные сейсмологические наблюдения на территории Дагестана начали проводить с начала 50-х годов прошлого века с организацией в Махачкале в 1951 году сейсмостанции ИФЗ АН СССР.

Толчком для масштабных инструментальных исследований послужило разрушительное Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 года ($M = 6,6$; $J_0 = 9$ баллов), после чего в Дагестане начали создавать сеть сейсмических станций Дагестанского филиала АН СССР (5 стационарных и одна полевая сейсмостанция).

До организации сейсмостанции в г. Махачкале инструментальные параметры землетрясений, происходивших на территории Дагестана и сопредельных республик, выдавались на основании данных регистрации сетью сейсмических станций Закавказья.

Для совершенствования системы инструментальных сейсмологических наблюдений на территории СССР в 1979 году образуются опытно-методические сейсмологические экспедиции и партии (ОМЭ и ОМСП) в системе Академии наук СССР. Одна из таких партий была образована при Дагестанском филиале АН СССР с передачей ей 5 сейсмических станций Дагестанского АН СССР [Даниялов и др., 2003].

За последние десятилетия в системе инструментальных сейсмологических наблюдений на территории России и Дагестана произошли значительные изменения.

В 1994 году на базе опытно-методических экспедиций и партий была создана Геофизическая служба РАН с главной задачей проведения непрерывного сейсмологического мониторинга территории России и отдельных её регионов, а также для сейсмического районирования и прогноза землетрясений с оперативным оповещением центральных и местных органов исполнительной власти, а также заинтересованных ведомств и организаций о происшедших сейсмических событиях.

Дагестанский филиал ГС РАН осуществляет контроль за развитием сейсмической ситуации в одном из наиболее сейсмоопасных регионов страны, где интенсивность землетрясений достигает 9 баллов, а по характеру и масштабности грунтовых палеосейсмодислокаций – более 9 баллов [Сейсмическая активность..., 2003; Сейсмический мониторинг..., 2007].

Объектом исследования Дагестанского филиала ГС РАН является землетрясение, рассматриваемое в нескольких аспектах, основными из которых являются сейсмический режим, уровень сейсмической опасности, природа сейсмогенеза (в том числе и природа «техногенных» землетрясений). Также исследуются изменения физических, геохимических и других полей, сопутствующих подготовке землетрясений, которые рассматриваются как предвестники с ориентацией в последующем на прогноз землетрясений [Аппаратура и методика..., 1974].

В настоящее время на территории Дагестана развернута сеть сейсмических наблюдений, которая позволяет фиксировать сейсмические события различного масштабного уровня.

Для проведения сейсмологических и др. наблюдений с целью изучения сейсмического режима территории Дагестана и сопредельных районов, а также поиска предвестников землетрясений, в рамках ДФ ГС РАН задействованы 17 сейсмических станций, 1 геохимическая станция, 2 геофизические и 4 геохимические пункты наблюдений.

Схема расположения наблюдательной сети ДФ ГС РАН показана на рисунке 1.

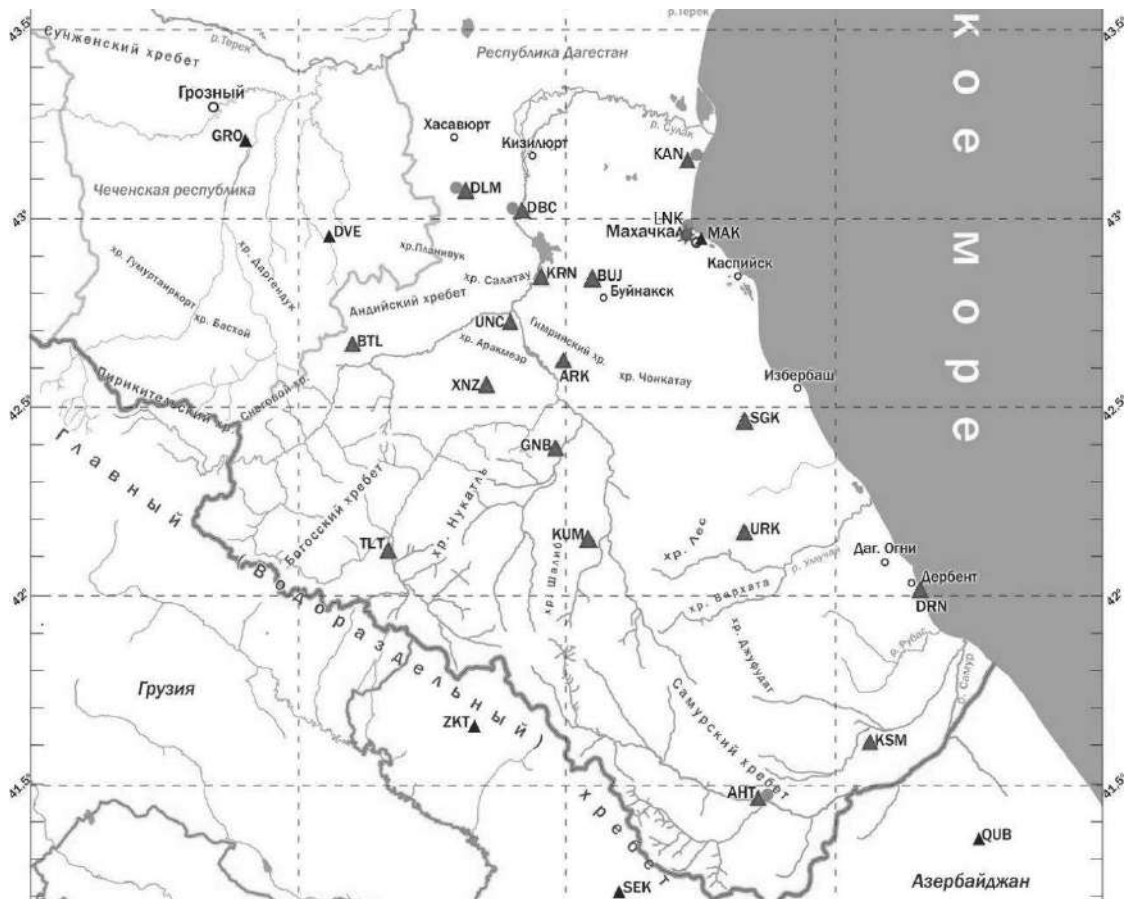


Рис. 1. Размещение наблюдательной сети ДФ ГС РАН

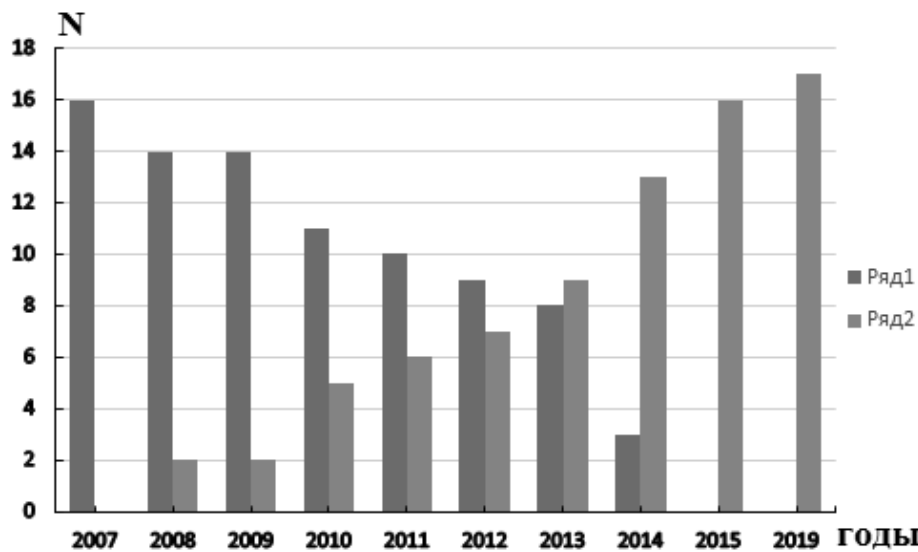
На геохимических станциях проводятся измерения газовых компонентов, таких как гелий, водород, азот, кислород и др., а также изменения дебита и температуры регистрации в непрерывном режиме на трёх каналах. Динамический диапазон регистрации сейсмических событий 120 дБ (24 разряда АЦП), частотный диапазон самоизливающейся воды из скважины и вариации содержания водорода при земной атмосфере.

Сейсмические станции наблюдательной сети, где задействованы аналоговые станции, были оснащены стандартными комплектами аппаратуры для фотогальванометрической записи на базе регистра РС-II М и сейсмометров типа СКМ-3.

Инструментальные сейсмологические наблюдения проводились с помощью аналоговой записи на фотобумаге со сменой сейсмограмм 2 раза в сутки, а также с помощью цифровых сейсмических станций.

Количество сейсмостанций наблюдательной сети Дагестана

Года Станции	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2019
Аналоговые	16	14	14	11	10	9	8	3	-	-
Цифровые	-	2	2	5	6	7	9	13	16	17



N – количество сейсмостанций; Ряд 1 – аналоговые сейсмостанции; Ряд 2 – цифровые сейсмостанции

Рис. 2. Динамика модернизации наблюдательной сети ДФ ГС РАН.

За последние десятилетия в системе сейсмических наблюдений на территории Дагестана произошли значительные изменения.

По программе модернизации наблюдательной сети с целью повышения качества информативности получаемой сейсмической информации к концу 2015 г. количество цифровых сейсмических станций достигло 16, полностью заменили аналоговые станции с гальванической формой записи на цифровые. В 2019 году введена в строй новая 17-я сейсмостанция «Тлярата», охватывающая новую территорию мониторингом, а в начале 2020 года проведена модернизация двух станций путем замены устаревшего оборудования станций типа SDAS на современные станции типа ЕРМАК-5. Цифровые станции типа ЕРМАК-5 и UGRA позволяют вести регистрацию в непрерывном режиме на трёх каналах. Динамический диапазон регистрации сейсмических событий составляет 120 дБ (24 разряда АЦП).

Таблица 2

Аппаратура цифровых сейсмостанций

№ п/п	Станция код.	Координаты, h, м		Тип прибора	Переч. каналов	Част. диап.	Част. опросов	Разряд АЦП	Дата Откр.
		φ, °N	λ, °E						
1	Дубки DBC	43.0216 850 м	46,8410	ЕРМАК-5 СМ3-КВ	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	01.11. 2008 г.
2	Гуниб GNBR	42.3893 1210 м	46,9638	ЕРМАК-5 СМ3-КВ	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	19.09. 2008 г.
3	Ботлих BTLR	42.6653 970 м	46,2192	UGRA СМ3-КВ	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	28.06. 2010 г.
4	Ахты АКТ	41.4793 1115 м	47,7148	UGRA СМ3-КВ	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	17.10. 2010 г.
5	Дербент DRN	42.0204 – 20 м	48,3318	UGRA СМ3-КВ	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	02.09. 2010 г.
6	Хунзах XNZR	42.5451 1680 м	46,7053	UGRA СМ3-КВ	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	21.07. 2011 г.
7	Уркарах URKR	42.1649 1330 м	47,6310	UGRA СМ3-КВ	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	20.06. 2012 г.
8	Буйнакск BUJR	42.8208 480 м	47,1039	UGRA СМ3-КВ	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	14.06. 2013 г.
9	Караман KANR	43.196 – 25 м	47,489	UGRA СМ3-КВ	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	01.12. 2013 г.
10	Сергокала SGKR	42, 4576 560 м	47,6556	UGRA СКМ- 3	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	06.11. 2014 г.
11	Дылым DLMR	43,0730 660 м	46,6187	UGRA СКМ-3	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	12.11 2014 г.
12	Каранай KRNR	42,8267 1250 м	46,9053	UGRA СКМ-3	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	19.11. 2014 г.
13	Аракани ARKR	42,6021 760 м	46,9942	UGRA СКМ-3	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	20.11. 2014 г.
14	Касумкент KSMR	41,6023 930 м	48,1246	UGRA СКМ-3	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	16.06 2015 г.

15	Унцукуль UNCR	42,7155 780 м	46,7929	UGRA CKM-3	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	01.08. 2015 г.
16	Кумух КМКР	42,1287 1895 м	47,0977	UGRA CKM-3	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	21.10 2015 г.
17	Тлярата TLTR	42,1053 1429м	46,3547	UGRA CKM-3	SHN SHZ SHE	0,5–30 0,5–30 0,5–30	50 50 50	24 24 24	17.04.?? 2019 г.

Частота квантования при оцифровке задана в пределах от 20 до 100 отсч/сек.

Все цифровые станции подключены к сети Интернет и передают информацию в центр обработки в режиме реального времени.

Динамика модернизации наблюдательной сети Дагестана показана в таблице 1 и на рис. 2.

Краткая характеристика и место установки цифровых станций показаны в таблице 2.

С переходом на цифровую форму записи сейсмических событий значительно расширились возможности изучения умеренной и слабой сейсмичности региона, а уровень надежной регистрации землетрясений приблизился к энергетическому классу $K \geq 5$ практически на всей территории Дагестана.

В связи с заменой аналоговой формы записи сейсмических событий на цифровую запись значительно сократилось время обработки записей, следовательно, и время определения всех параметров сейсмических событий для Дагестана и прилегающих территорий, значительно улучшилось качество сейсмического материала, расширились потенциальные возможности анализа получаемой информации.

Модернизация аппаратуры с заменой аналогового оборудования на цифровые привело к повышению чувствительности отдельных станций, не менее чем на 10–20%. Причиной этому послужит возможность повышения отношения сигнал/ шум за счёт применения подобранных для каждой станции полосовых фильтров и поляризованного анализа записи.

Модернизация наблюдательной сети необходима не только для повышения чувствительности сети, улучшения точности определяемых параметров землетрясений, но и для ускорения процесса получения оценок землетрясений, что чрезвычайно важно для быстрого реагирования служб спасения при уже произошедшем разрушительном землетрясении.

Повышение чувствительности сети позволит повысить надежность и объективность результатов анализа напряженного состояния земных недр, что напрямую связано с решением задач прогноза землетрясений.

Литература

1. «Аппаратура и методика сейсмических наблюдений в СССР». М.: «Наука», 1974. 240 с.
2. Даниялов М.Г., Левкович Р.А., Мирзалиев М.М. и др. «Сейсмический мониторинг территории Дагестана (1998–2002 гг.)». М.: «Лица», 2003. 178 с.
3. Сейсмическая активность территории центрального Дагестана. М.: «Лица», 2003. 134 с.
4. Сейсмический мониторинг и изучение геодинамики территории Дагестана и акватории Среднего Каспия. Махачкала: «Эпоха», 2007. 227 с.
5. Мирзалиев М.М. «Развитие сейсмического мониторинга на территории Дагестана. Мониторинг //Наука и технологии, № 2, 2018. 18 с.

УДК556

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-93-98

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И ПРОБЛЕМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН

Ахмедов¹ Г.Я., Курбанисмаилова² А.С., Курбанова² Л.М.

¹Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики ОИВТ РАН,

²Институт геологии ДФИЦ РАН

В данной статье приводятся исследования формирования и использования геотермальных вод. Одним из распространённых видов отложений является карбонат кальция. Борьба с его отложениями в геотермальных системах ведётся, в большинстве случаев, путем поддержания в системе высокого давления или ингибированием химическими реагентами, что не всегда оказывается эффективным и, к тому же, последнее загрязняет окружающую среду. Решение проблемы предотвращения карбонатных отложений в геотермальных системах представляется перспективным в поддержании равновесных параметров давления и температуры геотермальной воды, при которых она стабильна.

Ключевые слова: геотермальные воды, солесодержание, парциальное давление, тепловой потенциал, геотермальные системы.

ON THE USE AND PROBLEMS OF OPERATION OF GEOTHERMAL SYSTEMS IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN

Akhmedov¹ G.Ya., Kurbanismailova² A.S., Kurbanova² L.M.

¹Institute for Geothermal Problems and Renewable Energy, JIHT RAS, ²Institute of Geology, DPRC RAS,

²Institute of Geology, DPRC RAS

This article provides research on the formation and use of geothermal waters. Calcium carbonate is a common type of sediment. The fight against its sediments in geothermal systems is carried out, in most cases, by maintaining high pressure in the system or inhibition with chemical reagents, which is not always effective and, moreover, the latter pollutes the environment. Solving the problem of preventing carbonate deposits in geothermal systems seems promising in maintaining equilibrium parameters of pressure and temperature of geothermal water, at which it is stable.

Keywords: geothermal waters, salinity, partial pressure, thermal potential, geothermal systems.

В качестве основного классификационного показателя геотермальных вод используется температура. В настоящее время их температура принято разделять на: перегретые более 100 °С, высокотермальные от 60 до 100 °С, термальные 40-60 °С, слаботермальные ниже 40 °С.

Данная классификация основывается на возможности получения тепла от геотермальной воды либо в виде пара, либо горячей воды пригодной для отопления и горячего водоснабжения без подогрева, либо с подогревом, а так же на возможности использования ее в тепличном хозяйстве и в бальнеологических целях. Эта классификация была принята еще в СССР в 1987 году в нормативном документе по геотермии ВСН – 56-87, которым пользуются и в настоящее время [1].

Геотермальные воды, как правило, характеризуются повышенным солесодержанием и весьма разнообразным химическим составом. Это связано с тем, что формирование состава геотермальных вод происходит при высоких температурах и давлениях в контакте с различного рода минералами. При таких условиях повышается растворимость газов и многих солей. Например, с повышением температуры возрастает растворимость NaCl, KCl и т.д. Растворимость солей угольной кислоты в воде находится в прямой зависимости от концентрации угольного газа в ней, которая в свою очередь зависит от его парциального давления. А вот такие соединения как Mg(OH)₂, CaSO₄, MgSO₄ наибольшую растворимость имеют при температуре ниже 100⁰ С. С повышением температуры растворимость таких солей падает.

Исследованию формирования подземных вод, в том числе и геотермальных, посвящено много работ. В нашей стране в этой области науки были проведены исследования в работах Ф.А. Макаренко, А.М. Овчинникова, Б.Ф. Маврицкого, С.Р. Крайнова и др.

В работе Б.Ф. Маврицкого проведено гидрогеотермическое районирование территории СССР на основе геологоструктурного принципа, показаны условия формирования термальных вод и их месторождений в различных геолого-структурных обстановках, дано подробное описание термальных вод по отдельным районам с характеристикой их температуры, минерализации и состава [2].

В работе С.Р. Крайнова освещены современные представления о формировании химического состава подземных вод на различных глубинах земной коры, геохимии большего числа химических элементов и веществ в подземных водах. Обобщены гидрогеохимические данные, необходимые для решения основных прикладных и экологических задач, связанных с использованием подземных вод [3].

Выявленное разнообразие геотермальных вод в природе и разнообразие практического их использования в различных целях диктует необходимость классифицировать геотермальные воды по другим показателям. В этом плане были предложены классификации геотермальных вод по О.А. Алекину, В.А. Сулину, Н.И. Толстихину, В.В. Иванову и др. [4-7].

По величине общего солесодержания геотермальные воды принято подразделять на:

- ультрапресные (менее 0,1 г/л);
- пресные (0,1-1 г/л);
- слабосоленые (1-3 г/л);
- сильносоленые (3-10 г/л);
- соленые (10-35 г/л);
- рассольные (более 35 г/л).

Существует классификация геотермальных вод и по таким показателям как жесткость, показатель водородных ионов рН, газонасыщенность и газовый состав. В зависимости от химического и газового состава, а также геологических и геохимических условий формирования принято деление геотермальных вод на следующие типы:

- сероводородные;
- сероводородно-углекислые;
- углекислые;
- азотно-углекислые;
- азотные (щелочные);
- метановые;
- азотно-метановые.

Геотермальные воды Кавказа можно отнести к метановым, которые широко распространены так же и в крупнейших нефтегазоносных артезианских бассейнах Русской и Сибирской платформы, Западно-Сибирской низменности, Сахалина и ряда других районов России. Они характеризуется минерализацией от единиц до 400-500 г/л и по своему составу подразделяются на гидрокарбонатно-натриевые, гидрокарбонатно-хлоридные и хлоридно-натриевые. В зависимости от геологических и геохимических условий формирования геотермальные метановые воды встречаются также сероводородно-метановые и азотно-метановые.

Химический состав этих вод представлен в основном, ионами: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , с преимущественным содержанием ионов Na^+ , Cl^- . В газовом составе преобладает метан CH_4 , углекислый газ CO_2 , азот N_2 и сероводород H_2S . При эксплуатации таких вод в геотермальных системах наблюдаются отложения в основном малорастворимой соли карбоната кальция [8-11].

Разнообразие геотермальных вод требует разработки различных схем их использования. При этом основными условиями к использованию геотермальных вод остаются их экологиче-

ская и техническая безопасность. В этом плане проведено большое количество исследований. Использование геотермальных вод в теплоснабжении наиболее плотно рассмотрено в СССР Б.А. Лошкиными монографии [12], в которой в результате анализа экспериментальных и расчетных данных разработаны рекомендации для геотермальных систем отопления. В соответствии с ВСН 56-87 принципиальные схемы и оборудование геотермальных систем отопления и горячего водоснабжения выбирается с учетом данных по химическому или газовому составу геотермального теплоносителя, а также по результатам испытаний его на коррозионную агрессивность и склонность к солеотложениям. Теплотехнические вопросы использования систем геотермального теплоснабжения на основе опыта использования геотермальных вод в Дагестанской АССР были рассмотрены в работах [13].

Для отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных зданий необходима температура воды не ниже 60-70 °С. При стабильности геотермальных вод и соответствии санитарным нормам возможны схемы непосредственной подачи их к потребителям. В этом плане более рациональное использования геотермальной воды может быть достигнута путем последовательной подачи ее сначала на отопление, а затем на горячее водоснабжение. Однако это представляет определенные трудности, так как потребность в горячей воде по времени года относительно постоянна, тогда как отопление является сезонным, зависящим от климатических условий района, температуры наружного воздуха, времени года и суток. В связи с этим в настоящее время широкое распространение получили схемы раздельной (как непосредственной, так и через теплообменники) подачи тепла геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение.

В зависимости от минерализации, химического состава, а так же стабильности геотермальной воды на практике применяют следующие схемы их использования (рис 1):

- непосредственная подача геотермальной воды к потребителям;
- непосредственная подача геотермальной воды к потребителям с «пиковым» догревом;
- подача геотермальной воды в теплообменники для подогрева стабильной при данных условиях воды, идущей к потребителям;
- подача геотермальной воды в теплообменнике с предварительной ее стабилизацией;
- поддержание равновесных значений давления и температуры в системе, использующей геотермальную воду.

Первая схема (рис 1.а) применяется в случае, если геотермальная вода стабильна в отношении коррозии и солеотложения в условиях эксплуатации.

При использовании геотермальной воды в данной схеме в целях горячего водоснабжения требуются еще, чтобы минерализация и поддержание вредных веществ в ней не превышали концентраций, соответствующих ГОСТу на питьевую воду (СанПин2.1.4.10749-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды»). Такие схемы применяются для горячего водоснабжения в Республике Дагестан на скважинах г. Махачкала (№ 36, 37, 25Т, 180, 160, 20Т, 26Т и др.), г. Избербаш (№ 15Т, 17Т, 18Т, 67, 68 и др.), на отопление и горячее водоснабжение в Каякенте (№ 3, 4, 5, 7, 11 и др.). Вода этих скважин в условиях эксплуатации стабильна (55-65 °С). Аналогичные схемы геотермального тепловодоснабжения применяют также в Краснодарском крае (месторождения Мостовское, Отрадненское и др.), в Карачаево-Черкессии (Черкесск), в Грозном (месторождения Ханкальское, Гойта) и в других местах [7-12].

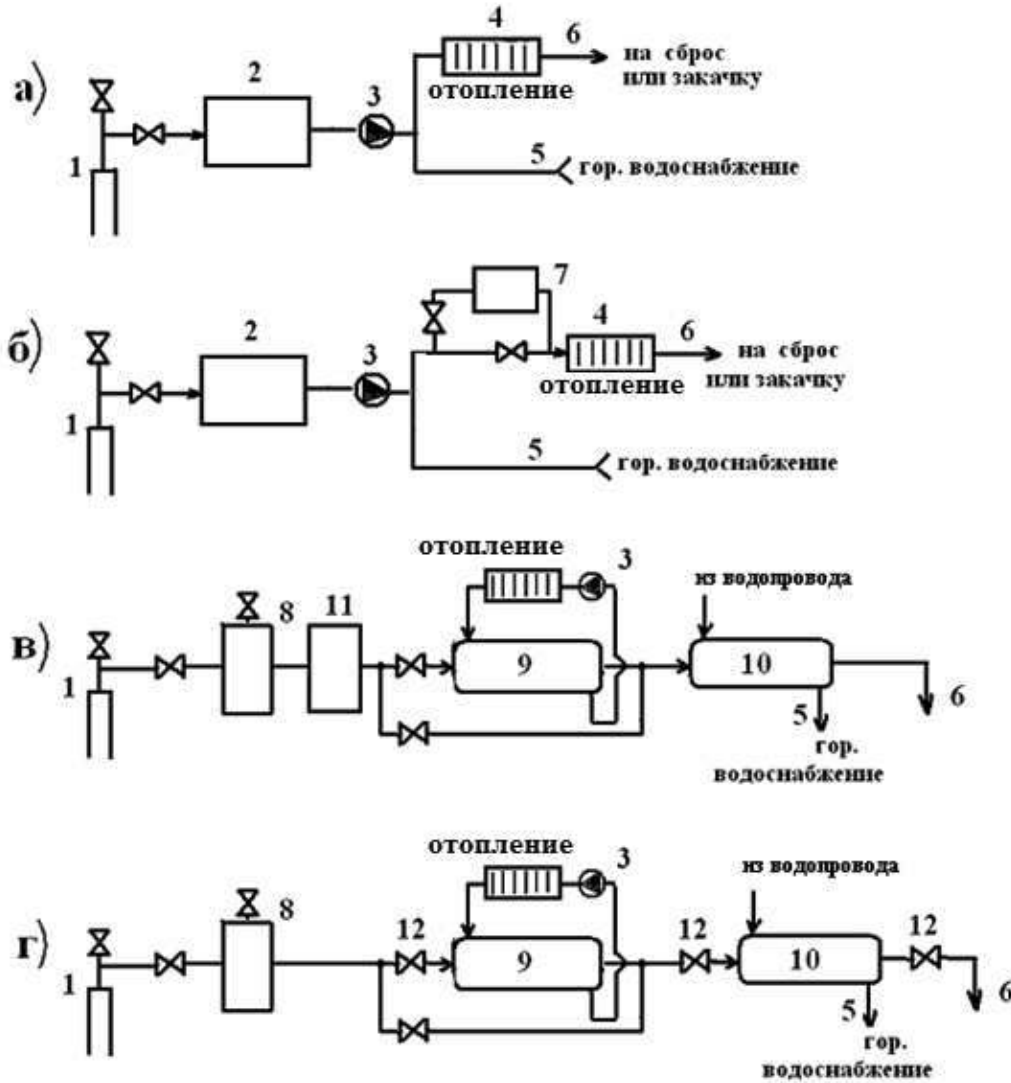


Рис.1. Схемы использования энергии источников геотермальных вод:

1 – скважина; 2 – бак-аккумулятор; 3 – насос; 4 – отопительные приборы; 5 –подача горячей воды потребителю; 6 - сброс или закачка использованной воды; 7 –котельная для догрева геотермальной воды; 8 - газоотделитель; 9 – теплообменник отопления; 10 – теплообменник горячего водоснабжения; 11 - стабилизационная обработка воды; 12 – запорная арматура для поддержания давления в системе.

Температура большинства скважин с непосредственной подачей геотермальной воды к потребителю, как правило, не превышает 70-75 °С.

Для повышения теплового потенциала геотермальной воды, как показала практика и технико-экономический анализ [14-15], в большинстве случаев необходимо осуществлять «пиковый» догрев в системе за счет традиционных источников тепла (рис. 1.б). Однако при нагревании используемая геотермальная вода может быть выведена из состояния стабильности. В этом случае в зависимости от химического состава воды и содержания газов возможны отложения твердой фазы карбоната кальция. Поэтому при проектировании схем тепло водоснабжения с «пиковым» догревом, необходимы исследования на предмет стабильности данной воды при планируемых температурах.

Термальна вода имеет температуру выше 80 °С, но сильно минерализована и может содержать вредные компоненты (фенолы, мышьяк и др.) В этих условиях возникает необходимость в устройстве промежуточных теплообменников для подогрева стабильной в условиях

эксплуатации воды. Здесь термальная вода из скважин направляется в теплообменник отопления и затем в теплообменник подогрева воды для горячего водоснабжения. для регулирования температуры воды в него так же непосредственно из скважины (рис. 1. в).

На сегодняшний день использование геотермальных вод, вызывающих коррозию оборудования и склонных к солеотложениям весьма проблематично. Если коррозию оборудования можно предотвратить подбором материала, то солеотложение идет практически на любой поверхности. В случае опасности интенсивного солеотложения в геотермальных системах может быть использована схема (рис.13.в) с предварительной стабилизацией воды (подкисление, фосфатирование, ультразвуковая обработка и т.д.) Такое использование геотермальной воды связано со значительными затратами на ее обработку, что не всегда оказывается выгодным, а в некотором случае и малоэффективным. В настоящее время такие схемы не получили широкого распространения.

При подъеме на поверхность земли по добывающей скважине парциальное давление углекислого газа в термальной воде снижается и это может вызвать нарушения карбонатно-кольцевого равновесия в растворе воды либо в самой скважине, либо в наземном оборудовании. В этом плане наиболее склонными к выделению твердой фазы карбоната кальция, как правило считаются термальные воды с температурой около 100 °С и более. В таких случаях в геотермальных системах для предотвращения карбонатных отложений приходится поддерживать высокое давление с помощью запорной арматуры (рис.1.г). Это приводит к уменьшению дебита скважины и увеличению коррозионной агрессивности раствора воды. Тем не менее это представляет собой наиболее простой способ защиты геотермальных систем от карбонатных отложений и, если это возможно, то реализуется на практике. На сегодняшний день такие схемы получили широкое распространение при использовании геотермальной воды для отопления и горячего водоснабжения. В настоящее время такие схемы используются в Кизляре /скважина 1Т, 3Т, 5Т, 17Т, 19Т/, Махачкале /Тернаир 27Т, 38Т, 28Т/, Каспийске и ряде других мест.

Использование перегретых термальных вод (более 110 °С), склонных к выделению твердой фазы карбоната кальция, для выработки электроэнергии на ГеоТЭС сопряжено с проблемой перенасыщения раствора этих вод карбонатом кальция не только за счет снижения парциального давления углекислого газа, но так же и за счет увеличения концентрации солей жесткости из-за испарения части воды. При этом в оборудовании расширителей, дегазаторов, отстойников возможны интенсивные отложения карбоната кальция, выводящие из их рабочего состояния в течении 3-4 суток. В данном случае необходимы мероприятия, позволяющие выделить твердую фазу карбоната кальция непосредственно в объеме раствора, тем самым, защищая поверхность оборудования от отложений [16-22].

Подводя итог, необходимо отметить, что использование геотермальных вод, особенно высокотермальных и перегретых, имеющих высокий тепловой потенциал, затруднено в ряде случаев по причине образования отложений твердой фазы карбоната кальция в оборудовании геотермальных систем.

Работа выполнена в рамках НИР Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310203-3.

Литература

1. Геотермальноетеплохладоснабжение жилых и общественных зданий и сооружений. ВСН 56-87. Нормы проектирования. –М.: Стройиздат, 1989. – 50 с.
2. Маврицкий Б.Ф. Термальные воды складчатых и платформенных областей СССР. М.: Наука, 1971.- 242 с.
3. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод: теоретические, прикладные и экологи-ческие аспекты /Под ред. Лаверова Н.П./ М.: Наука. 2004. 667 с.
4. Алекин О.А. Общая гидрохимия. Л.: Гидрометеиздат, 1948.-208 с.

5. Сулин В.А. Условия образования, основы классификации и состав природных вод. М.: Изд-во АН СССР, 1948.- 105 с.
6. Толстихин Н.И. Классификация подземных вод//Зап . ЛГИ. 1971. Т.12. – Вып. 2.- С. 3 – 15.
7. Иванов В.В. О происхождении и классификации современных гидротерм // Геохимия, 1960. № 5. С. 443-451.
8. Ахмедов Г.Я. Стабилизационная обработка геотермальных вод //Водоснабжение и санитарная техника. - 2010.- № 6.- С. 33-38.
9. Ахмедов Г. Я. О некоторых методах контроля солеотложения в геотермальной энергетике//Промышленная энергетика.- 2010.- № 6.- С. 58-62.
10. Ахмедов Г.Я. К вопросу о влиянии теплопередачи на отложение твердой фазы карбоната кальция на теплообменной поверхности //Энергосбережение и водоподготовка. - 2011.- № 6.- С. 6 – 8.
11. Ахмедов Г.Я. Очистка геотермальных систем отопления и горячего водоснабжения от карбонатных отложений//Водоснабжение и санитарная техника. - 2012.- № 1.- С. 59-63.
12. Ахмедов Г.Я. Защита геотермальных систем от карбонатных отложений. М.: Научный мир, 2012.- 330 с.
13. Курбанисмаилова А.С., Ахмедов Г.Я., Эфендиев К.А., Ахмедова Л.М. Совершенствование методов эксплуатации энергетического оборудования при утилизации метана из геотермальных вод. Мониторинг. Наука и технологии. 2019. № 3 (41). С. 46-50.
14. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С.О целесообразности получения водорода конверсией попутного метана на геотермальных скважинах Восточного Кавказа и Предкавказья // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2016. № 23-24. С. 82-87.
15. Ахмедов Г.Я. Стабилизационная обработка геотермальных вод //Водоснабжение и санитарная техника. - 2010.- № 6.- С. 33-38.
16. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. Геотермальная энергетическая установка // Патент на полезную модель RU 196410 U1, 28.02.2020. Заявка № 2018127790 от 27.07.2018.
17. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С., Шапиев Г.Ш Устройство контроля солеотложения //Патент на изобретение RU 2634553 С , 31.10.2017. Заявка № 2016118218 от 10.05.2016.
18. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. К вопросу об утилизации горючих газов из растворов геотермальных вод // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2014. № 63. С. 267-27
19. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С.Эксплуатация энергетического оборудования при утилизации попутных с геотермальной водой горючих газов //Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017. Т. 44. № 3. С. 48-60.
20. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С.Об оценке стабильности геотермальных вод и защите оборудования от твердых отложений при утилизации попутных горючих газов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2017. № 4 (196). С. 71-76.
21. Курбанисмаилова А.С., Ахмедов Г.Я., Темиров А.Т., Раджабов Р.Г.Об особенностях защиты энергетического оборудования от солеотложения при утилизации метана из геотермальных вод // Мониторинг. Наука и технологии. 2018. № 4 (37). С. 69-74.
22. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. О проблемах использования термоминеральных вод при утилизации попутных горючих газов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1 (80). С. 109-115.

УДК 550.38; 539.434; 539.38; 691.42/43:502.174.1: 66.092.977

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-81-2-99-104

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИСИЛИКАТНАТРИЕВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ИЗ НЕРУДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ

Тотурбиев Б.Д.

Институт геологии ДФИЦ РАН

В статье отмечается актуальность научного направления по утилизации сельскохозяйственных отходов, при этом обосновывается, возможность создание строительных материалов путем применение композиционных вяжущих из минерального нерудного сырья и полисиликатов натрия с целью решения одновременно двух проблем: утилизации сельскохозяйственных отходов и обеспечения дешевыми и экологически чистыми строительными материалами различного функционального назначения. Обобщая результаты научных исследований по утилизации рисовой шелухи среди новейших методов и способов, проектных решений и технологий можно отметить возможность применения рисовой шелухи для производства эффективных теплоизоляционных материалов. В этой связи наиболее перспективными и отвечающими требованиям сегодняшнего дня являются научно-исследовательские работы, направленные на разработку безобжиговой технологии производства теплоизоляционных строительных материалов из рисовой шелухи с использованием в качестве связующего вещества полисиликатнатриевого композиционного вяжущего на основе минерального нерудного сырья - аргиллитовых пород. Приводятся результаты экспериментальных исследований получения теплоизоляционных полисиликатнатриевых композиций из рисовой шелухи с использованием в качестве связующего вещества полисиликата натрия, полученного путем совместного синтеза кремнезоля и безводного силиката натрия.

Ключевые слова: нерудное минеральное сырье, аргиллитовая порода, рисовая шелуха, безводные силикаты натрия, кремнезоль, полисиликаты натрия, теплоизоляционные полисиликатнатриевые композиции.

USE OF SODIUM POLYSILICATE COMPOSITE BINDERS FROM NONMETAL MINERAL RAW MATERIAL FOR DISPOSAL OF AGRICULTURAL WASTE

Toturbiev B.D.

Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, RAS

The article notes the relevance of the scientific direction for the disposal of agricultural waste, while substantiating the possibility of creating building materials by using composite binders from mineral non-metallic raw materials and sodium polysilicates in order to simultaneously solve two problems: recycling agricultural waste and providing cheap and environmentally friendly building materials of various functional destination. Summarizing the results of scientific research on the disposal of rice husks among the latest methods and methods, design solutions and technologies, we can note the possibility of using rice husks for the production of effective thermal insulation materials. In this regard, the most promising and meeting the requirements of today are research works aimed at developing a non-fired technology for the production of heat-insulating building materials from rice hulls using a polysilicate-sodium composite binder based on mineral non-metallic raw materials - argillite rocks as a binder. The results of experimental studies of obtaining heat-insulating polysilicate-sodium compositions from rice husks using sodium polysilicate as a binder obtained by the joint synthesis of silica ash and anhydrous sodium silicate are presented.

Keywords: nonmetallic mineral raw materials, argillite rock, rice husk, anhydrous sodium silicates, silica sol, sodium polysilicates, heat-insulating polysilicate-sodium compositions.

Учитывая, что объемы побочных и попутных продуктов различных отраслей промышленности постоянно возрастает, необходимость последовательного повышения уровня их использования становится важнейшей общегосударственной задачей.

В этой связи немаловажное значение имеет использование отходов промышленной переработки сельского хозяйства.

Проведенный нами анализ применения органических отходов сельского хозяйства показывает, что вопрос утилизации рисовой шелухи в этом плане имеет большое значение и является наиболее острой необходимой экологической задачей [1-6,12-22]. Так, ежегодно в мире

после обработки риса образуется сотни млн. тонн рисовой шелухи не подвергающиеся гниению из-за наличия в составе диоксида кремния. В связи с этим для ее захоронения требуется огромные площади земельных угодий.

Поэтому утилизация рисовой шелухи для государств, которые занимаются возделыванием и переработкой риса стала, жизненно важной задачей [5,6,12-22].

На сегодняшний день существующие способы использования рисовой шелухи, освещенные в обстоятельных обзорах и в отдельных статьях, достаточно разнообразны [1-6, 19-20].

Предлагается создание промышленной технологии производства аморфного диоксида кремния высокой чистоты, который состоит из следующих операций: выщелачивание рисовой шелухи раствором минеральной кислоты; промывка водой; сушка; сжигание шелухи при 450-500 С, за тем при 700 С; затаривание продукта; контроль качества по хим. Составу и при необходимости по дисперсности.

Полученный таким образом аморфный диоксид кремния высокой чистоты, может быть использован в качестве сорбента, в том числе для хроматографии; наполнителя для резины, текстиля, бумаги, пластмассы, красок, цветных лаков; в аналитической химии; сырья при синтезе всех соединений кремния (например, карбида, нитрида, хлорида, кремнийорганики), для химической промышленности а также для получения кремния, кремниевых ферросплавов, в алюминиевой промышленности; для выращивания кристаллов кварца для радиоэлектроники; в производстве люминофоров, кварцевого стекла, огнеупоров, абразивов, литейных форм, звуко- и термоизоляционных материалов, катализаторов на кремниевых носителях, жидкого стекла и качественного бетона для строительства.

Применяются и другие технологии и методы для утилизации рисовой шелухи. Например, утилизация рисовой шелухи методом быстрого пиролиза без доступа кислорода (воздуха) с получением товарной продукции полуфабриката в виде смеси аморфизированных двуокиси кремния и углерода в количестве 3 тыс. т/год и альтернативного жидкого топлива в количестве 4 тыс. т/год.

Большое значение также имеет получения экспандированной рисовой шелухи путем высоко температурой обработки при давлении для нужд сельского хозяйства. Благодаря содержанию кремнезема в ней оказывает благотворное влияние на рост сельскохозяйственных культур, улучшает состояние почвы, эффективно в предупреждении вреда от многократного посева одной культуры и накопления солей в почве.

Перспективным является использование топливных брикетов из рисовой шелухи получаемые на прессе-экструдере, которые обладают рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с другими видами топлива:

- более легкий способ подачи и загрузки брикета в топочную камеру по сравнению с небрикетированными отходами;
- теплотворная способность брикета больше, чем у тех же отходов в рассыпном виде;
- являются экологически чистым видом топлива и при сжигании оказывают малое воздействие на окружающую среду;

Кроме того повышается эффективность транспортных перевозок, так как полученные сырьевые брикеты уплотнены в 6-12 раз.

Весьма интересным является получения активированного углеродного материала из шелухи риса, путем термического превращения углеводородсодержащей части рисовой шелухи при карбонизации и активации материала с применением твердых активаторов,

т.е. карбонизация рисовой шелухи и активация углеродного материала, полученного после выделения SiO_2 из карбонизата, с использованием твердых активаторов (карбонатов калия и натрия).

Переработка рисовой шелухи в активированный углеродный материал с хорошими адсорбционными свойствами позволяет, с одной стороны, решать проблемы утилизации этих от-

ходов, с другой стороны, дает возможность получить полезные материалы – сорбенты для очистки питьевой и сточных вод.

Тем не менее, существующие на сегодня методы утилизации рисовой шелухи путем сжигание, создание специальных отвалов для захоронения или переработки не являются идеальными решениями вопроса, так как оказывают негативное экологическое воздействие. Установлено, что рисовая лузга, создавая воздушное пространство в почве, способствует активному окислению нефтепродуктов кислородом воздуха и их деградации.

Сжигание, пока что самый распространённый, но небезопасный метод, который кроме нанесения вреда окружающей среде, подвергает опасности здоровье человека. При этом образующие мелкодисперсные элементы, попадая в лёгкие, вызывают тяжелейшее заболевание – силикоз.

Вместе с тем наиболее актуальным методом является переработка рисовой шелухи. Переработанная шелуха, главными составляющими которой, являются целлюлоза, лигнин, а также минеральная зола (92–97 %) диоксида кремния может служить очень ценным сырьём для получения разнообразных соединений кремния и использоваться в различных направлениях промышленности и сельского хозяйства. Хотя, получение их из рисовой шелухи в печах с целью переработки требует немалых финансовых вложений.

В настоящее время перечень способов использования только рисовой шелухи, предложенных в научной и технической литературе, настолько велик, что, казалось бы, не должно возникать никаких проблем внедрению их в производства.

В США и в других передовых странах занимающихся выращиванием риса проблема использования рисовой шелухи наиболее успешно решаются, уже давно работают заводы, получающие золу рисовой шелухи хорошего качества, или аморфный кремнезём.

Однако, в России и в других государствах СНГ, главную роль играет в большинстве случаев, не технология утилизации рисовой шелухи, а сочетание ряда факторов: отсутствие информации у владельцев рисовых отходов, экономическое состояние региона, социальная и политическая ситуация.

Вместе с тем данное направление является перспективным с точки зрения технологического потенциала сырья для получения эффективных строительных материалов.

Среди новейших проектных технологий можно отметить возможность применения переработанной рисовой шелухи для производства строительных плит и блоков. Особенность технологии заключается в предварительной подготовке гранул рисовой лузги, которые позволят повысить прочность стройматериалов. Однако на данном этапе методы и технологии её переработки только внедряются, хотя это направление считается очень перспективным.

При изготовлении строительных материалов из рисовой лузги предлагается использовать следующие наполнители: гипс, мел, цемент, древесные опилки, табачную пыль и другие отходы пищевых и непищевых производств. Под каждый вид наполнителя создается своя технологическая карта производства. Получаемые строительные плиты рекомендуется использовать в качестве утеплителя в конструкциях крыш и пола, а также блоков при строительномонтажных работах; основы тары для изготовления упаковочного материала для пищевых и технических целей; декоративных элементов отделки при строительномонтажных работах.

Актуальность данного научного направления обосновывается возможностью решения сразу двух проблем: утилизации сельскохозяйственных отходов и обеспечение дешевыми и экологически чистыми строительными материалами различного функционального назначения.

Поэтому научно-исследовательские работы, направленные на изучение возможности утилизации рисовой шелухи являются наиболее перспективными и отвечают требованиям сегодняшнего дня. А это в свою очередь приведет к экономии капитальных вложений, повышению уровня их рентабельности, высвобождению значительных площадей земельных угодий и снижению степени загрязнения окружающей среды.

В этой связи в Институте Геологии ДНЦ РАН проводятся научные исследования комплексного использования ресурсов нерудного сырья и отходов производства [8-11] для строительной индустрии на базе современных энерго-ресурсосберегающих и высоких технологий, разработанных в области материаловедения.

В частности исследуются полисиликатные системы, обладающие уникальными связующими свойствами, обеспечивающие комплексное применение нерудного сырья и отходов производства в композициях с различным целевым назначением.

В данной статье приводятся результаты исследований получения теплоизоляционных строительных материалов из рисовой шелухи, с использованием в качестве связующего вещества наноструктурированного полисиликатнатриевого композиционного вяжущего на основе нерудного минерального сырья- аргиллитовых пород.

Ранее проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями обоснована возможность получения наноструктурированных композиционных вяжущих веществ из безобжиговых аргиллитовых глин, с использованием в качестве связующего вещества нанодисперсного полисиликата натрия, получаемого путем совместного синтеза кремнезоля и безводного силиката натрия непосредственно в самой композиции [8-10].

Установлено, что прочные клеевые контакты связующие систему «тонкомолотый аргиллит - БСН - кремнезоль» в единый монолит могут быть созданы при соблюдении следующих основных технологических факторов: равномерном распределении тонкоизмельченных частиц БСН в порошке безобжиговой аргиллитовой глины и в последующем кремнезоле; уплотнении, при формовании образцов; тепловой обработке, с целью растворения частиц и образования полисиликата натрия, и следовательно, тончайших клеевых пленок на их поверхности; последующего обезвоживания системы, для создания условий возникновения адгезии и когезии.

Высокие результаты прочностных и других физико-технических свойств разработанного наноструктурированного композиционного вяжущего, на основе безобжигового аргиллита и полисиликатов натрия, дает основание отметить актуальность и перспективность получения строительных материалов различного функционального назначения.

Поэтому экспериментальные исследования, проводимые нами, были направлены на разработку безобжиговой технологии производства теплоизоляционных строительных материалов из рисовой шелухи, с использованием в качестве связующего вещества наноструктурированного полисиликатнатриевого композиционного вяжущего на основе нерудного минерального сырья -аргиллитовых пород с применением полисиликатов натрия.

Технология получения теплоизоляционных композиций из рисовой шелухи на полисиликатнатриевом вяжущем была принята следующая: отдозированную силикат глыбу (безводные силикаты натрия) и аргиллитовую породу совместно измельчали в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности $2500 \text{ см}^2/\text{г}$, затем и рисовую шелуху с целью расщепления их на волокна разм. 0.5- 4мм..

Затем, в экспериментально подобранный оптимальный сухой состав этих компонентов, добавляли кремнезоль и перемешивали в лопастной мешалке принудительного действия до однородной массы. Из полученной тонкодисперсной композиции путем введения необходимого количества рисовой шелухи в зависимости от требуемой плотности композиционного теплоизоляционного материала получали формовочную смесь, которую заливали в формы соответствующих размеров

С целью растворения частиц безводного силиката натрия в кремнезоле для образования полисиликата натрия и тончайших клеевых пленок на поверхностях наполнителей из аргиллитовой породы и рисовой шелухи, отформованные образцы подвергали низкотемпературной тепловой обработке по режиму: подъем температуры от 20 до 90°C - 1,5 часа, выдержка при $90\pm 5^\circ\text{C}$ - 0,5 часа. Подъем температуры до 200°C - 1 ч, выдержка 2 часа для последующего обезвоживания и упрочнения системы

Здесь учитывая, что при низкотемпературной тепловой обработке 90°C, взаимодействие щелочных гидроксидов с частицами кремнезема сопровождается разрывом силоксановых связей в результате деполимеризации, разрыхлением частиц, образованием гель-слоя и ростом лиофильности системы при переходе от зольей к полисиликатам натрия с целью придания начальной структурной прочности теплоизоляционного материала нами изначально в формовочную смесь была введена портландцемент, в качестве отвердителя композиции.

При этом необходимо отметить, что свободный оксид кальция содержащееся в составе портландцемента при тепловой обработке (90°C) выступает во взаимодействия с нанодисперсным полисиликатом натрия, образуя при этом водонерастворимые гидросиликаты кальция, которые в свою очередь способствуют повышению прочности и водостойкости материала.

Физико-механические свойства разработанного теплоизоляционного материала на основе рисовой шелухи и полисиликатнатриевого композиционного вяжущего в зависимости от плотности приведены в таблице.

Таблица.

Физико-механические свойства разработанного теплоизоляционного материала

Расход компонентов на м ³ , кг			Кремнезоль (SiO ₂ -30%), л/м ³	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Теплопроводность, Вт/(м·град)
Шелуха рисовая	Силикат-глыба	Портланд-цемент				
150	48	40	143	250	0,18	0,06
216	64	60	186	300	0,24	0,07
280	80	80	228	400	0,63	0,09
344	96	100	271	500	1,02	0,12
420	112	120	313	600	1,98	0,15

Из данных таблицы следует, что плотность разработанного теплоизоляционного материала полностью регулируется количеством наполнителя из рисовой шелухи введенной в состав полисиликатнатриевой теплоизоляционной композиции, и составляет от 300 до 600 кг/м³.

Таким образом, экспериментально подтверждена возможность использования полисиликатнатриевых композиционных вяжущих из нерудного минерального сырья для утилизации сельскохозяйственных отходов. В результате получен теплоизоляционный материал разной плотностью из композиции рисовой шелухи и тонкомолотой аргиллитовой породы с использованием в качестве связующего вещества полисиликата натрия, полученного путем совместного синтеза кремнезоля и безводного силиката натрия с введением портландцемента в качестве отвердителя.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания Института геологии ДФИЦ РАН по теме НИР №. АААА-А19-119122690018-8.

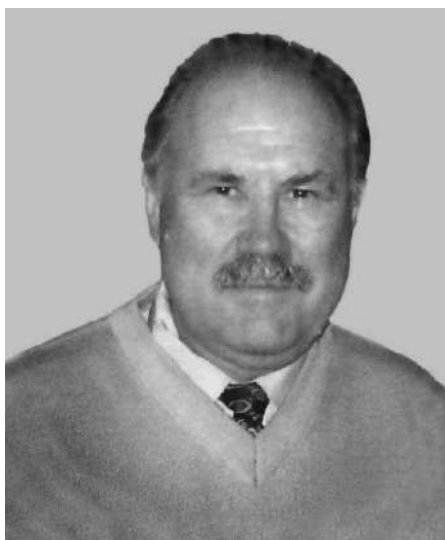
Литература

1. Земнухова Л.А., Сергиенко В.А. Использование рисовой шелухи для производства высококачественного амфорного диоксида кремния // Утилизация твердых бытовых и других видов отходов. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.saveplanet.su/techo_377.html (дата обращения: 18.01.2014)
2. Сергиенко В.И. Возобновляемые источники химического сырья: комплексная переработка отходов производства риса и гречихи / В.И. Сергиенко и др. // Российский химический. — 2004. — Т. XLVIII, — № 3. — С. 116—124.
3. Способ получения диоксида кремния. Земнухова Л. А., Федорищева Г. А. Заявка: 2009114380/15, 15.04.2009. Опубликовано: 20.07.2010. Бюл. № 20.

4. Патент РФ 2488558 МПК С01В 33/12. Способ получения аморфного микрокремнезема высокой чистоты из рисовой шелухи. Общество с ограниченной ответственностью "Рисилика". Заявка: 2011136382/05, 01.09.2011. Опубликовано: 27.07.2013 Бюл. № 21
5. Земнухова Л.А., Федорищева Г.А., Егоров А.Г., Сергиенко В.И. Исследование условий получения, состава примесей и свойств аморфного диоксида кремния из отходов производства риса // Журнал прикладной химии. — 2005. — Т. 78. — Вып. 2. — С. 324—328.
6. Удербает С. С., Карибаев Е., Курманаева Ж. М. Исследование адгезии рисовой лузги с золоцементными вяжущими смесями // Молодой ученый. — 2014. — №12. — С. 113-114
7. Галебуй, Сара. Поризованный арболит на местных отходах сельскохозяйственного производства в Республике Чад / Сара Галебуй // Приволжский научный журнал. 2011. № 4. С. 79 – 85.
8. Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б. Композиционные вяжущие вещества из промышленных отходов. // Геофизика Юга России. Т.9. № 4. 2019. С 140-148.
9. Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б. Использование низкообжиговых аргиллитовых глин для разработки наноструктурированных композиций // «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии». Коллективная монография под редю И.А. Керимова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашина. Москва. ИИЕТ РАН. 2019. С. 173-181.
10. Тотурбиев Б.Д.. Инновационные строительные материалы из нерудного минерального сырья. // Сборник научных трудов РААСН. 2019. Том 2. С. 434-438.
11. Тотурбиева У.Д. Композиция из природного кремнистого сырья и отходов производства // «Геология и ресурсы Кавказа». Труды Института геологии ДФИЦ РАН. Вып. № 4 (79). 2019. С. 69-73.
12. Ghassan, A.H. Study on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material / A.H. Ghassan, B.M. Hilmi // Materials Research. – 2010. – V. 13. – № 2. – P. 185 – 190.
13. Cristina, D. Activated Carbons Obtained from Rice Husk: Influence of Leaching on Textural Parameters / D. Cristina, G. Dolly, V. Rosa, A. Alejandro, S. Marta. // Industrial and Engineering Chemistry Research. – 2008. – V. 47. – No. 14. – P. 4754 – 4757.
14. Chungsangunsit, T. Environmental assessment of electricity production from rice husk: A case study in Thailand Electricity Supply Industry in Transition / T. Chungsangunsit, S.H. Gheewala, S. Patumawad // Issues and Prospect for Asia. – 2010. – No. 20. – P. 51 – 62.
15. Thipwimon, C. Emission Assessment of Rice Husk Combustion for Power Production / C. Thipwimon, H.G. Shabbir, P. Suthum // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2009. – V. 3. – No. 5. – P. 1070 – 1075.
16. Fernández Ledesma, E. Evaluation of rice husk as an excipient for the pharmaceutical industry / E. Fernández Ledesma, C. Rodríguez Acosta, M. Liva Garrido, I. Díaz Polanco, D. Cazanave Guarnaluze // Journal of Materials and Environmental Science. – 2015. – V. 6. – No. 1. – P. 114 – 118.
17. Maamur, K.N. Rice husk derived silica aerogel as chromatographic packing material for colour separation of purple orchid (*Cattleya bowringiana*) flower / K.N. Maamur, U.S. Jais // Materials Research Innovations. – 2009. – V. 13. – Is. 3. – P. 334 – 336.
18. Rohani, A.B. Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk / A.B. Rohani, Y. Rosiyah, N.G. Seng // Procedia Chemistry. – 2016. – V. 19. – P. 189 – 195.
19. Kalapathy, U. An improved method for production of silica from rice hull ash / U. Kalapathy, A. Proctor, J. Shultz // Bioresource Technology. – 2002. – V. 85. – Is. 3. – P. 285 – 289.
20. Nittaya, T. Synthesis and Characterization of Nanosilica from Rice Husk Ash Prepared by Precipitation Method / T. Nittaya, N. Apinon // Special Issue on Nanotechnology. – 2008. – No. 7. – P. 59 – 65.
21. Prashanta, K.J. Synthesis and characterization of nanosilica prepared by precipitation method / K.J. Prashanta, A. Saha, P. Sabita, K.M. Bijay // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2004. – V. 240. – Is. 1–3. – P. 173 – 178.
22. Zain, M.F.M. Production of rice husk ash for use in concrete as a supplementary cementitious material / M.F.M. Zain, Md.N. Islam, F. Mahmud, Md.A. Jamil // Construction and Building Materials. – 2011. – Vol. 25. – Is. 2. – P. 798 – 805.

ЮБИЛЕИ

Илье Александровичу Богушу–85!



Богуш Илья Александрович

Богуш И.А. – доктор геолого-минералогических наук (1986 г.), профессор (1988 г.), с 1961 года работает в Южно-Российском государственном техническом университете (Новочеркасском политехническом институте), с 1992 года по 2011 заведующим кафедрой общей и исторической геологии минералогии и петрографии.

Профессор Богуш И.А.- крупный ученый и организатор науки, внесший существенный вклад в развитие приоритетного научного направления «Рудные месторождения, генетическая минералогия, онтогения».

Результаты его исследований в этом направлении, широко признанные и используемые в научно-практической деятельности, опубликованы в 306 печатных работах. В их числе 2 монографии, 5 учебных пособий. Профессор Богуш И.А. создал теорию параметрического генетического моделирования рудных месторождений, параметрического генетического анализа минералов и онтогении. Эта теория обобщает личные исследования более 50 рудных месторождений и реализована в разработке методик прогноза, поисков и оценке медноколчеданных месторождений, благородных металлов и полиметаллов. Результаты многолетних теоретических и полевых исследований Богуша И.А. рудных богатств Кавказа и Ю.Урала нашли свое применение в геолого-разведочной деятельности Северо-Кавказского и Оренбургского геологических управлений. Минералогенетические исследования Богуша И.А. осадочно-метаморфических комплексов Оренбургского газового месторождения позволили разработать теоретические основы стратиграфического расчленения метаморфизованных нефтеносных осадочных комплексов. Внедрение исследований дало возможность оценить оруденение 8 крупнейших медных месторождений меди на Кавказе и Южном Урале, увеличив запасы одного из них на 1200 тыс. т меди, открыть новые молибденовые и вольфрамовые объекты на Ю.Урале, впервые дать прогноз и обнаружить проявления эндогенного золота и платиноидов на Кавказе. В настоящее время Богуш И.А является ведущим специалистом металлогении Большого Кавказа.

Наряду с научной деятельностью Илья Александрович уделяет огромное внимание подготовке научных кадров, а вернее новых специалистов в области минерагении и тем самым

вносит большой вклад в подготовку высококвалифицированных инженерных и научных кадров. Им организована в университете аспирантура по специальности «Геоэкология», по которой защищено 8 кандидатов наук. Среди его учеников 1 доктор и 15 кандидатов наук. Ученики Богуша И.А. ныне работают в разных точках нашей страны, принося пользу государству в области поиска, разведки и добычи полезных ископаемых. Он принимал участие в подготовке многих десятков кандидатов и докторов геолого-минералогических наук, являясь в течение 22 лет членом диссертационных советов, (гг. Новочеркасск, Владикавказ, Ростов Н/Д), выступая оппонентом в других советах, консультируя соискателей.

Приятно отметить, что Илья Александрович принимал участие не только в подготовке ученых своего региона, но и оказывал существенную помощь другим регионам нашей страны, в том числе и республике Дагестан. В свое время, по рекомендации академика Рундквиста Д.В., Илья Александрович был оппонентом диссертации сотрудника Института геологии ДНЦ РАН Черкашина В.И., что в дальнейшем послужило научным сотрудничеством между академическим и вузовским учреждениями. Илья Александрович с 2008 года работает в тесном контакте с учеными Института геологии ДНЦ РАН в области минерации. Совместные работы принесли огромный вклад в развитие геологической науки Северного Кавказа.

Научные достижения профессора Богуша И.А. получили одобрение и признание ученых на российских и международных конференциях по рудной геологии и минералогии. О признании достижений говорит наличие ссылок на научные труды Богуша И.А. в десятках монографий и в 400 статьях.

Богуш И.А. многократно активно участвует в работе симпозиумов, конгрессов и других форумов различного уровня в области минералогии и рудной геологии. Им было организовано проведение пять всероссийских и международных конференций «Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кавказа» в г. Новочеркасске.

За последние 5 лет И.А. Богушем опубликовано более 50 печатных работ, в том числе одна монография по гранту РФФИ и одно учебное пособие с грифом Минобрнауки России. Под его руководством защищены две кандидатские и одна докторская диссертации.

Богуш И.А. является известным ученым не только в России, но и за рубежом. Он – председатель Северо-Кавказского отделения Российского минералогического общества, действительный член Нью-Йоркской академии наук. С 2004 года является организатором, руководителем и ответственным исполнителем программы №8470:21 РАН «Фундаментальные проблемы геологии, условия образования и принципы прогноза традиционных и новых типов крупномасштабных месторождений стратегических видов минерального сырья» по ЮФО.

Заслуги Богуша И.А. в подготовке кадров, развитии науки и техники получили высокую оценку. Он награжден нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования России», «Отличник разведки недр», «Заслуженный профессор ЮРГТУ (НПИ)», ему присвоено звание «Заслуженный работник высшей школы РФ».

Коллектив Института геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН и редколлегия журнала "Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН" горячо и сердечно поздравляет Вас, Илья Александрович, со славным юбилеем 85–летием и желает крепкого здоровья и новых творческих свершений.

С глубоким уважением

Врио директора ИГ ДФИЦ РАН

Главный редактор журнала

Мамаев С.А.

Черкашин В.И.

Информация для авторов

Материалы для опубликования в журнале направлять по адресу: 367030, г. Махачкала, ул. М.Ярагского 75. Институт геологии ДФИЦ РАН.

Статьи необходимо направлять в редакцию в двух бумажных экземплярах, подписанных всеми авторами, а также в электронном виде (CD-диск или др. накопитель, либо отправка электронной версии статьи по e-mailна: dangeogis@mail.ru).

К рукописи необходимо приложить разрешение на публикацию от учреждений, в которых выполнены исследования.

Правила оформления рукописи в журнале

Название журнала: "Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Геология и ресурсы Кавказа".

1. В журнале публикуются оригинальные статьи теоретического и методического характера по вопросам геологии, геофизики, географии, геохимии, результаты изучения состава и строения коры и мантии Земли, процессов формирования и закономерностей размещения полезных ископаемых, исследования по разработке и применению новых методов геологических исследований. Для работ регионального характера предпочтение отдается статьям по различным вопросам сравнительной геологии Кавказа и сопредельных регионов.

2. Статьи, соответствующие профилю журнала, принимаются к опубликованию после рецензирования. Автор представляет два внешних отзыва, подготовленных докторами наук из сторонней организации. Отзывы также могут быть подготовлены специалистами, отобранными редакцией Журнала, за дополнительную плату.

3. Авторы представляют статьи на русском или английском языках. Необходимо указать официальное название организации, в которой выполнена работа, в том числе на английском языке, а также места работы авторов их должности и адреса электронной почты.

3. Название статьи должно строго соответствовать ее содержанию. Текст статьи, как правило, разбивается на разделы: а) введение и постановка проблемы, б) методика исследования, в) результаты исследований, г) обсуждение результатов, д) заключение, е) список литературы.

4. Аннотация объемом до 100 слов, ключевые слова (3-7), индекс УДК.

5. Название, данные об авторах, аннотация, ключевые слова и список литературы дублируются на английском языке.

6. Тексты статей будут проверяться на плагиат на специальных сайтах.

7. Рукопись должна быть окончательно проверена, датирована, подписана всеми авторами. Допускается отправка по электронной почте отсканированных листов публикации с подписями авторов.

Технические требования

1. Статьи, в том числе приложения, примечания, список литературы, подписи к рисункам, таблицы, представляются в электронном виде по адресу dangeogis@mail.ru.

2. Формат текста: полуторный интервал, шрифт 14. Сжатие текста не допускается. Значимые слова выделяются жирным шрифтом или курсивом. Поля сверху 2см, снизу 2см, слева 3см, справа 2см. Объем статьи не должен превышать одного авторского листа (40000 знаков с пробелами), включая таблицы и список литературы. Исключение составляют заказные и обзорные статьи. Текст статьи должен быть также представлен в электронном виде. Текст представляется в файле с любым из расширений doc, docx, rtf.

3. В текстах статей можно размещать рисунки, таблицы, графики и схемы. Эти элементы статьи печатаются на отдельных листах. На рисунках должен быть минимум буквенных и цифровых обозначений, при масштабировании рисунков эти надписи будут не видны. Название рисунков и информация по ним должны приводиться в подрисуночных подписях.

При необходимости рекомендуется представлять рисунки в цветном варианте. Печать цветной графики является платной. Если автор не согласен оплачивать цветную печать, представляемая графика должна быть переработана в системе градаций серого таким образом, чтобы обеспечить ясность изображения и избежать необходимости допечатной коррекции. При этом рекомендуется присылать оба варианта рисунка с пометкой, что для печати автор просит использовать черно-белый вариант графики.

Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

4. При использовании в тексте сокращенных названий следует давать их расшифровку при первом применении или ограничиваться общепринятыми сокращениями.

5. Список используемой литературы дается в конце статьи в алфавитнохронологическом (по первому автору) порядке: вначале на русском, а затем на английском и других иностранных языках. Авторский коллектив приводится полностью. В списке литературы даются только опубликованные работы. Ссылка в тексте дается в квадратных скобках и номер ссылки.

Список литературы оформляется с абзацем. Для книг: фамилии и инициалы авторов, полное название источника, город, издательство, год издания, число страниц. Статья из сборника: фамилии и инициалы авторов, полные названия как статьи, так и сборника в целом, место и год издания источника и номера страниц статьи. Статья из журнала: фамилии и инициалы авторов, название статьи и журнала, год издания, том, номер, страницы.

6. Упомянутые в статьях единицы измерения должны соответствовать Международной системе единиц СИ.

7. Занумерованные формулы обязательно выделяются красной строкой, номер формулы ставится у правого края. Желательно нумеровать лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

Рукописи, оформленные с нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.

Адрес редакции:

Россия, 367030, Махачкала, ул. М.Ярагского 75

© Институт геологии ДФИЦ РАН

© Коллектив авторов

ISSN: 2541-9684

Научное издание

*Зарегистрирован в федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций
Российской Федерации (Роскомнадзор).*

ПИ № ФС77-67725 от 10 ноября 2016 года

Ежеквартальный научный журнал
"Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН"
Выпуск № 2 (81) 2020

Издаются по решению ученого совета ИГ ДФИЦ РАН

Сборник набран, сверстан и отредактирован на компьютерной
базе Гис-центра Института геологии ДФИЦ РАН.

Дизайн – Черкашин В.И.
Верстка – Мамаев А.С., Ибаев Ж.Г., Идрисов И.А.
Набор – Гусейнова А.Ш.

Подписано в печать 20.06.2020 г. Формат 60×84¹/₈.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 13,75. Уч.- изд. л. 6,09. Тираж 200 экз. Заказ №20-12-08.



Отпечатано в типографии АЛЕФ
367002, РД, г. Махачкала, ул. С.Стальского 50, 3 этаж
Тел.: +7 (8722) 935-690, 599-690, +7 (988) 2000-164
www.alefgraf.ru, e-mail: alefgraf@mail.ru