



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт геологии
Дагестанского научного центра

ISSN:2541-9684

№ 1(76), 2019
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)

м.н.с., (составитель)

Алхасов А.Б.
Асхабов А.М.
Богуш И.А.
Гаврилов Ю.О.
Глико А.О.
Гусейнов Д.Д.
Заалишвили В.Б.
Каратетян 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.

Абдулмуталимова Т.О.

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.igdnrcan.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 ДНЦ 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

О РИФОГЕННЫХ СТРУКТУРАХ ДАГЕСТАНА <i>Мацапулин В.У., Тулышева Е.В., Исаков С.И.</i>	4
ПРИРОДНЫЕ ПАМЯТНИКИ ОБЛАСТИ ИЗВЕСТНЯКОВОГО ДАГЕСТАНА <i>Юсупов А.Р., Сулейманов В.К., Алмагомедов А.А., Алхулаев К.Г., Мамаев А.С.</i>	8
ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДАГЕСТАНА И СТЕПЕНЬ ИХ РАЗВЕДАННОСТИ <i>Абдуганиева Т.И., Самедов Ш.Г., Мамаев А.С.</i>	13
О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНЫХ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ <i>Курбанисмаилова А.С., Ахмедов Г.Я., Мамаев А.С.</i>	19
РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В СКВАЖИНЕ ВБЛИЗИ ЧИРКЕЙСКОГО ГИДРОУЗЛА ЗА 2009-2019 гг. <i>Таймазов Д.Г., Магомед-Касумов М.Г., Шарипудинов Т.И., Султанрахмедов М.С.</i>	26
СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И РАБОТА СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ДАГЕСТАНА И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЗА 2017-2018 гг. <i>Асманов О.А.</i>	32
О ВАРИАЦИЯХ ДЕГАЗАЦИИ ВОДОРОДА В ПРИЗЕМНУЮ АТМОСФЕРУ И ЕЕ СВЯЗИ С СЕЙСМИЧЕСКИМИ СОБЫТИЯМИ <i>Саидов О.А.</i>	38
ПРОЯВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЗА 1995-99 гг. <i>Воронцова Т.М.</i>	46
СЕЙСМИЧНОСТЬ ДАГЕСТАНА ЗА ПЕРИОД 2010-2018 гг. <i>Исаев М.А.</i>	54
СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН <i>Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Мамаев А.С.</i>	61
ВЛИЯНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ РАССЛОЕНИЕ И ГРАДИЕНТ СКОРОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В МАНТИИ ЗЕМЛИ <i>Алиева А.В., Левкович Р.А.</i>	67
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ДАГЕСТАНЕ <i>Асманов О.А., Левкович Р.А.</i>	76
СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ ЗА 2018 г. <i>Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю., Павличенко И.Н.</i>	81
НЕКОТОРЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ Р.А. ЛЕВКОВИЧА В ОБЛАСТЯХ НЕФЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕРМИИ ДАГЕСТАНА <i>Меликов М.М.</i>	88
ЮБИЛЕЙ. РЭМ АЛЕКСАНДРОВИЧУ ЛЕВКОВИЧУ - 90!	96
О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЭМ АЛЕКСАНДРОВИЧА ЛЕВКОВИЧА <i>Асманов О.А.</i>	98

УДК 551.311.31 (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-4-7

О РИФОГЕННЫХ СТРУКТУРАХ ДАГЕСТАНА

Мацапулин В.У., Тулышева Е.В., Исаков С.И.

Институт геологии ДНЦ РАН

Отмечено выделение структур барьерных рифов на Северном Кавказе, через территорию Восточного Кавказа, структуру Известнякового Дагестана проходит Фиштинско-Шахдагский риф, захватывая Шахдаг-Шалбуздагский массив с гидротермально-эксплозивными процессами и ожелезнением. Показаны возможные проявления металлоносности региона связанной с рифовыми структурами и эвапоритовыми толщами.

Ключевые слова: риф, магматизм, вулканизм, целестин, гидротермально-эксплозивные, эвапориты.

ABOUT DAGHESTAN'S RIPHOGENIC STRUCTURES

Matsapulin V.U., Tulysheva E.V., Isakov S.I.

Institute of Geology, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences

The separation of barrier reef structures in the North Caucasus, across the territory of the Eastern Caucasus, the structure of the Limestone Dagestan passes Fishtinsko-Shahdagsky reef, capturing the Shahdag-Shalbuzdagsky array with hydrothermal-explosive processes and ironing. The possible manifestations of metal-bearing region associated with reef structures and evaporite strata are shown.

Keywords: reef, magmatism, volcanism, celestine, hydrothermal-explosive, evaporites.

Осадочные карбонатные породы на Восточном Кавказе развиты в основном в пределах структуры Известнякового Дагестана. Территории, где практически не было государственной съемки (1:50000, 1:200000). Все геолого-структурные описания основываются на съемочных работах 1:100000 О.И. Брода (1950). Поэтому литература по известнякам Дагестана опирается на работы нефтяников в Предкавказье и значительно в меньшей степени в орогенной части по вскрытым карбонатным толщам и поисково-разведочным работам на нерудных и целестиновых проявлениях и месторождениях.

Известняковый Дагестан считался амагматической структурой, не представляющей интерес для металлогении. К настоящему времени на рассматриваемой территории обосновывается наличие магматизма по кольцевым структурам космоснимков, некоторые исследователи (С.Б. Ящинин) целестиносную металлогеническую провинцию Восточного Кавказа относят к эндогенным образованиям. Институтом геологии ДНЦ РАН в пределах доломитовых толщ (Унцукуль, Аракань) установлены: ореолы благородных металлов (Au, Pt, Pd, Ag), кальцит-гематитовая минерализация с содержанием Au – 0,7 г/т, Ag – 17 г/т, приуроченная к системе раздвигов поперечного (к Восточному Кавказу) заложения, которая фиксируется сетью прожилков мощностью от 1-2 см до 2,0 м. Мы связываем эту минерализацию с гидротермально-эксплозивными процессами, которые здесь выражены в образовании раздвигов и заполнении их карбонатной минерализацией.

Изучение позднекайнозойской вулканической деятельности в среднемиоценовых отложениях показало наличие на территории разновидностей вулканогенных проявлений: вулканокластические, вулканогенно-осадочные и гидротермально-эксплозивные. Наиболее крупные из них это гидротермально-эксплозивные – бугленские песчаные карьеры, истисувская долина. В них выделены признаки гидротермально-эксплозивных образований в караганских кварцевых песчаниках: наличие брекчий, слагающих эксплозивные структуры – слегка удлиненная овальная форма образований, присутствие железистых минералов, вертикальное погружение на глубину контактов брекчиевых тел с вмещающими породами, отсутствие структур давления, меланжа, зеркал скольжения – характерных для тектонических процессов и др.

По аналогии с позднекайнозойскими гидротермально-эксплозивными процессами подобные структуры выделены в известняковом Дагестане – массивы Шахдаг, Шалбуздаг, проявления – Цудахарское, Аркаское, долины р. Аварское Койсу и Акушинское. В некоторых из них широко развито ожелезнение. Ожелезненные карбонаты согласно геологическому словарю (2012) являются результатом подтока термальных железистых флюидов при их образовании. Это еще один признак формирования гидротермально-эксплозивных процессов. Они гораздо масштабнее изученных нами в среднемиоценовых песчаниках. Самое крупное образование из них это Шахдагский, Шалбуздагский массивы, мощность которых достигает 400-800 м.

Из приведенных материалов, видно, что Известняковый Дагестан содержит эндогенные (вулканогенные) образования, которые судя по литературе, контролируют месторождения полиметаллов, благородных металлов, аналогичны алмазным трубкам. Все это значительно повышает интерес к известняковым структурам Восточного Кавказа.

Изучая гидротермально-эксплозивные процессы, красноцветы в Известняках Дагестана (Шхдаг, Шалбуздаг) крайнего юго-востока территории мы обратились к известным палеофациальным схемам Северного Кавказа. Так С.И. Дотдугев [3] выделяет «Лейас-ааленский период обособления и расширения морского бассейна, отличающегося чрезвычайно бурным развитием геологических процессов, соответствует обстановке интенсивного растяжения, углубления и расширения седиментационного бассейна и состоит из стадии (сенимюр-карикс) и стадии углубления и расширения бассейна (домер-аален)». Таких же взглядов на отмечаемые стадии развития придерживаются многие исследователи [4,5,6].

По условиям осадконакопления и магматической деятельности лейас-ааленский седиментационный бассейн разделяется на ряд крупных фациальных зон, свидетельствующих о его относительно симметричном строении. Далее этот автор отмечает, что основными зонами лейас-аалена являются: северная и южная шельфовых песчано-глинистых осадков; северная и южная прибортовых преимущественно глинистых осадков.

Лейас-ааленский период растяжения не привел к образованию типично океанской впадины с накоплением маломощных конденсированных осадков, а байос-батский период сжатия не вызвал полного замыкания морского бассейна и сплошной континентализации территории. В конце средней юры между Скифской и Закавказской плитами сохранился прогиб окраинного моря, наложенный на северную часть Закавказской плиты.

В мальм-эоценовый период регенерации морских условий сформировались следующие фациальные зоны, заложившиеся в верхней юре и впоследствии сохранившие свои фациальные особенности: Северо-Кавказская и Закавказская лагуны, Фиштинско-Шахдагский и Ахцудзыхринский барьерный рифы, северная и южная субфлишевая зона, флишевая (Новороссийско-Дибрарская) зона.

По определениям в Геологическом словаре [2] риф барьерный или система рифов, окружающих океанские острова, либо протягивающиеся на сотни и более километров вдоль пассивной окраины материков. От суши риф барьерный отделяет зарифовая часть (шельфовая) лагуны или мелководный шельф шириной от 1-2 до 100 км и более. Рифы, достигающие в поперечнике несколько километров, обычно расчленены глубокими проходами, соединяющие лагуну с морем. Их мористый склон повсеместно круто обрывается к океаническим впадинам.

На космоснимках на поверхности Шалбуздаг-Шахдагского массива хорошо видна в южной его окраине полоса возвышенности, воздымающаяся на 100-200 м над известняковой поверхностью массива, что характерно для береговой рифовой окраине. Следовательно, последняя сложена прочными массивными органогенными известняками, не подверженными или слабоподверженными абразии, выветриванию и т.д. Поэтому эти обрывы – естественное литологическое составляющее карбонатных толщ, а не результат их физико-химического выветривания. Эти выводы подтверждаются тем, что в южных склонах гор Шахдаг, Шалбуздаг, Гестенкиль, в реках дренирующих эти части рифогенных построек, содержится мало обломочно-

го материала известняков или его вообще нет – (р.р. Сельды, Рагданчай, Чахы-чай, Мулларчай, Мукеркам, Сумрайкам, Скалистый, Маза, Джиг-Джиг, Курукал, в самом русле р. Самур и в его левых притоках во влиянии Мискинджинского оползня). Обилие рыхлого известнякового материала отмечается только в нижнем течении р. Усук-чай (пр. приток р. Самур), а в ее средней части преимущественное положение занимают ожелезненные известняки в районе села Текипиркент на левом склоне в 7 км от г. Шалбуздаг. Последнее объясняется наличием на северо-восточном секторе г. Шалбуздаг гидротермально-эксплозивного проявления красноцветных известняков. Эксплозии проходили длительное время (нижний – верхний мел – плейстоцен). Большое количество обломочного материала и обилие дресвы ожелезненных известняков, активная деградация коренных известняков на северо-восточном секторе вершинного плато г. Шалбуздаг, как раз и есть результат плейстоценовых эксплозий с красноцветами.

Итак, по определениям [3] на территории Восточного Кавказа проходит структура Фиштинско-Шахдагского барьерного рифа. Его южным ограничением являются вершины плато массивов Шахдаг, Шалбуздаг, Гестенкиль, оканчивающихся массивными прочными известняками. Они слабо подвержены физико-химическим процессам выветривания. Поэтому они выступают над нижерасположенными структурами скального рельефа, который нами, да, видимо, и другими геологами воспринимался как разрушение части известняковых структур. Поэтому исследователи становились в тупик, не обнаружив известнякового рыхлого материала в долинах рек дренирующих указанные массивы. А согласно полученным данным рыхлого известнякового материала в долинах и не было, известняки к югу от обрывов практически не распространялись. Полученные материалы помогают понять геоморфологические структуры и происходящие процессы в этом участке региона.

Установлена [1] пространственная связь свинково-цинкового (и/или баритового, флюоритового оруденения) с эвапоритовыми палеобассейнами и слагающими их нефтегазоносными фациями, а также с рифовыми сооружениями, ограничивающими бассейны от открытых морских пространств.

Предполагаемая большинством исследователей модель формирования рассматриваемого класса месторождений основополагающую роль в рудообразовании отводит металлоносным рассолам, сформировавшимся при строго определенных физико-химических обстановках седиментации и метаморфизации осадков: металлам, экстрагированным из обломочного материала, снесенного из континента; сере, образованной при биогенной редукции сульфатов, нефтяным углеводородам, участвовавшим в переносе металлов и в отложении сульфидных руд.

При генетической интерпретации необходимо учитывать эндогенные факторы: причины возникновения в пределах рудных провинций триад: синседиментационный глубинный разлом – вулканыты – надвулканогенные эвапориты; синседиментационный глубинный разлом – надразломные эвапориты – подэвапоритовый металлоносный рассол; позднеэвапоритовый металлоносный рассол, рассоловсасывающий тектонический барьер – стратифицированное оруденение, диапир эвапоритов – наддиапировый риф – жильное и жильностратифицированное оруденение в рифовом сооружении.

Перечисленные совокупности характеризуют те эвапоритовые палеобассейны, в развитии которых просматриваются рифтогенные режимы. Коралловые известняки (признаки рифов), установленные нами в известняковой толще вблизи сел. Каякент в проходящих здесь известняковых обрывах – северной окраине Фиштинско-Шахдагского барьерного рифа, можно отнести к подобным признакам.

В таблице 1 приведены результаты шлихового опробования рыхлых отложений водотоков, проходящих в известняках нижнего мела, отбор проб производился через 250 м. В пробах отмечено от 1 до 10 знаков сульфидов. В районе проведенных работ проявлений полиметаллов не отмечено. Данные опробования взяты по материалам Дагестанской геологической экспедиции.

Результаты шлихового опробования

№№ п/п	Участки, по которым проводились шлихо-минералогическое опробование	Длина маршрутов, км	Количество шлихов			
			с галенит.	со сфалер.	с халькопиритом	с минерал. сульфидов
1	Долина р. Аварское Койсу при впадении балки Аракань	20	30	14	3	45
2	Долина р. Апши	21,6	810	20	3	27
3	Долина р. Аракань	23	39	18	2	52
4	Киятлинский участок	24	4	3	48 целестин	55
5	Участков Карамахи	28	30	33	8	56
6	Игали-Чаркатинский участок	18	25	12	8	42

Территории Восточного Кавказа не подвергалась подобным металлогеническим исследованиям. К отдаленным признакам, возможного присутствия образований подобных месторождений являются: стронциевое (целестиновое) прожилково-седиментационное оруденение, небольшое проявление полиметаллических руд Каладжух верхнеюрско-мелового возраста, шлиховые ореолы сфалерита, галенита, халькопирита в известняках нижнего мела в ущелье Аракань и др. (табл.1).

Литература

1. Буадзе В.И. Рифтогенез и проблемы формирования свинцово-цинковых и баритовых месторождений в эвапоритово-карбонатных толщах (на примере Кавказа). В сб. Геодинамика Кавказа. М.: «Наука». 1989. С.197-206.
2. Геологический словарь. Спб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012.
3. Дотдугев С.И. Мезозойско-кайнозойская геодинамика Большого Кавказа //Геодинамика Кавказа. М.: Наука. 1989. С. 82-91.
4. Дотдугев С.И. О покровном строении Большого Кавказа //Геотектоника. 1986. № 5. С. 94-106.
5. Казьмин В.Г. О двух типах раскола континентов //Геотектоника. 1984. №2. С.23-36.
6. Леонов Ю.Г. (гл. редактор) Большой Кавказ в альпийскую эпоху. М.: Геос. 2007. – 368

УДК 552.02

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-8-12

ПРИРОДНЫЕ ПАМЯТНИКИ ОБЛАСТИ ИЗВЕСТНЯКОВОГО ДАГЕСТАНА

*Юсупов А.Р., Сулейманов В.К., Алимагомедов А.А., Алхулаев К.Г., Мамаев А.С.**Институт геологии ДНЦ РАН*

На территории Республики Дагестан широко развиты различные типы природных памятников. Эти природные памятники непосредственно связаны с геологическим строением территории; тектоникой, геоморфологией и различными разновидностями осадочных пород. В данной статье дается краткая характеристика памятников природы известнякового Дагестана, которые связаны в основном с карбонатными породами верхней юры и мела.

Ключевые слова. Памятники природы, карбонатные отложения, известняковый Дагестан, юра, мел, геологическое строение.

NATURAL MONUMENTS OF THE REGION OF LIMESTONE DAGHESTAN

*Yusupov A.R., Suleymanov V.K., Alimagomedov A.A., Alkhulaev K.G., Mamaev A.S.**Institute of Geology Dagestan Scientific Center Russian Academy of Sciences*

On the territory of the Republic of Dagestan, various types of natural monuments are widely developed. These natural monuments are directly related to the geological structure of the territory; tectonics, geo-morphology and various types of sedimentary rocks. This article provides a brief description of the nature monuments of limestone Dagestan, which are associated mainly with carbonate rocks of the upper Jurassic and Cretaceous.

Keywords. Monuments of nature, carbonate sediments, limestone Dagestan, Jurassic, chalk, geological structure.

Природа Дагестана чрезвычайно богата и разнообразна. Подобно талантливому скульптору, создающему монументальные изваяния из гипса или мрамора, она создала для нас тысячи "живых" памятников, которые поражают своей красотой, неповторимостью и непревзойденностью. Мы живем на прекрасной планете, здесь чудеса могут скрываться практически в каждом уголке. Памятники природы - это отдельные объекты или участки территории, которые имеют определенную ценность - историческую, эстетическую, научную или культурную, а также особым образом охраняются. Они относятся к уникальным формам природоохранных территорий. Геологические памятники природы - это всевозможные обнажения или выходы горных пород и редких минералов на поверхность земли. Многочисленные природные памятники встречаются и на территории Республики Дагестан.

Чрезвычайно богата природными памятниками Область Известнякового Дагестана. Эта область является следующей от третичного предгорья к югу высшей ступенью рельефа. Граница её с Предгорной областью проходит по более высоким частям северо-западных и северо-восточных склонов передовых меловых хребтов: Сала-Тауского, Гимринского, Шамхалдагского и других. Эти хребты высотой свыше 2000 метров на западе, постепенно понижаются к юго-востоку до отметок ниже 1500 м. Южной границей этой области являются высокие моноклиналильные куэстовые хребты: Алан-Годоберинский, Талакоро и южные борта плато: Хунзахского, Гунибского, Турчи-дагского и хр. Лес. Эта область сложена известняками, доломитами, гипсами верхней юры и песчано-глинистыми и карбонатными отложениями мелового возраста. В эрозионных окнах этой области обнажаются и более древние песчано-глинистые отложения средней и нижней юры.

Основная площадь распространения карбонатных отложений этой области сосредоточена в бассейне р. Сулак, где ширина полосы развития известняков достигает 40-60 км. К юго-востоку карбонатные отложения размыты эрозией, осталась узкая полоса - моноклиналильные куэстовые хребты, которые к реке Гюльгерычай совершенно выклиниваются. К югу моноклиналильных куэстовых хребтов, в области Сланцевого Дагестана сохранились лишь останцы выветривания (эрозии) синклиналильных плато, которые сами по себе являются замечательными

памятниками природы. Геоморфологические ландшафты этой области свидетельствуют о прямой зависимости её рельефа от литологического состава осадочных пород. Участки, сверху сложенные более крепкими породами (известняками), сохраняют унаследованный тектонический рельеф. Большие площади, слагавшиеся менее устойчивыми к эрозии песчано-глинистыми породами и верхнемеловыми известняками, образовали денудационные поверхности, например – Хунзахское плато.

На участках развития гидрографической сети, по простиранию складчатости, в менее устойчивых к эрозии породах образованы продольные долины с асимметрическими формами склонов. Там, где направление гидрографической сети совпадает с направлением трещиноватых сводов антиклинальных складок, развит обратный (отрицательный) рельеф, где обнажены более древние отложения. Примером этого служит верховье р. Гамри-озень, водосборный бассейн, который заложен в Мугринской антиклинали, а там, где главные притоки пересекают складчатость поперек, на сводах антиклиналей, сложенных карбонатными породами, образованы глубокие циркообразные межгорные котловины, такие, как котловина Орта, Гергебельский «цирк» и другие. Такие котловины окаймлены вверху отвесными обрывами карбонатных пород, а пологие донные части их сложены более древними песчано-глинистыми породами средней и нижней юры.

В целом оголенные и скалистые формы рельефа составляют отличительную черту области Известнякового Дагестана. Эта область служит хорошим примером для изучения известняковых форм рельефа, как тектонические, так и карстово-эрозионного происхождения.

В структурном отношении здесь хорошо развита сложная система кулисообразно расположенных коробчатых, широководчатых, реже узкосводчатых антиклиналей и широких чашеобразных и узко-сжатых синклиналей. Эта система складчатости Известнякового Дагестана подразделяется на три тектонические зоны: Внешняя, Центральная и Южная. Внешняя, граничащая с Предгорной областью, занимает большую территорию. Она в свою очередь состоит из трех подзон: 1. Варандино-Салатауская, простирающаяся из бассейна р. Хулхулау в бассейн р. Сулак; 2. Кадар-Ирганайская, включающая Мехельтинскую, Гимринскую, Ирганайскую антиклинали со сжатыми синклиналями (Кылдер-меэрскую и Бетлинскую); 3. В третью подзону входят Муни-Тлохская, Арак-меэрская, Кули-меэрская антиклинали. Направление складок этой зоны меняется от Сулакского субмеридионального тектонического выступа на восточное направление.

Между внешней и Центральной антиклинальными зонами располагаются Акушинская и Мурадинская синклинали.

Центральная антиклинальная зона включает Рацитлинскую, Хунзахскую, Гоцатлинскую, Гергебельскую и Айтили-Махинскую антиклинали, ограниченные на севере Хаджалмахинской Буцринской синклиналями.

Южная антиклинальная зона представляет собой систему крупных (до 40 км) и более мелких антиклиналей. Западная часть этой зоны (Хидахская антиклинальная складка) располагается в пределах этой области, а восточное продолжение (Уллучаринская антиклиналь) входит в следующую область – Внутренний сланцевый Дагестан.

Структурное положение Известнякового Дагестана, разнообразие литологического состава горных пород, слагающих эту область, особенно карстирующих, развитая гидрографическая сеть, способствовали возникновению мощных денудационных, эрозионных и карстовых процессов, которые послужили формированию здесь разнообразных памятников неживой природы.

Следовательно, в этой области расположено наибольшее количество разных типов памятников неживой природы. Преобладающее большинство из них представлено геоморфологическими типами, как региональными (комплексными), так и рядовыми подтипами. В связи с

глубоким расчленением геологических образований, большое место занимают стратиграфические типы – хорошо обнаженные разрезы.

Из региональных П.П. большой интерес представляет Сулакский каньон, главным образом, его южная часть – Главный Сулакский каньон – один из самых глубоких в мире, а также его продолжение по притокам реки Сулак – Андийскому Койсу – Ахульгинский каньон и по Аварскому Койсу – Гимринский каньон. Много в этой области красивых, экзотических ущелий, имеющих не только эстетическое, но и научное и историко-культурное значение. Они приурочены к толщам известняков, доломитов и гипсов, и имеют карстово-эрозионное происхождение. Цудахарское ущелье по р. Казикумухское Койсу отличается своей красотой. Горьким воспоминание об этом ущелье является то, что здесь в 1919 году был расстрелян деникинскими казаками революционер-большевик Гарун Саидов. Весьма популярным является Карадахское ущелье, одно из самых узких и глубоких, с поразительно ровными и вертикальными бортами. О нем сложено много легенд в народе: бытует сказание о том, что в 1871 году, когда русский император Александр 2 проезжал в Гунибскую крепость, один из жителей поднялся по деревянным кольям, вбитым в высокую стену, и достал мёд диких пчел для царя.

Ущелье Ая-Кака в Сергокалинском районе знаменито тем, что здесь в 1919 году красные партизаны Дагестанского округа устроили засаду карательному отряду деникинских казаков и уничтожили его.

Араканское ущелье со своими теснинами, водопадами одно из красивейших. С этим ущельем также связано горькое воспоминание в связи с тем, что здесь в неравном бою с бандитами Гоцинского погиб партизанский отряд и пал его командир-большевик, чекист Сафар Дударов.

В пределах этой области в бассейне реки Андийское Койсу еще много живописных ущелий и теснин: Чиркатинское, Ортоколинское, Муниское, Преображенское, Гипсовое и другие. К региональным (комплексным) П.П. в бассейне этой реки относятся платообразные возвышенности (ущелевшие синклинальные плато): Бетлинское, Кильдыр-Меэрское, Тукинское и другие.

Большой научный, исторический и эстетический интерес представляют Конхидатлинские источники соленых вод. Здесь из трещин в гипсо-доломитовой толще по обоим берегам реки Андийское Койсу выходят около 300 источников с дебитом более 500 литров в секунду, содержащих до 27% солей. Здесь с незапамятных времен выпаривается поваренная соль.

В бассейне р. Аварское Койсу за Гимринским каньоном расположены: Цумадикальское ущелье – теснина «Эхо», Унцукульское ущелье, громадный Унцукульский древний оползень и красивые останцы выветривания того же названия. Еще южнее с . Унцукуль расположено Ирганайское ущелье, где построена Ирганайская ГЭС.

У слияния рр. Аварское Койсу и Казикумухское Койсу находится Могохское ущелье, имеющее весьма живописный вид с экзотическими пещерами. Далее по р. Аварское Койсу расположено Гоцатлинское ущелье, в котором находится одноименное серопроявление с комплексом вторичных минералов: целестина, гипса, кальцита.

По реке Казикумухское Койсу расположены красивые ущелья: Аймакинское, Ташкапурское.

К югу от с. Гергебель река Кара-Койсу, пересекая поперек Гергебельскую антиклиналь, в её ядре образовала межгорную котловину пикообразной формы – Гергебельский «Цирк». У северного выхода из этого «Цирка» расположено живописное Гергебельское ущелье с глубокими теснинами и водопадами, а у южного выхода – Хвартикунинское ущелье, где расположена Гергебельская ГЭС – первенец Сулакского каскада гидроэлектростанций.

Стратиграфические типы геологических памятников природы этой области обусловлены хорошей обнаженностью геологических образований, а обнаженность здесь весьма уникальная. Крутые склоны долин, каньонов и ущелий, с протяженностью по вертикали от не-

скольких сот метров до 2-3 км, выражены сплошь обнаженными литологическими разрезами юрских и меловых отложений, представленных всеми ярусами.

Уникальными эталонами стратиграфическими разрезами меловых и юрских пород являются: Сулакский (Хадумский), Салатауский, Анди-Ансалтинский, Могохский, Араканский, Гергелбелский, Цудахарский, Рубасчайский, Маджалисский, Чирахчайский и другие.

Стратиграфические разрезы этой области являются памятниками природы и палеонтологического типа, так как все разрезы, за исключением гипсоносных пород верхней юры, изобилуют фауной. Наиболее насыщенными фауной являются меловые отложения, особенно верхнемеловые отложения и аптский и альбский ярусы нижнего мела, в которых встречаются аммониты диаметром 50-70 см, реже до 1 м. Большое скопление фауны наблюдается в подошве известняковых толщ нижнего мела и верхней юры, залегающих трансгрессивно на среднеюрских отложениях в таких разрезах, как Сардакентский, Касумкентский в аптском ярусе по р. Цмур-чай, в аптском и альбском ярусах Хадумского (Сулакского) разреза и других.

Интересные минералого-петрографические типы ПП приурочены к сульфатно-карбонатным толщам верхней юры. Особенно богаты разными минеральными комплексами месторождения и проявления серы, целестина, где наряду с первичными гипсами, доломитами, целестинами, кальцитом встречаются масса вторичных (гипергенных) минералов, главным образом, в зонах окисления серных месторождений: Кхиутского, Могохского, Гимринского, Гочатлинского и других. Из живописных памятников природы большой эстетический интерес представляют скалы верхнемеловых известняков, характеризующие формы выветривания их: Шамхалдагское обнажение, Сулакские утесы, Эльтуртинская пирамида, а также эрозионно-карстовые формы выветривания: Инхелинское решето, Каратинские «пингины», Анчикские останцы и многие другие.

Таким образом памятники природы Дагестана очень многочисленны, о них можно рассказывать часами, и опубликованы в разных источниках в числе и сотрудниками Института геологии [1-]. В каждом регионе нашей Родины есть свои уникальные и неповторимые природные творения. Все они, без всякого сомнения, заслуживают внимания и бережного отношения к себе.

Большой проблемой в нашей стране является тот факт, что многие природные объекты не внесены в соответствующие списки и не имеют охранного статуса. Более того, многие памятники природы существуют только "на бумаге": никаких реальных мероприятий по их охране не ведется.

Литература

1. Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Biarslanov A.B., Asgerova D.B., Galimova U.M., Sultankhamedov M.S. Regional distribution patterns of soils in delta ecosystems and their potential use on different continents // *Arid Ecosystems*. 2017. Т. 7. № 2. С. 73-79.
2. Залибеков З.Г., Баламирзоев М.А., Мамаев С.А., Идрисов И.А. Геоинформационная система – "Почвы Дагестана" // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2012. № 61. С. 207-211.
3. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Особенности распространения и развития крупных оползней Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 62. С. 96-100.
4. Идрисов И.А., Черкашин В.И., Мамаев С.А. Опасные геологические процессы в районах активной экзогенной геодинамики (на примере оползневого участка с. Бацада) // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2011. № 55. С. 234.
5. Идрисов И.А., Черкашин В.Н., Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Исаева Н.А. Особенности распространения крупных оползней на Восточном Кавказе // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа IV Международная научно-практическая конференция. Посвящена 65-летию доктора физико-

- математических наук, профессора, Почетного деятеля науки и техники Российской Федерации, Заслуженного деятеля науки Республики Северная Осетия-Алания В.Б. Заалишвили. Ответственные редакторы: А.В. Николаев, В.Б. Заалишвили. 2014. С. 190-196.
6. Курбанова Г.М., Балгуев Т.Р., Иманмирзоев И.Х., Изиева И.А., Юсупов А.Р. Вихлинский постплейстоценовый оползень //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. № 65. С. 214-219.
 7. Мамаев С.А., Васьков И.М., Юсупов А.Р., Мамаев А.С. Опасные геологические процессы и перспективы их прогноза в Дагестане //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 1 (72). С. 69-73.
 8. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Разработка трехмерных компьютерных моделей геологических объектов //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2009. № 55. С. 73-75.
 9. Мамаев С.А., Идрисов И.А., Черкашин В.И. Опасные геологические процессы в районах активной экзогенной геодинамики (на примере оползневого участка с. Бацада) //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2011. № 57. С. 234-240.
 10. Мамаев С.А., Магомедов Р.А., Ибаев Ж.Г., Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш., Черкашин В.И., Юсупов А.Р. Определение сейсмичности участка реконструируемой автодороги в горном Дагестане //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. № 64. С. 94-107.
 11. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Магомедов Р.А. Оползневые процессы в Дагестане в 21 веке //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. № 64. С. 155-159.
 12. Мацапулин В.У., Тулышева Е.В., Юсупов А.Р., Исаков С.И. Некоторые геолого-геоморфологические парадоксы Восточного Кавказа //II Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» Грозный, 2012 г. С. 191-197.
 13. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Черкашин В.И. Области распространения и типы геологических памятников Дагестана //Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, вып. № 63. Махачкала, 2014. С. 335-340.
 14. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Черкашин В.И. Области распространения и типы геологических памятников Дагестана //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2014. № 63. С. 335-340.
 15. Юсупов А.Р., Черкашин В.И. Геолого-географические памятники Дагестана. //Гидрогеология и некоторые прикладные аспекты геологии Восточного Кавказа. /Труды Института геологии ДНЦ РАН. Вып.59, Махачкала, 2013. С. 169-172.
 16. Юсупов А.Р., Черкашин В.И. Геолого-географические памятники Дагестана //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 169-172.
 17. Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Курбанова Г.М., Гусейнова А.Ш. Природные памятники области внутреннего сланцевого Дагестана. //Труды Института геологии ДНЦ РАН, вып. № 66. Махачкала, 2016. С. 120-124.
 18. Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Курбанова Г.М., Гусейнова А.Ш. Природные памятники области внутреннего сланцевого Дагестана //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 120-124.
 19. Мамаев С.А., Васьков И.М., Юсупов А.Р., Мамаев А.С. Опасные геологические процессы и перспективы их прогноза в Дагестане //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 1 (72). С. 69-73.
 20. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Магомедов Р.А. Оползневые процессы в дагестане в 21 веке //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. № 64. С. 155-159.

УДК 55.556

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-13-18

ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДАГЕСТАНА И СТЕПЕНЬ ИХ РАЗВЕДАННОСТИ

Абдулганиева Т.И., Самедов Ш.Г., Мамаев А.С.

Институт геологии ДНЦ РАН

Подземные воды территории Республики Дагестан являются одним из основных, а иногда и единственным источником водоснабжения населения. Доля подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении республики составила 32 %. Сегодня на территории Дагестана насчитывается свыше 3,7 тыс. водозаборов подземных вод по которым одновременно было отобрано более 426,7 тыс.м³/сут. Оценка состояния ресурсной базы подземных вод, ее освоения и использования является одной из важнейших задач.

Ключевые слова: подземные воды, эксплуатационные запасы, прогнозные ресурсы, степень разведанности, месторождение, хозяйственно-питьевое водоснабжение, целевое назначение.

FORECASTING RESOURCES OF DAGESTAN UNDERGROUND WATERS AND THEIR DEGREE

Adbulganieva T.I., Samedov Sh.G., Mamaev A.S.

Institute of Geology, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences

Underground waters of the territory of the Republic of Dagestan are one of the main, and sometimes and the only source of water supply of the population. The share of underground waters in economic and drinking water supply of the republic made 32%. Today in the territory of Dagestan there are over 3.7 thousand water intakes of underground waters on which more than 426.7 thousand m³/d were at a time selected. Assessment of a condition of resource base of underground waters, its development and uses is one of the major tasks.

Keywords: underground waters, operational stocks, expected resources, degree of extent of exploration, field, economic and drinking water supply, purpose.

Республика Дагестан занимает самую южную часть территории Российской Федерации, граничит на суше с Грузией и Азербайджаном, по Каспийскому морю с Казахстаном, Туркменией и Ираном занимает площадь 50,3 тыс. км².

Особенности геолого-гидрогеологических условий территории республики обусловили распространение подземных вод различного целевого назначения: питьевых, технических, минеральных, теплоэнергетических и промышленных.

Сегодня на территории Дагестана насчитывается свыше 3,7 тыс. водозаборов подземных вод по которым одновременно было отобрано более 426,7 тыс.м³/сут.

В последние годы на использование подземных вод переходят и населенные пункты Горного и Предгорного Дагестана, водоснабжение ранее которых осуществлялось за счет родникового и речного стока.

Поэтому оценка состояния ресурсной базы подземных вод, и особенно в Горной и Предгорной части республики, ее освоения и использования является одной из важнейших задач.

Доля подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении Республики составила 32 %, обеспеченность ресурсами питьевой воды на 1 человека – 0,69 м³/сут. Разведано 73 месторождений и участков пресных и технических подземных вод, 10 лечебно-минеральных вод, 12 теплоэнергетических и 2 промышленных для извлечения ценных компонентов,

Подземные воды территории республики являются одним из основных, а иногда и единственным источником водоснабжения населения, особенно это актуально для северных районов, где проживает более 900 тыс. человек, а для таких крупных городов и населенных пунктов как г.Кизляр, г.Дербент, г.Дагестанские Огни, г.Южно-Сухокумск, с.Бабаюрт, с.Терекли-

Мектеб, с.Тарумовка и др. хозяйственно-питьевое водоснабжение полностью организовано за счет подземных вод.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод по Республике Дагестан составляют 2334,42 тыс.м³/сут и приведены в объемах, полученных при проведении «Оценки обеспеченности населения», выполненной в 2000 г., из них по величине минерализации:

- до 1,0 г/дм³ – 2004,09 тыс.м³/сут;
- от 1,0 до 3,0 г/дм³ – 319,65 тыс.м³/сут;
- от 3,0 до 10,0 г/дм³ – 10,68 тыс.м³/сут.

По целевому назначению эксплуатационные ресурсы подземных вод распределяются следующим образом (рис. 1):

- хозяйственно-питьевое водоснабжение;
- городов – 751,9 тыс.м³/сут;
- сельских населенных пунктов – 1257,38 тыс.м³/сут.
- производственно-техническое водоснабжение – 125,14 тыс.м³/сут.
- орошение земель и обводнение пастбищ – 200,0 тыс.м³/сут.



Цифры: в центре – общая величина использования подземных вод по РД, тыс. м³/сут, у секторов – то же по отдельным типам целевого использования вод от общей величины запасов по РД, %

Рис.1. Использование подземных вод по целевому назначению по РД.

По гидрогеологическим структурам II порядка прогнозные ресурсы подземных вод распределились следующим образом:

- Восточно-Предкавказский АБ (ВПАБ) – 2193,38 тыс.м³/сут. Утвержденные эксплуатационные запасы составляют 1121,4776 тыс.м³/сут, степень разведанности – 51%;
- Большекавказская гидрогеологическая складчатая область (БГСО) – 141,04 тыс. м³/сут. Утвержденные эксплуатационные запасы составляют 61,8097 тыс.м³/сут, степень разведанности – 44%.

Степень разведанности прогнозных ресурсов составляет 51%, обеспеченность прогнозными эксплуатационными ресурсами в целом – 100%.

Обеспеченность населения Республики ресурсами подземных вод по РД составляет 0,80 м³/сут; обеспеченность водой питьевого качества (до 1,0 г/дм³) 0,69 м³/сут на одного человека.

Обеспеченность ресурсами подземных вод текущей потребности в хозяйственно-питьевом водоснабжении по республике в целом составляет 100%. При потребности в 2071,3 тыс.м³/сут прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод составляют 2334,42 тыс.м³/сут, в т.ч. кондиционные – 2004,09 тыс.м³/сут. Полностью обеспечены ресурсами подземных вод районы равнинной части республики: Ногайский, Тарумовский, Хасавюртовский,

Бабаюртовский, Кизилюртовский. Из предгорных и приморских районов наиболее обеспечены – Кайтагский и Магарамкентский районы.

Менее обеспечены горные районы, при этом, Левашинский и Ахтынский, по выполненной ранее оценке обеспечены водой питьевого качества на 100%.

Для сельских населенных пунктов обеспеченность равнинной, приморской и предгорной части РД ресурсами подземных вод остается на уровне 100%, для горных районов ее величина – 41%.

Запасы подземных вод и степень их освоения

Общее количество разведанных месторождений пресных подземных вод и автономных эксплуатационных участков – 73, освоено 47 МППВ и АЭУ

Суммарные эксплуатационные запасы подземных вод на территории РД на 01.01.2015 г. составили 1183,2873 тыс.м³/сут.

Общее количество утвержденных запасов (ГКЗ, ТКЗ) составило 1019,6743 тыс.м³/сут, апробированные (принятые НТС) – 165,613 тыс.м³/сут, запасы подготовленные к промышленному освоению – 988,5338 тыс.м³/сут.

Из 73 разведанных МППВ и АЭУ – 25 относятся к распределенному фонду недр; 25 к нераспределенному; 23 частично распределенному фонду.

Наибольшие эксплуатационные нагрузки в пределах ВПАБ, где эксплуатируются 39 МППВ и автономных эксплуатационных участков с общим водоотбором 96,45 тыс.м³/сут приходятся на Дербентское – 50% использования запасов, Уллучаевское – 61% и Западно-Присамурское МППВ (родник Азадоглы) – 80%, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения г.Дербент, а также отбирается 87% от запасов Бекенез-Булакского МППВ, в основном, для орошения сельскохозяйственных земель в Карабудахкентском районе.

По Большекавказской ГСО используется 7 МППВ и один АЭУ с водоотбором 3,52 тыс.м³/сут.

По целевому назначению водоотбор с месторождений распределился следующим образом:

- 55,17 тыс.м³/сут – хозяйственно-питьевое водоснабжение;
- 41,24 тыс.м³/сут – орошение сельскохозяйственных земель;
- 4,06 тыс.м³/сут – «потери*» - объем воды самоизливающих скважин, не учтенный статотчетностью;
- 5,36 тыс.м³/сут – технологические потери;
- 5,34 тыс.м³/сут – производственно-техническое водоснабжение.
- Для крупных городов обеспеченность утвержденными запасами пресных подземных вод составляет: г.г. Махачкала, Каспийск и курортная зона – 80% (Сулакское МППВ); г.Кизилюрт – 100% (Сулакское МППВ); г.Дербент с курортной зоной – 100% (Дербентское, Присамурское, Уллучаевское, Самур-Гюльгеры-чаевское МППВ - Тагиркентский участок); г.Хасавюрт – 26% (Хасавюртовское МППВ); г.Кизляр – 100% (Кизлярское МППВ); г.Дагестанские Огни – 69% (Уллучаевское МППВ – Великентский участок); г.Избербаш с курортной зоной – 23% (Гамриозеньское МППВ, Уллубиевское МППВ); г.Буйнакск – 9% (Буйнакское МППВ); г.Южно-Сухокумск – утвержденных запасов нет.
- Обеспеченность подземными водами городов с населением более 250 тыс. человек составляет 100% – это г.Махачкала с запасами Сулакского МППВ нераспределенного фонда 432,2 тыс.м³/сут.
- Обеспеченность городов с населением более 100 человек – 68% - это г.Дербент, Хасавюрт, Каспийск. Водоотбор подземных вод в 2014г. для этих городов составил 27,36 тыс.м³/сут, что на 4,46 тыс.м³/сут больше чем в 2013г.

Использование подземных вод и обеспеченность ими населения

На территории Республики Дагестан по переписи 2010 г. проживает 2910,249 тыс. человек. Крупными водопотребителями подземных вод являются гг. Кизляр, Дербент, Южно-Сухокумск, Буйнакс, Избербаш, Даг.Огни, сельские населенные пункты.

Основной водоотбор осуществляется на одиночных водозаборах, эксплуатирующих запасы подземных вод, не прошедших государственную экспертизу. Учет выполнен по 3431 водозабору, из них - 2606 одиночных скважин; 114 групп скважин; 693 одиночных родников; 10 групп родников; 3 группы колодцев; 5 галерей.

По целевому назначению водоотбор распределился (рис.2):

- хозяйственно-питьевое водоснабжение – 219,76 тыс.м³/сут.;
- производственно-техническое водоснабжение – 5,34 тыс.м³/сут.;
- орошение – 41,24 тыс.м³/сут.;
- потери – 6,27 тыс.м³/сут.;
- потери* – 154,06 тыс.м³/сут.;

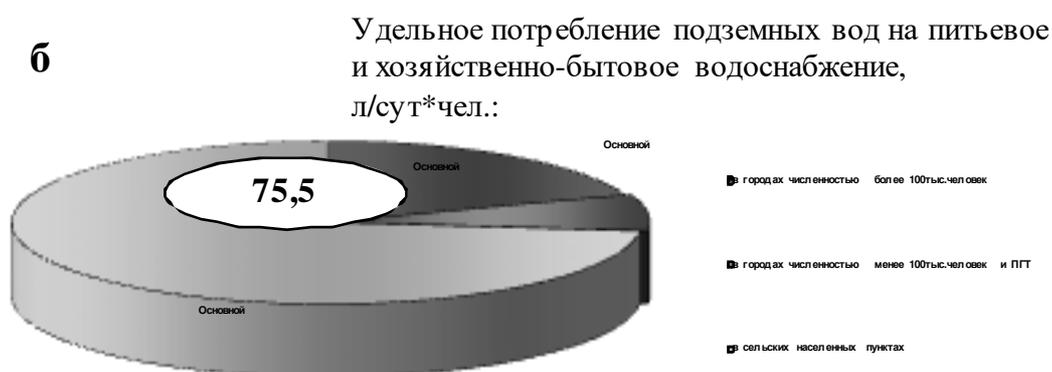
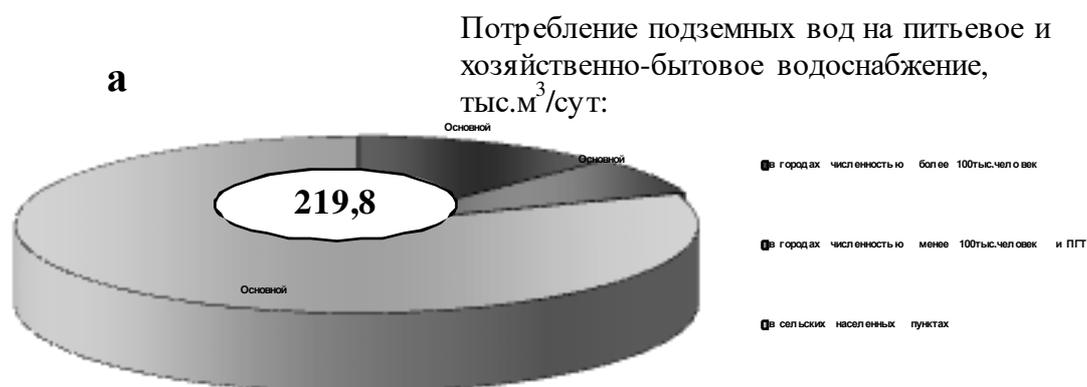


Рис. 2. Общее (а) и удельное (б) потребление подземных вод на хозяйственно-питьевое водоснабжение по РД

Хозяйственно-питьевое водоснабжение населения Республики (за исключением северных районов) базируется, в основном, на поверхностных водах. За 2014 г. на хозяйственно-питьевое водоснабжение использовано 682,3 тыс.м³/сут воды, что на 66,93 тыс.м³/сут выше,

чем в 2013г. Из них – 219,76 тыс.м³/сут – подземные воды (32%) от общего водопотребления и 462,54 тыс.м³/сут - поверхностные воды (68%).

Основной объем отобранной подземной воды – 174,97 тыс.м³/сут потребляется сельскими населенными пунктами; наиболее водообеспечены Хасавюртовский, Тарумовский, Ногайский, Бабаюртовский, Кизлярский районы, г.г.Кизляр, Южно-Сухокумск. Доля подземных вод в хозяйственном водоснабжении сельских районов составляет в среднем 51%. Водоснабжение городского населения, в основном, базируется на поверхностных водах. Объем поверхностной воды, используемой самым крупным водопотребителем – г. Махачкалой – составил 181,77 тыс.м³/сут; для городов Дербент, Каспийск и Хасавюрт с населением более 100 тыс. человек на хозяйственно-питьевое водоснабжение использовано 87,28 тыс.м³/сут, в т.ч. г.Дербент – 39,46 тыс.м³/сут и г.Хасавюрт – 27,35 тыс.м³/сут; для городов и поселков городского типа с населением менее 100 тыс. (г.г.Кизляр, Даг.Огни, Избербаш, Буйнакск, Южно-Сухокумск и др.) на хозяйственно-питьевое водоснабжение использовано 61,07 тыс.м³/сут.; доля подземных вод здесь составила 25% и исчисляется в объеме 15,19 тыс.м³/сут.

Республика Дагестан обладает достаточными прогнозными эксплуатационными ресурсами пресных подземных вод для хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения населения.

Интенсивная добыча подземных вод для хозяйственно-питьевого, производственно-технического, орошения земель и обводнения пастбищ, иногда с водоотбором значительно превышающим потребность, и как следствие в результате многолетней нерегулируемой эксплуатации на предельном гидродинамическом режиме происходит снижение уровней, уменьшение дебита вплоть до прекращения самоизлива скважин и ухудшение качества подземных вод.

Для решения выше исследованных проблем необходимо провести огромную работу с привлечением современных ГИС-технологий, гидрогеолого-математическая модель формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод терско-кумского артезианского бассейна, сформированными гидрогеологическими параметрами артезианских скважин, электронные карты инженерно-геологического районирования Дагестана с выделением областей питания. Все это снимет многие вопросы по освоению территорий в нашем достаточно сложном регионе.

В Институте геологии 2002 году организован ГИС-центр и приобретен у компании Esri программный продукт ArcGIS (передовое полнофункциональное программное обеспечение для картографии и аналитики). Эта геоинформационная система (ГИС) - многофункциональная информационная система, предназначена для сбора, обработки, моделирования и анализа пространственных данных, их отображения и использования при решении расчетных задач, подготовке и принятии решений, основное назначение которого заключается в формировании знаний об отдельных территориях, местности, а также своевременном доведении необходимых и достаточных пространственных данных до пользователей с целью достижения наибольшей эффективности их работы [1-20].

Литература

1. Залибеков З.Г., Баламирзоев М.А., Мамаев С.А., Идрисов И.А. Геоинформационная система – "Почвы Дагестана". Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2012. № 61. С. 207-211.
2. Ибаев Ж.Г., Мамаев С.А. Общие принципы разработки постоянно действующей гидрогеолого-математической модели терско-кумского артезианского бассейна. //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 260-264.
3. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Республики Дагестан за 2014 г, вып. 18. Дагестанский республиканский центр государственного мониторинга геологической среды. Махачкала. 2015.

4. Курбанов М.К. «Ресурсы подземных вод Дагестана и попытка их эколого-экономической оценки на пороге XXI века». В кн.: «Достижения и современные проблемы развития науки в Дагестане», Махачкала, 1999.
5. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Хранилища данных для информации по гидрогеологическим параметрам артезианских скважин. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. № 64. С. 138-145.
6. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Разработка трехмерных компьютерных моделей геологических объектов //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2009. № 55. С. 73-75.
7. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. Геоинформационные базы данных гидрогеологических параметров артезианских скважин Терско-Кумского артезианского бассейна. Геология и геофизика Юга России. 2018. № 3. С. 51-63.
8. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях. Геология и геофизика Юга России. 2018. № 4. С. 104-116.
9. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Юсупов А.Р., Курбанисмаилова А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях //Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 309-315.
10. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Абдулганиева Т.И., Мамаев А.С. Гидрогеолого-математическая модель формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 2 (73). С. 62-71.
11. Мамаев С.А., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш., Ибаев Ж.Г. О принципах математического моделирования гидрогеологических объектов на территории Республики Дагестан В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции. 2017. С. 383-392.
12. Мамаев С.А., Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И., Ибаев Ж.Г. Моделирование гидрогеологических объектов с помощью программного комплекса MODFLOW. //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 62. С. 66-70.
13. Мамаев С.А., Черкашин В.И., Курбанов М.К., Ибаев Ж.Г. Электронная гидрогеологическая карта с банком гидрогеологических параметров артезианских скважин Терско-Кумского артезианского бассейна. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2006. № 50. С. 301-305.
14. Самедов Ш.Г., Абдулганиева Т.И. Подземные воды Дагестана – рациональное использование //Природа. 2017 г. № 7. С. 52-55.
15. Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Ибрагимова Т.И., Омаров К.М., Ибрагимова З.И. Влияние техногенной нагрузки на подземные воды в Восточно-Предкавказском артезианском бассейне в пределах Республики Дагестан //«Геология, геодинамика и геоэкология Кавказа» Тр. ИГ ДНЦ РАН. Вып. 66. Махачкала. 2016. С. 329-333.
16. Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Гидрохимическое состояние подземных вод Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (в пределах Республики Дагестан) //«Вода: химия и экология» № 4. ноябрь 2014. С. 3-10.
17. Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Загрязнение подземных вод равнинной части Дагестана //Экология и промышленность России, 2015. Т.19.№ 5. С. 61-63.
18. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Маммаев А.О. Создание информационных электронных гидрогеологических карт с применением современных ГИС-технологий, мониторинг и анализ геоданных //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 49. С. 85-93.
19. Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Biarslanov A.B., Asgerova D.B., Galimova U.M., Sultankhamedov M.S. Regional distribution patterns of soils in delta ecosystems and their potential use on different continents //Arid Ecosystems. 2017. Т. 7. № 2. С. 73-79.
20. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Мамаев А.С. Компьютерное моделирование в геологии //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2011. № 57. С. 292-294.

УДК 55.556

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-19-25

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ
ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНЫХ ГОРЮЧИХ ГАЗОВКурбанисмаилова^{1,2} А.С., Ахмедов¹ Г.Я., Мамаев² А.С.¹Дагестанский государственный технический университет, ²Институт геологии ДНЦ РАН

В статье рассмотрены вопросы о проблемах использования термоминеральных вод, в частности солеотложения на стенках оборудования. Проводится оценка целесообразности утилизации попутных газов и возможности ее практической реализации. На основе проведенных исследований установлено, что нарушение углекислотного равновесия в воде приводит к образованию твердой фазы карбоната кальция на поверхности теплообмена. При этом защиту теплообменного оборудования и скважины от твердых отложений карбоната кальция можно осуществить путем использования продуктов сгорания попутных горючих газов.

Ключевые слова: геотермальные системы, термоминеральные воды, геотермальные ресурсы, теплообмен, горючие газы, скважина, подземные воды.

ON INCREASING THE EFFICIENCY OF WORK OF GEOTHERMAL SYSTEMS
WHEN UTILIZING ASSOCIATED COMBUSIVE GASESKurbanismailova^{1,2} A.S., Akhmedov¹ G.Ya., Mamaev² A.S.¹Daghestan State Technical University, ²Institute of Geology Dagestan Scientific Center Russian Academy of Sciences

The article deals with the problems of using thermal mineral waters, in particular the scaling on the equipment walls. An assessment is made of the feasibility of utilization of associated gases and the possibility of its practical implementation. On the basis of the conducted studies, it was established that the disturbance of carbon dioxide equilibrium in water leads to the formation of a solid phase of calcium carbonate on the heat exchange surface. At the same time, the protection of heat exchange equipment and a well against solid deposits of calcium carbonate can be achieved by using the combustion products of associated combustible gases.

Keywords: geothermal systems, thermal mineral waters, geothermal resources, heat exchange, combustible gases, well, groundwater.

В настоящее время во многих странах, в том числе и в России, активно ведутся работы по изучению и использованию в практических целях источника энергии – глубинного тепла Земли. Во всемирных и международных форумах постоянно обсуждаются проблемы выявления и эксплуатации геотермальных ресурсов. В октябре 2014 г. прошел двухдневный саммит глав стран Евросоюза, в ходе которого была принята стратегия по улучшению климата и энергетики до 2030 года. Где основной задачей являлась реализация рынка с минимальным потреблением не возобновляемой энергии, то есть нефти и газа [1].

К примеру, такие страны как Исландия, Филиппины, Новая Зеландия, Индонезия уже используют геотермальную энергию и вырабатывают от 10 до 30 % электроэнергии и от 30-90 % тепловой энергии. В России на данный момент разведано 64 месторождения геотермальной энергии (таб. 1), на 20 из которых ведется эксплуатация термальных вод в промышленных целях, среди них: Черкесское в Карачаево-Черкесии, Паратунское на Камчатке, Кизлярское и Махачкалинское в Дагестане, Мостовское и Вознесенское в Краснодарском крае.

Таблица 1.

ГеоЭС на территории России

Субъект РФ	Кол-во месторождений	Температура, °С	Эксплуатационные запасы, тыс. м ³ /сут	Добыча, тыс. м ³ /сут	Объем за-мещаемого топлива, ту.т./год
Республика	12	40 – 104	86,2	10,4	71400

Дагестан					
Чеченская республика	14	60 – 108	64,68	н/д	н/д
Краснодарский край	13	72 – 117	35,574	4,39	49400
Ставропольский край	4	55 – 119	12,2	1,0	2800
Республика Адыгея	3	70 – 91	8,98	2,1	13300
Карачаево-Черкесская республика	1	50 – 75	6,8	0,4	2900
Кабардино-Балкарская республика	2	56 – 67	5,3	0,05	н/д
Камчатская область	12	70 – 300	83,8(32,5)	34,3	151900
Сахалинская область	2	85 – 320	8,2	н/д	н/д
Чукотский авт. окр. и Магаданская обл.	3	60 – 87	3,5	н/д	н/д

Большой рост энергопотребления за счет геотермальных источников и величина запасов геотермальных вод на территории России позволяют рассчитывать на весомый вклад этих источников энергии в общее производство энергии. Известно, что на Северном Кавказе, на Камчатке, Курилах и в ряде других регионов России имеются широкие возможности получения тепловой энергии от источников геотермальных вод [2,3].

Однако в использовании геотермальных вод возникает ряд проблем, таких как солеотложение и коррозия оборудования, которые требуют комплексного решения. Если коррозию можно предотвратить подборкой материала, то отложение карбоната кальция происходит практически на любой поверхности. Солеотложение на стенках геотермального оборудования происходит в связи с нарушением парциального давления углекислого газа, что приводит к нарушению карбонатно-кальциевого равновесия [4,5]. В настоящее время для решения этой проблемы в геотермальных системах поддерживают высокое давление, что приводит к уменьшению дебита скважины и увеличению коррозионной агрессивности раствора воды. На рис. 1 показан внешний вид отложения карбоната кальция в геотермальном оборудовании, представляющие собой послойные образования плотностью от $1,8 \cdot 10^3$ кг/м³ до $2,9 \cdot 10^3$ кг/м³. Такие схемы использования геотермального оборудования находятся в Кизляре (скважина 1Т, 3Т, 5Т, 17Т), Каспийске и ряде других мест [6,7].

Солеотложение на стенках геотермального оборудования происходит главным образом из-за нарушения равновесного состояния.

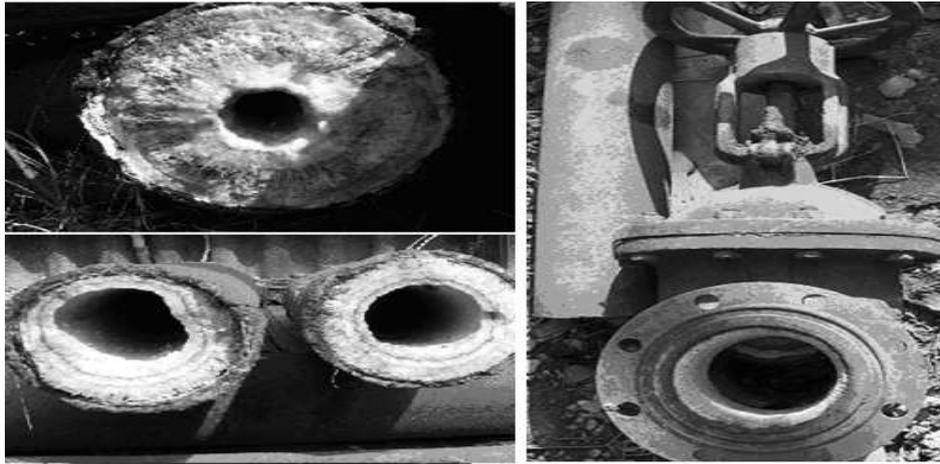


Рис. 1. Отложение карбоната кальция в геотермальном оборудовании

Стабильность геотермальной воды зависит от ее химического состава, температуры, давления, рН и от соотношения форм угольной кислоты (HCO_3^- , CO_3^{2-} , CO_2) и ионов Ca^{2+} , которое и рассматривается как карбонатно-кальциевое равновесие. В жидкости карбонат кальция находится, как правило, в виде бикарбоната кальция:



Из уравнения (1) следует, что количество ионов HCO_3^- должно находиться в достаточном количестве, для удержания равновесного состояния карбоната кальция в геотермальной воде [8,9]. Это зависит от корреляции форм угольной кислоты в воде.

Равновесие отдельных параметров угольной кислоты в геотермальной воде определяется уравнением:



Из (2) видно, что для поддержания в геотермальной воде нужного для равновесного состояния количества ионов HCO_3^- в ней необходимо присутствие определенного количества свободной угольной кислоты CO_2 . Недостаточное количество в воде угольной кислоты сдвигает вправо реакцию в уравнении (2), и приводит к образованию ионов CO_3^{2-} . [10]. В итоге эти ионы при взаимодействии с находящимися в воде ионами Ca^{2+} и образуют твердый карбонатно-кальциевый осадок:



Однако избыток угольной кислоты CO_2 способен растворять твердый карбонат кальция, как показано в уравнении:



Таким образом, стабильной геотермальной водой считается, такая вода в которой поддерживается необходимая концентрация CO_2 для определенной температуры воды.

В связи с этим разрабатывается методика использования геотермальных энергетических систем в режиме без солеотложения при утилизации попутных горючих газов. Попутный газ считается побочным продуктом геотермальных систем и обычно сжигается на факелах, что является экологически и экономически нерентабельным.

В тоже время, разнообразие видов геотермальных источников энергии требует соответствующего подхода к их освоению.

Химический состав геотермальных вод Русской и Сибирской платформы представлен, в основном, ионами: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} с преимущественным содержанием ионов Na^+ и Cl^- [11,12]. Минерализация этих вод составляет от единиц до 400 г/л. Газовый состав, в основном, метаном CH_4 , уголекислым газом CO_2 , азотом N_2 и сероводородом H_2S . Содержание метана в водах большинства приведенных скважин превышает 70%, в то время как

С увеличением теплопотребления в зимний период приходится увеличивать дебит скважины. При этом давление в устье скважины опускается ниже равновесного значения, что приводит к образованию на внутренней поверхности теплового оборудования твердой фазы карбоната кальция. По этой причине на скважине 3Т (ТРС №2 «Центральная» г. Кизляр) от ее устья до глубины 100-150 метров в скважинной трубе в настоящее время имеются отложения толщиной до 3 см [16].

Проведенные исследования и оценка схем эксплуатации энергетического оборудования при утилизации попутных горючих газов доказывают необходимость учета взаимосвязи общего давления в системе с парциальными давлениями отдельных газов.

На основе проведенных исследований и разработке новых геотермальных энергетических установок предлагается методика их эксплуатации в режиме без карбонатных отложений, путем использования продуктов сгорания попутного газа в отработанной воде.

На рис. 3 представлена упрощенная схема эффективного использования геотермальной воды с утилизацией энергии попутных горючих газов. Из скважины 1 геотермальная вода по линии 2 поступает в дегазатор 3, из которого освободившийся газ по линии 4 проходит сушилку 5 и по линии 6 подается в камеру сгорания 7. Линия 14 служит для подачи воздуха в камеру сгорания. Обедненная сопутствующими газами вода подается через насос 20 в теплообменники 12 и 10 и далее к скважине закачки 17.

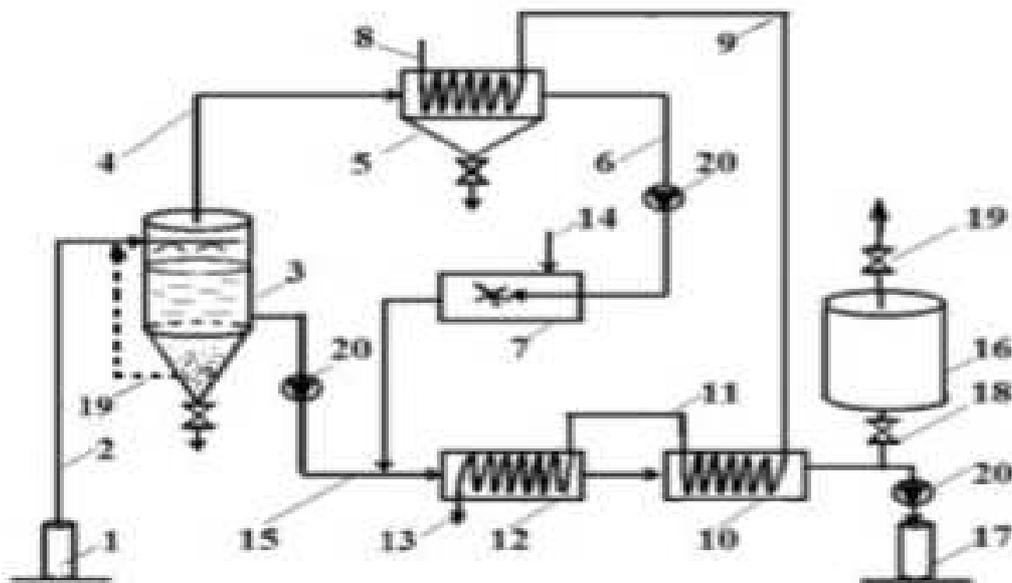


Рис. 3. Упрощенная схема эффективного использования геотермальной воды с утилизацией энергии попутных горючих газов

Для стабилизации воды в дегазаторе 3, в случае нарушения в ней углекислотного равновесия, используется кристаллическая затравка с принудительным возвратом по линии 19 затравочной пульпы [17,18]. Во вторичном контуре проходит предварительно подогретая в сушилке 5, водопроводная вода.

Одновременно, для увеличения теплового потенциала геотермальной воды в первом контуре теплообменника, из дегазатора 3 в нее подают горячие продукты из камеры сгорания 7. При этом вода в теплообменниках 12 и 10 насыщается углекислым газом, тем самым, предотвращая выделение твердой фазы карбоната кальция в них за счет подкисления воды. В тоже время, подкисление воды защищает скважину от твердых отложений и одновременно растворяет мелкодисперсную взвесь из частиц карбоната кальция, тем самым, предотвращая коагуляцию пласта. Избыток продуктов сгорания (в основном, углекислый газ) подводится в

емкость 16 и выводится из нее по мере накопления. К примеру, скважина 27Т (Махачкала – Тернаир), где метан в газовой смеси содержится около 90%, согласно расчетам, в [19] на 1 м³ воды при температуре 100 °С и давлении в устье 0,4 МПа может дать 1,4 м³ метана. При сгорании 1,4 м³ метана выделяется около 50·10⁶ Дж теплоты. При подаче этой теплоты сгорания в 1 м³ геотермальной воды температура ее может подняться на 10 °С, что вносит существенный вклад в повышение ее теплового потенциала. Одновременно продукты сгорания предотвращают образование карбонатных отложений в системах теплового оборудования и в самой скважине, как это предлагается также и в работе [20].

В настоящее время эксплуатация метановых вод, в частности, на месторождениях Северного Кавказа осуществляется без использования сопутствующих горючих газов. Горючий газ, в основном, метан сжигается на факеле, создавая как тепловое, так и химическое загрязнение окружающей среды. Содержание метана на скважинах месторождения Махачкала–Тернаир составляет от 70 до 90 %, а на месторождении Кизляр от 40 до 70%. При этом средний дебит скважин с газовым фактором 1 - 2 м³/м³ составляет от 1000 до 2000 м³/сут, что соответствует добыче попутного метана до 1500 м³ за сутки [21, 22].

В результате проведенных исследований установлена возможность утилизации попутных горючих газов на геотермальных скважинах, используя различия в растворимости их с растворимостью углекислого газа. Проведенные в работе исследования подтверждают целесообразность утилизации попутных с геотермальной водой горючих газов. Во избежание нарушения углекислотного равновесия в воде, в процессе утилизации газов, необходимо учитывать связь общего давления с парциальным давлением углекислого газа.

Литература

1. Поваров О.А., Томаров Г.В. Развитие геотермальной энергии в России и зарубежом //Теплоэнергетика, №3. 2014. с. 2-10.
2. Акулинчев Б.П., Панченко А.С., Пугачева М.Ф. Водорастворенные газы Предкавказья и проблемы их использования в народном хозяйстве //Ресурсы нетрадиционного газового сырья и проблемы его освоения. Ленинград, 1990 г. С. 138-144.
3. John W. Lund, Tonya L. Boyd. Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review //Geothermics, March 2016.- Volume 60. - Pages 66-93
4. Holm, Alison. Geothermal Energy: International Market Update: Geothermal Energy Association [Электронный ресурс] /Alison Holm, Leslie Blodgett, Dan Jennejohn, Karl Gawell. - May 2010). - pp. 7. – Режим доступа: http://www.geoenergy.org/pdf/reports/gea_international_market_report_final_may_2010.pdf.
5. Курбанов, М.К. Геотермальные и гидротермальные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья /М.К. Курбанов //М.: Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 260с.
6. Ахмедов Г.Я. Защита геотермальных систем водоподготовки от карбонатных отложений //Энергосбережение и водоподготовка.- 2010.- № 6.- С. 18-21.
7. Геотермальная энергетика [Текст]: справочно-методическое издание /Г.В. Томаров, А.И. Никольский, В.Н. Семенов, А.А. Шибков; под ред. П.П. Безруких. – Москва: Теплоэнергетик, 2015 – 301 с. Сер. 3. Возобновляемая энергетика.
8. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. О перспективе развития возобновляемой энергетике в республике Дагестан //В сборнике: Новые технологии и проблемы технических наук Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2016. С. 55-59.
9. Ахмедов Г. Я., Курбанисмаилова А.С. О повышении эффективности использования геотермальных скважин //Вестник научных конференций 2016 №10-3 (14). Перспективы развития науки и образования по материалам международной конференции. 31 октября 2016г. Часть 3. г. Тамбов. С. 23-24.
10. Sanja Mrazovac, Djordje Basic. Methane-rich geothermal waters in the Pannonian Basin of Vojvodina (northern Serbia) //Geothermics, September 2009.- Volume 38.-Issue 3.- Pages 303-312

11. Ganjdanesh, Reza; Hosseini, Seyyed Abolfazl. Potential assessment of methane and heat production from geopressured-geothermal aquifers //Geothermal Energy; Heidelberg 4.1 (Nov 2016): 1-25.
12. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. О повышении эффективности использования геотермальных скважин //В сборнике: Новые технологии и проблемы технических наук Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2016. С. 59-61.
13. Абдуллаев А.Н. Предотвращение образования отложений твердой фазы CaCO₃ в скважине //Ежегодник: Геотермия. М.: Наука, 1991. - С. 81 – 84.
14. Ахмедов Г.Я. Стабилизационная обработка геотермальных вод //Водоснабжение и санитарная техника.- 2010.- № 6.- С. 33-38.
15. 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.
16. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. Об извлечении горючих газов из геотермальных вод с низким газовым фактором //В сборнике: Неделя науки-2017 сборник материалов XXXVIII итоговой научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов Дагестанского государственного технического университета. Под редакцией Т.А. Исмаилова. 2017. С. 560-561.
17. Ахмедов Г. Я. О некоторых методах контроля солеотложения в геотермальной энергетике //Промышленная энергетика. -2010. - № 6. - С. 58-62.
18. Курбанисмаилова А.С., Ахмедов Г.Я., Камалутдинова И.А., Эфендиев К.А. Об отложении твердой фазы карбоната кальция на теплообменной поверхности в сборнике//Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов Материалы XI Школы молодых ученых. 2018. С. 182-187.
19. Ахмедов Г.Я. Очистка геотермальных систем отопления и горячего водоснабжения от карбонатных отложений //Водоснабжение и санитарная техника.- 2012.- № 1.- С. 59-63.
20. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Юсупов А.Р., Курбанисмаилова А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях //Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 309-315.
21. 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. Серия: Технические науки. 2017. № 4 (196). С. 71-76.
22. Ахмедов Г. Я., Курбанисмаилова А.С. Эксплуатация энергетического оборудования при утилизации попутных с геотермальной водой горючих газов //Вестник ДГТУ. Технические науки. Том 44, №3, 2017. С. 48-60.

УДК 550.34

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-26-31

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В СКВАЖИНЕ
ВБЛИЗИ ЧИРКЕЙСКОГО ГИДРОУЗЛА ЗА 2009-2019 гг.*Таймазов Д.Г.^{1,2}, Магомед-Касумов М.Г.^{3,1}, Шарапудинов Т.И.^{3,1}, Султанахмедов М.С.^{3,1}*¹Единая геофизическая служба РАН, ²Институт геологии ДНЦ РАН,³Отдел математики и информатики ДНЦ РАН

В работе приводятся результаты обработки данных 10-летних наблюдений температурного датчика в скважине вблизи Чиркейского гидроузла в Дагестане, установленного на глубине 130 м. Выявлены суточная гармоника и ее гармонические обертоны в наблюдениях температуры, а также построены графики временных вариаций их амплитуд. В дальнейшем предполагается использовать эти вариации для оценок возможных изменений напряженно-деформированного состояния земной коры, связанных с подготовкой землетрясений.

Ключевые слова: скважинные геофизические наблюдения, гармонический анализ, обертоны, вариации амплитуд гармоник, напряженно-деформированное состояние горных пород.

RESULTS OF TEMPERATURE OBSERVATION PROCESSING IN A WELL IN THE VICINITY
OF THE CHYRKAI HYDROLINE FOR 2009-2019*Taymazov^{1,2} D.G., Magomed-Kasumov^{3,1}, M.G., Sharapudinov^{3,1} T.I., Sultanahmedov^{3,1} M.S.*¹United Geophysical Survey RAS, ²Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, ³Mathematics and Computer Science Department of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

The paper presents the results of data processing of 10-year observations of a temperature sensor in a well near the Chirkei hydroelectric station in Dagestan, installed at a depth of 130 m. The daily harmonic and its harmonic overtones in temperature observations are revealed, and graphs of temporal variations of their amplitudes are plotted. In the future, it is proposed to use these variations for estimating possible changes in the stress-strain state of the earth's crust associated with the preparation of earthquakes.

Keywords: geophysical well observations, harmonic analysis, overtones, harmonic amplitude variations, stress-strain state of rocks.

По итогам наших многолетних (с 1976 по 1989 гг.) геофизических исследований в районе Чиркейского водохранилища с существенными сезонными колебаниями уровня (их амплитуда составляет 40 м, что соответствует изменению веса воды в водохранилище в 1,5 млрд. тонн) была выдвинута гипотеза о повышенной чувствительности к сейсмодформационным процессам зон с повышенными градиентами влагонасыщенности (перколяционные зоны [1]).

Выяснилось, что прилегающий к водохранилищу массив сравнительно более чувствителен к тектоническим процессам, в том числе и предсейсмическим [2-5]. Это объясняется тем, что ввиду больших значений градиентов водонасыщенности пород предвестниковые деформации прибрежного массива приводят к большим изменениям интенсивности фильтрационных процессов, что проявляется в вариациях фильтрационного потенциала (естественное поле), кажущегося электросопротивления, а также компонентов магнитного и гравитационного полей. Важно, что при этом открывается возможность по амплитудам аномалий геофизических полей прогнозировать также степень возможного воздействия на водохранилище ожидаемого землетрясения, что поможет в разработке защитных мероприятий.

Начиная с декабря 2009 г. в районе плотины Чиркейской ГЭС проводятся наблюдения за вариациями геофизических параметров в скважине глубиной 195 метров. Наблюдения проводятся по 6 каналам: 5 каналов электрического поля (фильтрационный потенциал) и 1 канал – температура. Для измерения электрического поля используются свинцовые электроды, закрепленные на полиэтиленовой трубке и расположенные на глубинах 170, 176, 179, 185 и 190 мет-

ров от поверхности земли, а для температуры – терморезистор, установленный на глубине 130 метров.

Измерения проводятся высокоточным цифровым мультиметром KEITHLY-2701, управляемым компьютером. В течении 5 минут регистрируется 50 отсчетов, затем эти значения усредняются, за счет чего снижается влияние случайных помех и достигается точность ± 1 мкВ. Опрос датчиков осуществляется в различных комбинациях, что позволяет осуществить перекрестный взаимоконтроль результатов. С помощью 4-х проводной схемы включения осуществляется компенсация влияния соединительных проводов при измерении температуры. Температурный датчик (терморезистор) откалиброван с использованием платинового термометра сопротивления. Обработка данных и фильтрация от помех проводится в специализированной программе-надстройке к Microsoft Excel.

Ранее в статье [3] авторами проводился предварительный анализ наблюдений за период 2009–2016 гг. Анализ параметров электрического поля не выявил каких-либо закономерностей, связанных с ритмическими геофизическими процессами, или корреляций с сейсмическим режимом. Поэтому основной акцент было решено сделать на данных температурных измерений.

В настоящей работе эти исследования продолжены, временной ряд дополнен данными измерений за 2016–2019 гг. Кроме того, ранее обработанные данные за 2009–2016 гг. подвергнуты дополнительной фильтрации для устранения случайных помех.

В рассматриваемый период (2009–2019 гг.) визуально наблюдаются колебания температуры с годовым периодом и амплитудой порядка $0,02^{\circ}\text{C}$ на фоне линейного тренда, составляющего $+0,26$ (графики показаны на рис.1,2). Тренд вероятнее всего связан с глобальным потеплением, а годовые колебания, естественно, с сезонными изменениями температуры.

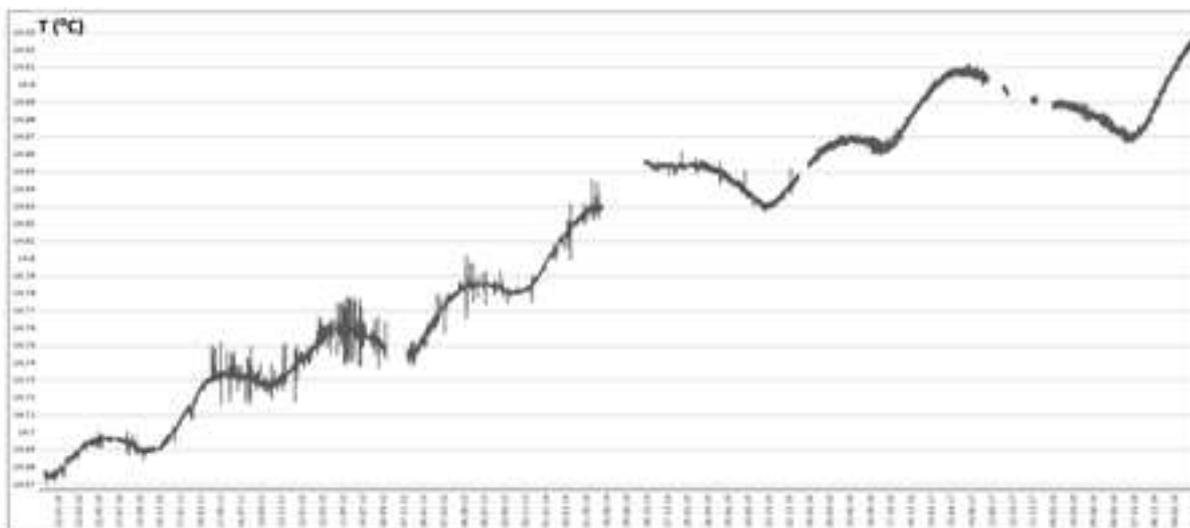


Рис. 1. Временной ход температуры воды в скважине станции «Чиркей» за период 18.12.2009 – 03.04.2019 гг. (глубина - 130 метров)

В данных наблюдений имеется четыре больших пропуска, наибольший из которых составляет почти 6 месяцев (в этом последнем пропуске есть два двухнедельных участка, когда измерения все же проводились). В связи с этим было решено обрабатывать каждый непрерывный фрагмент отдельно. В первую очередь во временном ряде был выделен полиномиальный тренд 40-го порядка. На рис.2 изображен график временного хода температуры за период 18.12.2009 – 03.04.2019 гг. с полиномиальным трендом 40-го порядка, а на рис.3 – после удаления тренда.

На следующем этапе на каждом фрагменте был проведен гармонический анализ с помощью разработанной авторами компьютерной программы DSPLab [4]. Программа позволяет

производить спектральный и статистический анализ временных рядов и предназначена для исследования сложных динамических систем путем анализа пространственно-временных изменений передаточных функций между параметрами взаимосвязанных процессов. Для обработки было использовано оконное преобразование Фурье с длиной окна 3 месяца (25920 отсчетов) и шагом в 1 сутки (288 отсчетов). Как показали наблюдения, в каждом окне с той или иной степенью отчетливости выделяются гармоники 24, 12 и 8 часов, во многих также заметны гармоники 6 и 4 часа (рис.4).

Как было отмечено нами в [3], наличие 24-часовой гармоника в температурных наблюдениях как на поверхности, так и в приповерхностном слое Земли, вполне ожидаемо и обусловлено суточными колебаниями солнечной радиации. Но механизм формирования ее гармонических обертонов с периодами 12, 8, 6, 4 часа, выявленных на глубине 130 м, остается не выясненным.

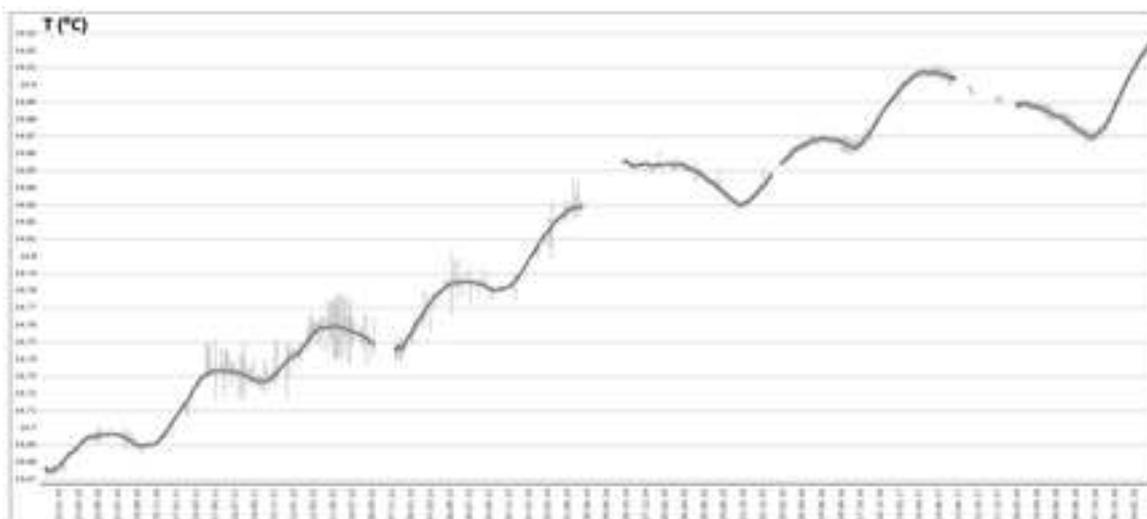


Рис. 2. Временной ход температуры за период 18.12.2009 – 03.04.2019 г. с полиномиальным трендом 40-го порядка

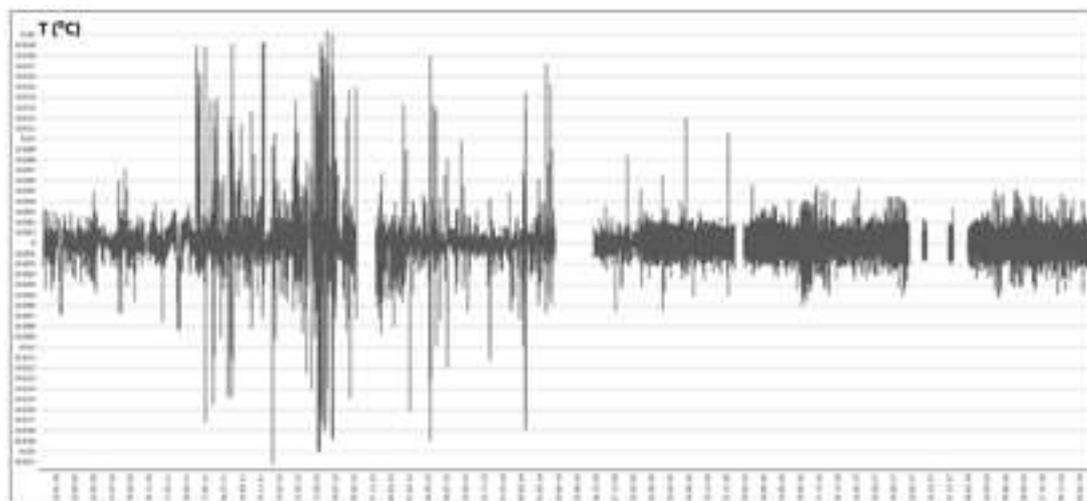


Рис. 3. Временной ход температуры после удаления тренда

Если предположить, что они формируются в атмосфере или на дневной поверхности, а затем «просачиваются» на глубину в виде температурных волн, то наблюдаемые временные вариации амплитуд гармоник можно было бы интерпретировать как следствие изменений напряженно-деформированного состояния прилегающего массива горных пород или его влаго-

насыщенности, вследствие чего изменяется температуропроводность пород, и использовать для мониторинга состояния среды.

Но при такой интерпретации остается неясным, почему гармоники не затухают в результате интерференции волн, идущих под разными углами от разных участков дневной поверхности? Поэтому, более вероятным представляется нам формирование гармоник непосредственно в окрестности терморезистора за счет какого-то безынерционного фактора, связанного с Солнцем (поскольку период основной гармоники в точности равен солнечным суткам), например проникающей радиации или магнитных возмущений.

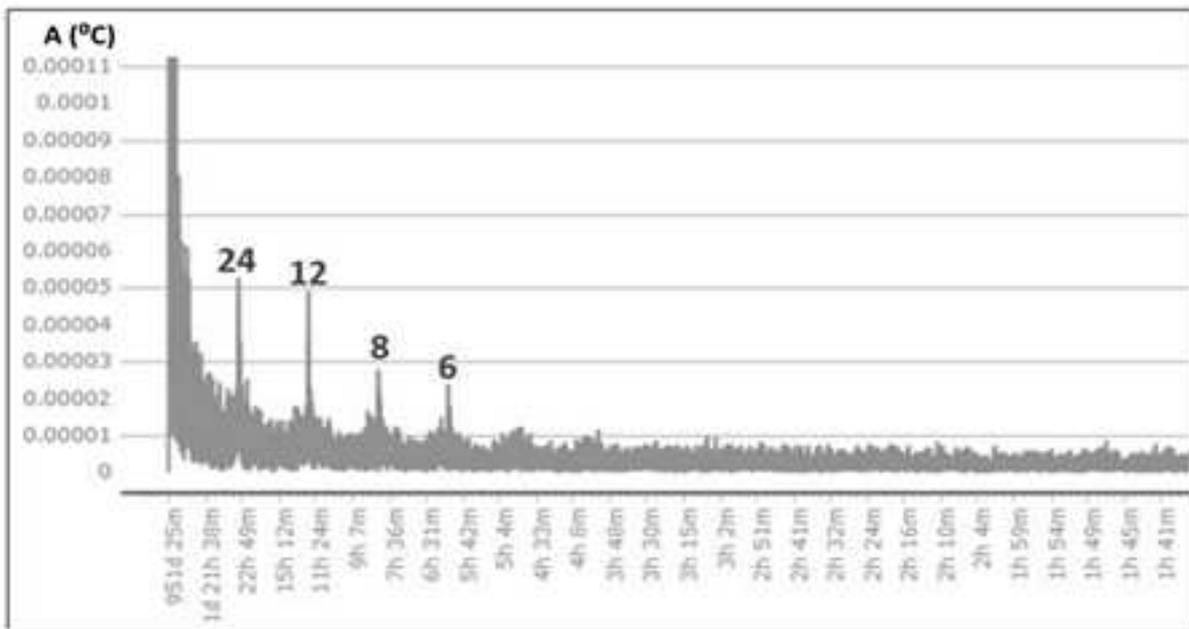


Рис. 4. Фрагмент спектра одного из окон. Цифрами указаны периоды в часах

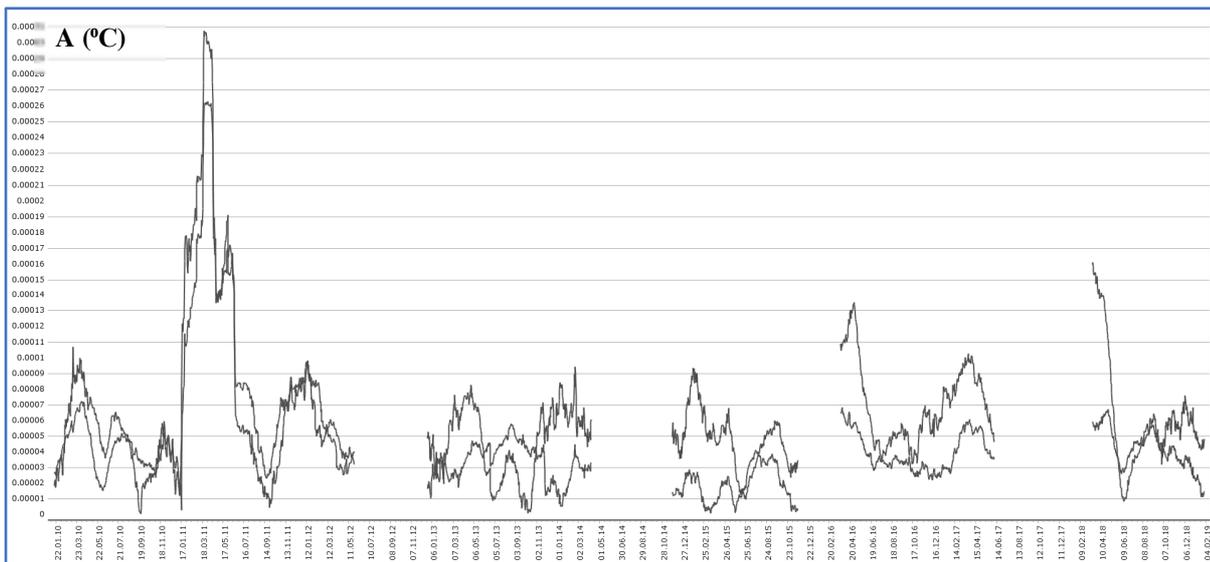


Рис. 5. Временной ход амплитуд гармоник: зеленым цветом – 24-часовая, красным – 12-часовая

Для выбора между этими альтернативами предполагается устанавливать термодатчики в скважине на разных глубинах и провести сравнительный анализ результатов обработки полу-

ченных данных. Дополнительный интерес представляют графики временного хода амплитуд гармоник (рис.5-7), на которых виден ряд ярко выраженных максимумов и минимумов. Их предварительное, визуальное сопоставление с региональной сейсмичностью Восточного Кавказа не выявил каких-либо корреляций.

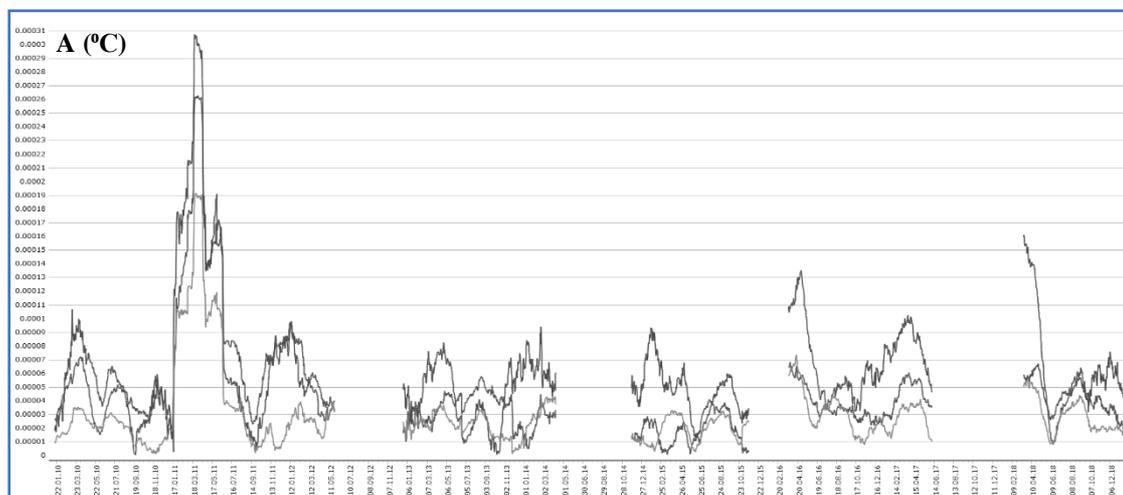


Рис. 6. Временной ход амплитуд гармоник: зеленым цветом – 24-часовая, красным – 12-часовая, бирюзовым – 8-часовая

Имея в виду солнечное происхождение самих гармоник, проведем сопоставление временного хода их амплитуд с глобальными сейсмическими событиями. Для этого выберем из них только те максимумы, в которых амплитуды основной 24-часовой гармоник и ее обертонов с периодами 12, 8, 6 часов растут синхронно (синхронные максимумы). Поскольку таких максимумов довольно много, то для предварительного визуального анализа отберем из них те, в которых амплитуда основной гармоник равна или выше $1 \cdot 10^{-4}$ °C (синяя штриховая линия). Таких синхронных максимумов 5 – их пики на рис.7 пронумерованы в хронологическом порядке. Красными вертикальными штриховыми линиями показаны даты наиболее близких к ним по времени сейсмических событий в мире с магнитудами выше 7,5. Из рисунка видно, что 4 из 5 пиков синхронных максимумов совпадают по времени с наиболее сильными землетрясениями в годовом интервале около этих пиков.

Особо следует отметить почти точное совпадение 1-го и 2-го пиков соответственно с Чилийским землетрясением 27 февраля 2010 года ($M=8,8$) и с Великим восточно-японским землетрясением 11 марта 2011 года ($M=9$). При этом 2-й пик почти в 3 раза превосходит по амплитуде остальные пики, а продолжительность самого максимума составляет около 5 месяцев. Менее точны совпадения 3-го и 5-го пиков с сейсмическими событиями – соответственно с землетрясениями 20 апреля 2016 г. ($M=7,8$, Эквадор) и 23 января 2018 г. ($M=7,9$, залив Аляска), а у 4-го пика и вовсе не выявлено явной связи с каким-либо значимым событием.

При интерпретации отмеченных совпадений следует иметь в виду географическую удаленность очагов землетрясений от нашего пункта наблюдений (10-15 тысяч км). Это означает, что о существовании причинно-следственных связей между нашими аномалиями и рассматриваемыми сейсмическими событиями вряд ли может идти речь. Скорее всего оба сравниваемых явления вызваны общей внешней фактором и, если совпадения не случайны, этот фактор однозначно связан с Солнцем.

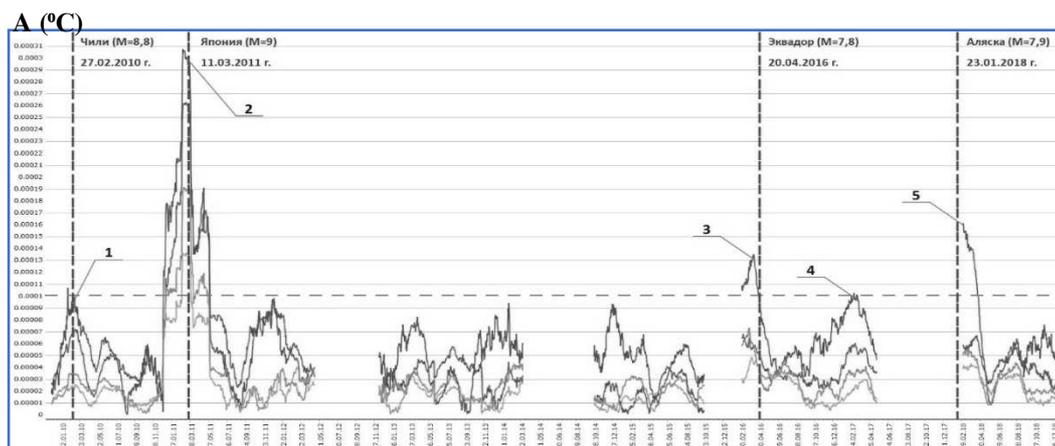


Рис. 7. Временной ход амплитуд гармоник: зеленым цветом – 24-часовая, красным – 12-часовая, бирюзовым – 8-часовая, оранжевым – 6-часовая. Красные вертикальные штриховые линии – значимые землетрясения, горизонтальная штриховая линия соответствует $1 \cdot 10^{-4}$ °C. Цифрами 1-5 обозначены синхронные максимумы амплитуд гармоник

Вместе с тем в новых данных (2017, 2018 гг.) также выявлены синхронные максимумы меньших амплитуд (например, февраль-март 2017 г. и июнь-сентябрь 2018 г.). На рис.7 видны и несколько синхронных минимумов (они нами не выделены). Каких-либо ощутимых сейсмических событий или техногенных воздействий, явно связанных с этими максимумами и минимумами, пока не обнаружено.

Для ответа на возникшие вопросы следует проводить детальные температурные наблюдения на разных глубинах в нескольких удаленных друг от друга скважинах.

Литература

1. Челидзе Т.Л. Методы теории протекания в механике геоматериалов. М., 1987. 136 с.
2. Таймазов Д.Г. Водохранилище как индикатор сейсмоструктурных деформаций //Тез. докл. междунауч. научн. конф. к 275-летию РАН. Махачкала: Изд-во ДНЦ РАН, 1999. С. 350-351.
3. Алиев М.М., Таймазов Д.Г., Магомед-Касумов М.Г., Шарапудинов Т.И., Султанахмедов М.С., Таймазов М.Д. Предварительные результаты обработки скважинных геофизических наблюдений вблизи Чиркейского гидроузла //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 223-226.
4. Таймазов Д.Г., Шарапудинов Т.И., Магомед-Касумов М.Г. Разработка и апробация новых алгоритмов и программ сводной обработки гидрогеодинамических и барометрических временных рядов //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, 2013. № 62. С.320-324.
5. 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.
6. Мамаев С.А. Оценка статистической динамической модели здания и статистической модели сейсмического воздействия на основе инженерно-сейсмометрической информации /Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт комплексных проблем строительных конструкций и сооружений им. В.А.Кучеренко. Москва, 1991

УДК 552.02

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-32-37

СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И РАБОТА СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ДАГЕСТАНА И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЗА 2017-2018 гг.

*Асманов О.А.**Единая геофизическая служба РАН*

Дан анализ сейсмичности территории Дагестана и сопредельных районов за 2017-18 гг. с приведением карт эпицентров землетрясений. Кратко описаны наиболее заметные сейсмические события за рассматриваемый период. Дается рекомендация по открытию новых сейсмостанций в населенных пунктах Тлярата, Аксай, Бабаюрт и Терекли-Мектеб.

Ключевые слова: сейсмоактивная зона, цифровая сейсмостанция, бюллетень.

SEISMIC ACTIVITY AND OPERATION OF SEISMIC STATIONS IN DAGESTAN AND ADJACENT AREAS FOR 2017-2018

*Asmanov O.A.**Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences*

An analysis of the seismicity of the territory of Dagestan and adjacent areas for 2017-18 is given. with the earthquake epicenter maps. The most notable seismic events for the period under review are briefly described. A recommendation is given on the opening of new seismic stations in the settlements of Tlyarata, Aksai, Babayurt and Terekli-Mekteb.

Keywords: seismically active zone, digital seismic station, bulletin.

В период 2017-2018 гг. в Дагестане работало 16 сейсмостанций (рис.1). Не все сейсмоактивные зоны охватываются этими станциями в достаточной степени. Достаточно густая сеть сейсмических станций имеется только в центральной части Дагестана. Они окружают сейсмоактивную зону Чиркейского водохранилища и эпицентральной зону Дагестанского землетрясения 1970 г. Здесь эпицентры определяются с наибольшей точностью (ошибка обычно не превышает 3-5 км) и имеется возможность в отличие от других районов Дагестана фиксировать слабые землетрясения. В других местах слабые землетрясения записываются в единичных случаях отдельными станциями при эпицентральных расстояниях до 30 км. Такими станциями являются: Касумкент, Дербент, Уркарах, Сергокала.

Регистрация слабых землетрясений была бы полной, если бы это позволяли грунтовые условия на этих станциях Южного Дагестана.

На базе действующих цифровых трехканальных сейсмостанций типа SDASiUGRAMониторинг территории Дагестана и прилегающих районов ведётся в непрерывном режиме.

Для более точной локализации очагов и уверенной увязки с геологическими структурами необходимо открытие новых сейсмических станций в населенных пунктах Кидиро, Камилух, Аксай, Бабаюрт и Терекли – Мектеб.

К сожалению, сейсмостанция Лагодехи, расположенная на северо-восточной части территории Грузии в приграничной зоне с Дагестаном, является единственной в этом районе. Сейсмостанции Закаталы, Шеки, Куба, расположенные на территории северного Азербайджана, охватывают южную часть территории Дагестана, но бюллетенные данные со станций не доступны ДФ ФИЦ ЕГС РАН, хотя там часто происходят довольно сильные землетрясения. Желателен обмен станционными бюллетенями. Дополнив сейсмостанциями в вышеперечисленных населённых пунктах, сеть сейсмических станций сможет охватить сейсмогенерирующие районы Дагестана и дать более полный материал для изучения сейсмичности, строения земной коры и сейсморайонирования Дагестана.

На основании анализа распределения эпицентров на рассматриваемой территории за 2017 г. можно сказать, что на этой территории имеется сейсмически активные районы, на территории которых в большем или меньшем количестве ежегодно происходят землетрясения.

В 2017 г. [6] определено 1762 эпицентров землетрясений с $K_p \geq 5$. В исследуемом районе ($41,5^{\circ}$ - $42,20^{\circ}$ N; $46,20^{\circ}$ - $47,0^{\circ}$ E) эти эпицентры (рис. 1) сконцентрированы в сейсмоактивных районах в юго-западной части Дагестана. Наибольшее число эпицентров (около 35), как и в прошлые годы, сосредоточено на значительной площади (около 4000 км^2). Здесь было около десятка пятибалльных землетрясений, по одному шести- и семибалльные землетрясения. Так называемое Дагестанское землетрясение 29 июня 1948 г. с $M=6,1$; $\varphi=41,42^{\circ}$ с.ш.; $\lambda=46,40^{\circ}$ в.д. [11], сопровождавшееся повреждениями зданий в Закатальском районе Азербайджана.

Второе землетрясение, которое произошло 7.12.2017 г. с $M=4,5$ [5] в Южном Дагестане в Хивском районе в с. Ляхля ощущалось в эпицентре с силой сотрясений до 5-6 баллов. Отметим, что юго-восточнее на расстоянии 45 км произошло землетрясение в Касумкентском районе 20 апреля 1966 г. с $M=5,4$; $I_0=8$ баллов [3].

В акватории Каспийского моря локализовано большое число землетрясений 8, 9, и 10-го классов, а также одно землетрясение 11 энергетического класса (11 октября 2017 г. в 00 ч. 12 мин. с $K_p=11,18$) [1]. Наблюдается некоторая концентрация эпицентров на Сунженском хребте Чеченской республики (6 марта в 01 ч. 26 мин. с $K_p=10,91$; 10 мая в 17 ч. 40 мин. с $K_p=10,58$ [1]) и небольшое количество слабых землетрясений. Здесь произошло сильное землетрясение 2 марта 1966 г. с $M_s=5,0$, $I_0=7$ баллов ($42,9^{\circ}$ с.ш. и $45,7^{\circ}$ в.д.) [2].

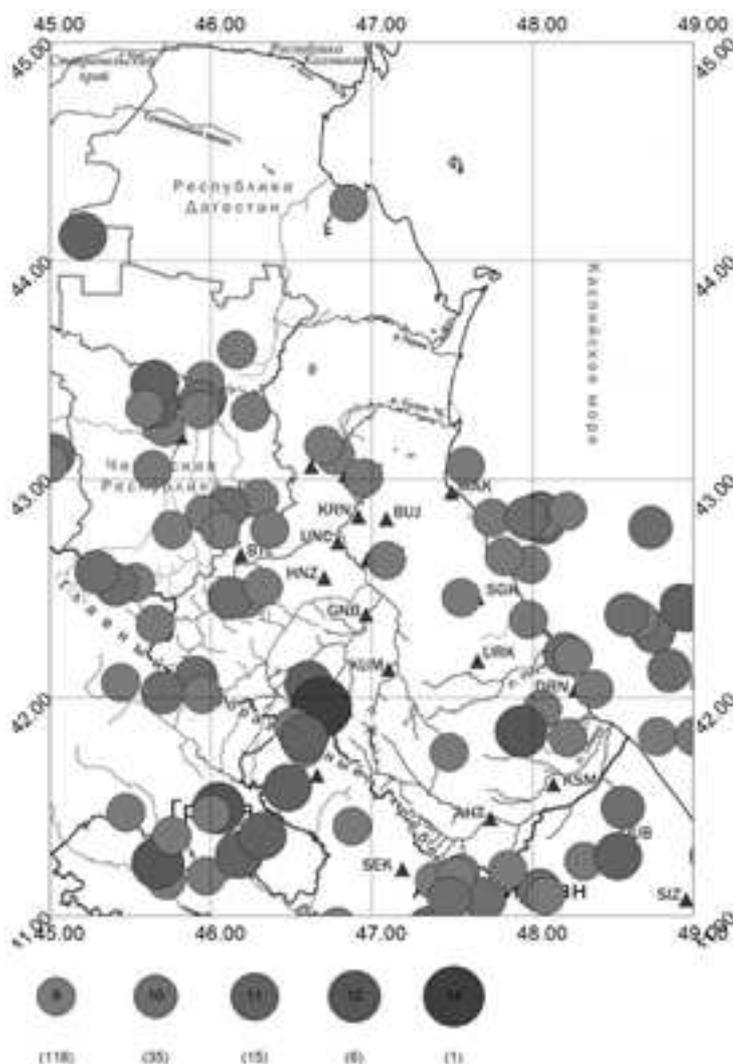


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Дагестана за 2017 г. с $K_p \geq 9$

Полосу очагов в широтном направлении и можно привязать к хребтам Басхой и Даргендук в юго-восточной части Чеченской республики. Наблюдается скопление очагов в приграничной зоне в южной части Чеченской республики приграничной с Грузией, эти очаги можно

отнести к Пирикительскому хребту. В пределах Богосского хребта локализовано 6 землетрясений 9 и 10 классов. Наиболее энергетически насыщенной в 2017г. явилась приграничная область эпицентров землетрясений произошедших на стыке границ Грузии с Азербайджаном, где реализовались сразу 5 событий 11,12 энергетических классов (7 июня в 18 ч. 25 мин. с $K_p=12,22$; 17 июля в 22 ч. 36 мин. с $K_p=11,6$; 1 сентября в 06 ч. 36 мин. с $K_p=11,1$; 6 сентября в 17 ч. 43 мин. с $K_p=10,93$; 21 сентября в 09 ч. 06 мин. с $K_p=10,58$) [1].

Наибольшей плотностью эпицентров землетрясений характеризуется северная часть Азербайджана в приграничной зоне Южного Дагестана. Отмечено 11 эпицентров от 9 до 11 классов.

В 2018 г. по сравнению с 2017 г. на исследуемой территории отмечается понижение сейсмичности. В 2018 г. определено 1647 эпицентров землетрясений с $K_p \geq 5$, из которых 20 землетрясений с $K_p \geq 10$.

Особенно заметно скопление эпицентров (около 90) юго-восточнее от Андийского хребта северо-западного направления в восточной части Чеченской республики протяжённостью 70 км, где произошли три землетрясения 9-го класса и 2 – 10-го класса (9 июня 2018 г. в 21 ч. 49 мин. с $K_p=10,98$; 14 октября в 13 ч. 51 мин. с $K_p=11,53$) [1]. Здесь реализовалось сильное землетрясение 11 октября 2012 г. с $M_s = 5,6$, $I_0 = 7-8$ баллов [10], с многочисленными повторными толчками 5 июня 2018 г. с $K_p = 14$ [4]. Произошло землетрясение, эпицентр которого находится на северо-западной части Азербайджана ($\varphi=41,50^0$ с.ш.; $\lambda=46,67^0$ в.д.) в районе Закаталы со слабыми повторными толчками (около 20 очагов землетрясений с $K_p \geq 7-9$ класса). Интенсивность сотрясений в эпицентральной зоне составила около 6 баллов [4].

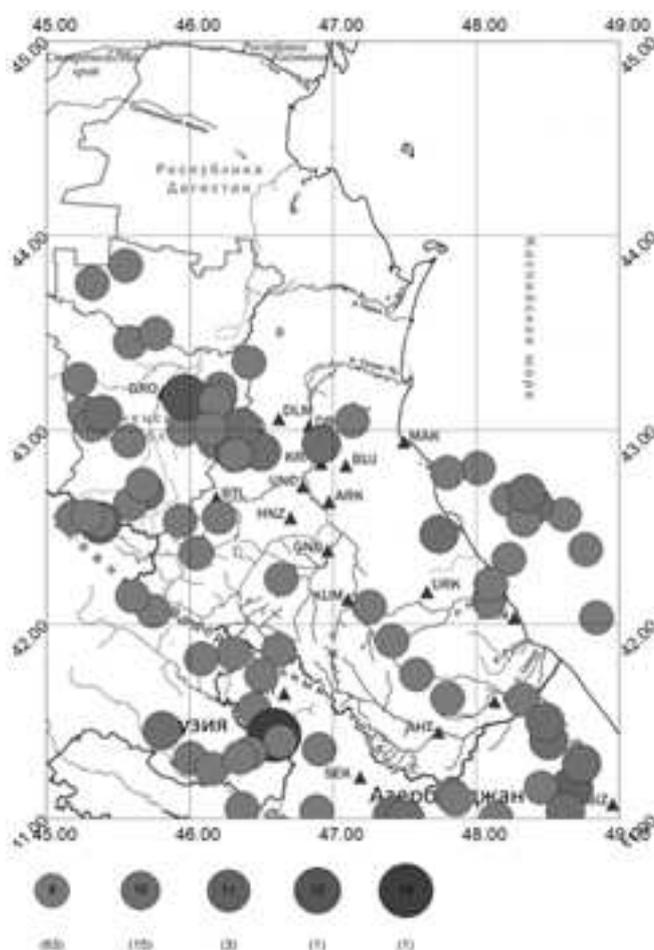


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Дагестана за 2018 г. с $K_p \geq 9$.

Здесь в 1936 г. было землетрясение с 6 бальной интенсивностью сотрясений в эпицентре [11], а также так называемое Закатальское землетрясение 7 мая 2012 г. с $K_p = 5,6$ ($\varphi=41,48^0$ с.ш.; $\lambda=46,74^0$ в.д.) сопровождалось сотрясениями в эпицентре до 6-7 баллов [10].

В районе Чиркейского водохранилища и эпицентральной зоне Дагестанского землетрясения 1970 г. наиболее сильное ($K_p=10$) землетрясение произошло в центральном районе Дагестана (13 апреля 2018 г. в 00 ч. 27 мин. с $K_p = 9,9$) [1]. А в районе Сергокалы отмечено землетрясения 30 января в 23 ч. 58 мин. с $K_p = 9,66$). В этом районе часто бывали землетрясения с силой сотрясений в эпицентре до 6, а иногда и 6-7 баллов.

В акватории Каспийского моря локализовано 2 землетрясения 9-го класса, а также 2 землетрясения 10-го класса (28 августа в 15 ч. 30 мин. с $K_p = 10,35$; 17 ноября в 18 ч. 24 мин. с $K_p = 10,33$) [1].

В пределах Пирикительского хребта, расположенного на южной границе Чеченской республики с Грузией, зарегистрировано землетрясение 22 октября в 12 ч. 39 мин. с $K_p = 11,0$ [1]. Следует отметить полосу эпицентров меридионального простирания в северо-восточной части Азербайджана, вблизи южной границы Дагестана. Также здесь реализовались одно землетрясение 9-го энергетического класса, четыре – 10-го класса и одно 11-го класса (27 февраля в 19 ч. 03 мин. с $K_p = 11,22$) [1].

В юго-восточном направлении от сейсмостанции Шеки локализованы 3 землетрясения: одно – 9-го класса; два – 10-го класса (22 июня в 19 ч. 44 мин. с $K_p = 9,91$ и 24 июня в 15 ч. 21 мин. с $K_p = 9,72$) [1]. Согласно макросейсмическим данным, исследуемая территория начала проявлять повышенную сейсмическую активность в 2008г. Это особенно относится к приграничным зонам Дагестана, к территории восточной части Чеченской республик. Также активизация сейсмичности наблюдается в северо-западной части территории Азербайджана, в северо-восточной части территории Грузии [7], в Сергокалинском районе Дагестан [8], где за последние 10 лет произошли два 7-8 бальных землетрясения и два 6-ти бальных землетрясения. В Чародинском районе, в юго-восточной части Дагестана, произошло землетрясение 3 мая 2017 г. с $M=5,3$; $I_0=5-6$ баллов. В Хивском районе Южного Дагестана в 2017 г. произошло 5-6 бальное землетрясение [6].

В Закатальском районе северо-западной территории Азербайджана зафиксировано землетрясение 5 июня 2018 г. с $M_s=5,5$; $I_0=6$ [4].

На картах (рис. 1, 2) нанесены все эпицентры Дагестана и смежных районов с $K_p \geq 9$ за 2017 и 2018гг. Для наглядного представления распределения эпицентров с $K_p \geq 9$ за указанные 2 года совмещены на рисунке 3.

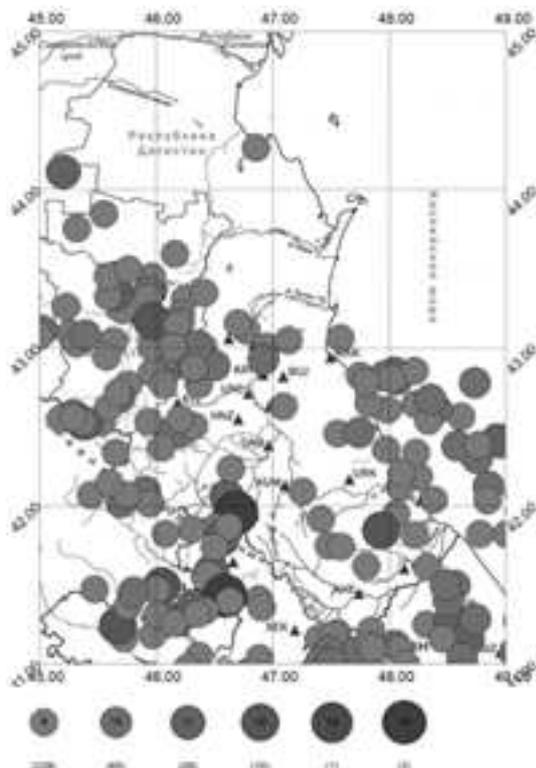


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Дагестана за 2017-18 гг.

Из общего числа 1762 землетрясений [1] в 2017 г. с $K_p \geq 5$ 35 землетрясений имеют $K_p \geq 9$. В 2018 г. из 1647 событий с $K_p \geq 5$ 20 землетрясений имеют $K_p \geq 9$.

Как видим, суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в очагах землетрясений в 2018 г., составляет $\Sigma E = 0,1153 \times 10^{14}$ Дж, что в 1,24 раз меньше чем в 2017 г. ($\Sigma E = 0,143 \times 10^{14}$ Дж). Число землетрясений уменьшилось в 1,07 раза.

55 землетрясений с $K_p = 9$ должны были ощущаться населением в эпицентральных областях. Однако, не все землетрясения, относительно которых имеются сведения об их ощутимости с силой сотрясений в 4 балла и больше, нанесены на эту карту.

Наиболее сильных землетрясений с $K_p = 11$ за два года произошло около 13. При сопоставлении карт сильных землетрясений за 2017-2018 гг. (рис. 3) с картами эпицентров всех землетрясений за этот же период (в отдельности рис. 1 и рис. 2) видно, что сильные землетрясения располагаются в основном в местах скопления эпицентров слабых землетрясений. Исключение составляют район Каспийского моря и прилегающего северо-восточного Азербайджана. Это можно объяснить тем, что здесь определяются только эпицентры сильных землетрясений и нет возможности определить эпицентр слабых землетрясений из-за отсутствия в этих районах необходимой густоты сети и отсутствия доступа бюллетенных данных сейсмических станций Азербайджана.

Литература

1. Адилов З.А., Асекова З.О., Гамидова А.М., Магомедова Д.С., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагателова Е.Ю., Шахмарданова С.Г. Каталог (оригинал) землетрясений Дагестан за 2017-2018 гг. //Фонды ДФ ФИЦ ЕГС РАН. Махачкала 2018-2019.
2. Ананьин И.В. Аргунское землетрясение 2 марта 1966г. Землетрясения в СССР в 1966г. М.: «Наука», 1970. С.35-43.
3. Ананьин И.В., Кулиев Ф.Г. Касумкентское землетрясение 20 апреля 1966г. Землетрясения в СССР в 1966г. М.: «Наука», 1970. С. 44-55.
4. Асманов О.А., Даниялов М.Г., Магомедов Х.Д. Проявления Закатальского землетрясения 7 мая 2012 г. ($K_p = 14,4$) на территории Дагестана //Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIV Международной сейсмологической школы. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2012. С.35-39.
5. Асманов О.А., Адилов З.А., Магомедов Х.Д. Ляхлинское землетрясение 7 декабря 2017 г. с $K_p = 12$ ($M_s = 4,5$). Дагестан //Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XII Международной сейсмологической школы. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. С. 26-30.
6. Асманов О.А., Даниялов М.Г., Ашурбеков З.И. Цурибское землетрясение 3 мая 2017 г. на территории Дагестана //Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XII Международной сейсмологической школы. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. С. 29-32.
7. Асманов О.А., Даниялов М.Г., Магомедов Х.Д. Грузино-Дагестанское землетрясение 17 сентября 2013г ($K_p = 13$; $M_s = 4,9$; $J_0 = 6$) //Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2014. С. 54-37.
8. Асманов О.А., Даниялов М.Г., Мирзалиев М.М., Магомедов Х.Д. Макросейсмические проявления Кичигамринского землетрясения 16 апреля 2013г. (с $M_s = 4,8$) //Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2013. С. 32-35.
9. Асманов О.А., Левкович Р.А., Гайсумов М.Я., Керимов И.А., Габсатарова И.П., Головкова П.В., Иванова Л.Е., Пономарева Н.Л., Чепкунас Л.С., Рьжикова М.И. Макросейсмические проявления Курчалойского землетрясения 11 октября 2008г. с $K_p = 14,5$; $M_s = 5,8$; $J_0 = 7-8$ (Чеченская Республика) //Землетрясения Северной Евразии в 2008г. Обнинск: ГС РАН, 2014. С. 421-432.

10. Етирмишли Г.Д., Гаравелиев Э.Г., Адилов З.А., Асманов О.А., Даниялов М.Г. Двусторонний анализ Закавказских землетрясений 2012 г. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Десятой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2005. С.126-131.
11. Каталог землетрясений северо-восточного Кавказа и акватории Среднего Каспия (макросейсмические и инструментальные данные о землетрясениях за период VII в.н.э. до 2006г.). Махачкала: «Эпоха», 2018. 462 с.
12. Черкашин В.И., Дорофеев В.М., Крамынин П.И., Магомедов Р.А., Мамаев С.А., Никуев Р.Ю. Организация инженерно-сейсмометрической службы в Республике Дагестан // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 14. С. 25-37.
13. 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.
14. Мамаев С.А. Оценка статистической динамической модели здания и статистической модели сейсмического воздействия на основе инженерно-сейсмометрической информации / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт комплексных проблем строительных конструкций и сооружений им. В.А.Кучеренко. Москва, 1991
15. 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.

УДК 550.348.098.64

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-38-45

О ВАРИАЦИЯХ ДЕГАЗАЦИИ ВОДОРОДА В ПРИЗЕМНУЮ АТМОСФЕРУ И ЕЕ СВЯЗИ С СЕЙСМИЧЕСКИМИ СОБЫТИЯМИ

Саидов О.А.

Единая геофизическая служба РАН

Показано, что в вариации водорода в приземной атмосфере имеют годичную периодичность. При этом в смежных временных интервалах геохимического ряда отмечается изменение дисперсии водорода, которая сопровождается сейсмическими событиями. Вначале происходит повышение величины дисперсии, после чего отмечается его скачкообразное снижение, ступени которого соответствуют сейсмическим событиям.

Ключевые слова: мониторинг, водород, вариации, дисперсия, землетрясение.

A VARIATION OF THE DEGASSING OF HYDROGEN IN PRIZEMNOG THE ATMOSPHERE AND ITS RELATIONSHIP WITH SEISMIC EVENTS

Saidov O.A.

Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences

It is shown that the variations of hydrogen in the surface atmosphere have a one-year periodicity. At the same time, in the adjacent time intervals of the geochemical series, there is a change in the dispersion of hydrogen, which is accompanied by seismic events. Initially, there is an increase in the dispersion value, after which there is a jump-like decrease, the stages of which correspond to seismic events.

Keywords: monitoring, hydrogen, variance, dispersion, earthquake.

Введение

Изучению газогеохимических критериев оценки сейсмической активности посвящены многочисленные исследования, монографии и научные статьи, как в центральной [1], так и в региональной периодической печати [2]. Однако следует констатировать, что до сих пор не обнаружено отчетливой статистически достоверной взаимосвязи между моментом и силой сейсмического события с одной стороны и вариациями газогеохимических параметров с другой стороны, хотя в ряде случаев отмечается классический «бухтообразный» ход этого параметра во времени перед сейсмическим событием. Очаг землетрясения, по мнению Барсукова В.Л., Беляева А.А. и др. [1] представляет собой генератор механических импульсов возрастающей периодичности и частоты. Время распространения их зависит от плотности среды и по сравнению со временем диффузии растворов и газов в земной коре можно считать мгновенной. При этом регистрирующая гидрогазогеохимическая система представляет с собой резонатор с ограниченным набором собственных частот. Появление предвестника отражает эффект резонанса на одной из собственных или кратных ей частотах регистрирующей геохимической системы подземной гидросферы.

В связи с этим исследование дегазации легких газов, в частности вариаций водорода, его мониторинг во времени не потеряло свою актуальность, поскольку водород может контролировать внутреннее состояние блоков земной коры, их стабильность или активность.

Объекты исследований

Дагестанским филиалом ФИЦ ЕГС РАН в сейсмоактивной области Дагестанский клин созданы 2 наблюдательные станции для исследований вариаций водорода в приземной атмосфере в связи с региональной сейсмичностью Восточной части Северного Кавказа и сопредельных территорий, включая акваторий Каспийского моря.

Наблюдательный пункт «Дубки»

Расположен пункт в сейсмоактивной области Дагестанский клин на сейсмостанции «Дубки». Пункт оборудован высокочувствительным сенсором водорода ВСГ – 02. Чувствительность – $(10^{-6} - 10^{-3} \text{ об. } \%)$. Аппарат работает в непрерывном режиме.

Наблюдательный пункт «Учхоз»

Расположен пункт на северо-западе гор. Махачкалы. Пункт открыт в ноябре 2013 г. и оборудован высокочувствительным ($10^{-6} - 10^{-3}$ об. %) датчиком водорода ВГ-3А. Датчик находится на глубине 1.5 метра от земной поверхности. Датчик работает в непрерывном режиме.

Методика обработки геохимических рядов

Исходили из предположения, что не абсолютные значения, а приращения значений величины исследуемого параметра, его дисперсия, могут иметь определенную физическую сущность при исследовании предвестников землетрясений. Как известно, по физическому смыслу дисперсия отражает энергетическое воздействие на систему, в данном случае, на физико-химическую систему подземных водно-газовых образований, а также на дегазацию массива горных пород. В связи с этим данные геохимических временных рядов подвергнуты статистической обработке, суть которой изложена [3]

1. Вычисляются средние значения геохимических временных рядов с определенной статистически значимой шириной окна (10 суток) и соответствующей величиной сдвига ширины окна. В данном случае величина сдвига составляет 1 сутки, что усиливает тесноту взаимосвязи между соседними измерениями и относится ко дню, следующему за рассчитываемым интервалом (физически реализуемый фильтр) т.е. каждое выходное значение ряда является результатом обработки только предыдущих входных сигналов. Переходя последовательно от интервала к интервалу таких наблюдений, можно оценить динамику изменения их статистических свойств, в том числе дисперсии в смежных временных интервалах.

2. Сопоставляются полученные данные с сейсмическими событиями региона. Соответствующие сейсмические события, с указанием класса землетрясений получены по данным региональной сети сейсмических станций Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН, а также по данным службы срочных донесений (ССД) ФИЦ ЕГС РАН.

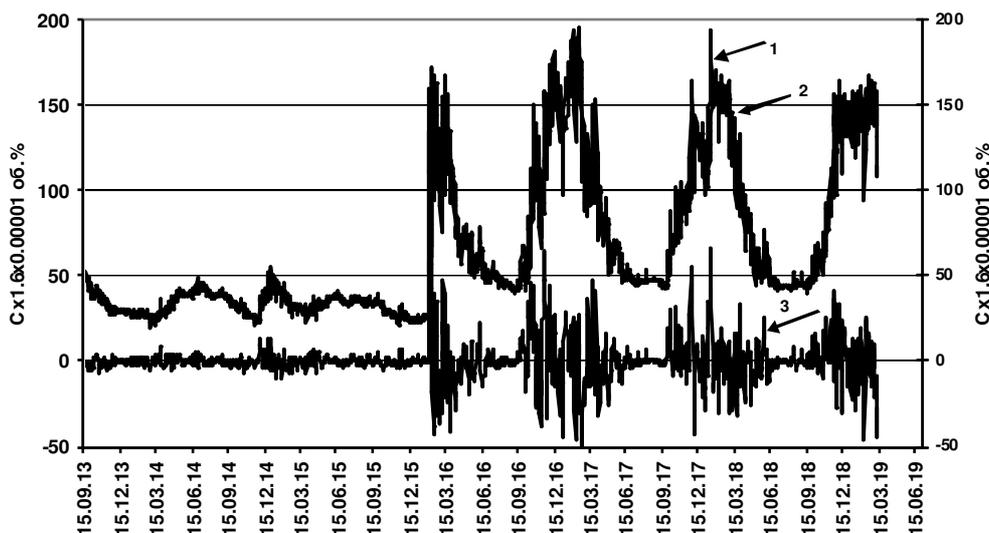
Обсуждение результатов анализа геохимических временных рядов

На рисунке 1, показана общая картина вариаций временного ряда водорода в приземной атмосфере по данным водородного сенсора станции «Дубки» за 2013-2019 годы, а на рисунке 2 соответствующие вариации водорода на ст. «Учхоз».

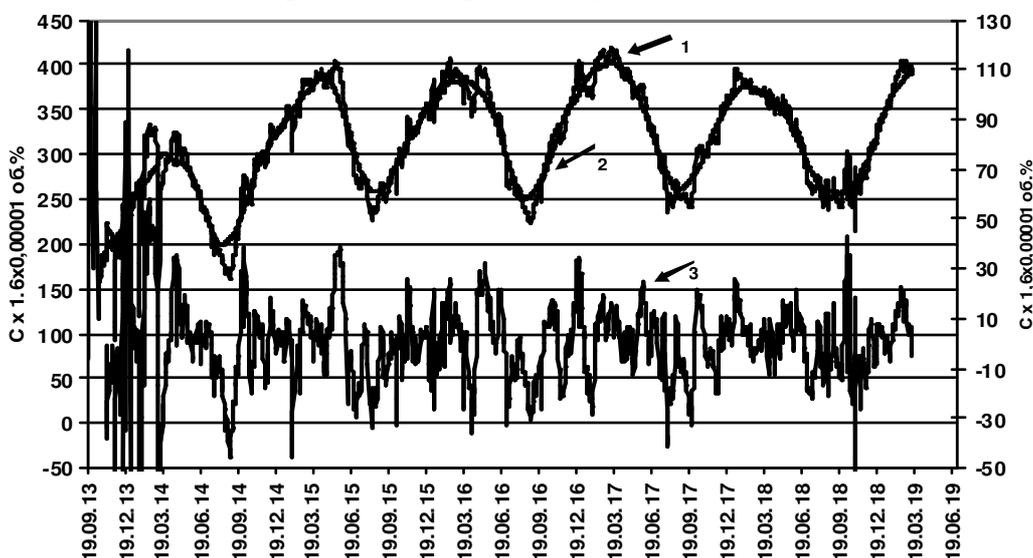
Как видно на рис.1 отмечаются весьма значительные изменения амплитуды и частоты вариаций водорода во времени. Особенно это заметно, после резкого повышения концентраций водорода в приземной атмосфере, начиная с февраля 2016 года. В последующем, примерно через три месяца вариации водорода снижаются, и происходит их стабилизация на уровне чуть выше первоначального. Начиная с середины сентября 2017 года вариации водорода, вновь повышаются и совершают скачкообразные изменения повышения и снижения. В вариациях водорода отмечается годичная периодичность. Аналогичные изменения отмечаются также в вариациях водорода в приземной атмосфере на наблюдательном пункте «Учхоз» (рис.2). Как видно на рисунке 2, отмечается четкий годовой период в вариациях водорода.

По всей вероятности, годичные периоды в вариациях водорода имеет космическую природу и обусловлены периодическими деформационными процессами в земной коре при орбитальном вращении Земли вокруг Солнца. При этом в перигелии отмечается повышение концентраций водорода, а в афелии - ее понижение. Аналогичные изменения в вариациях водорода отмечается и в работе [4].

Как видно на рис.1 и 2 на общем фоне кривой аппроксимации заметны весьма значительные флуктуации водорода. Особенно это заметно в вариациях водорода вокруг скользящей средней. Для лучшей наглядности, вариации вокруг скользящей средней на рисунках 1 и 2 описываются вспомогательной осью.



1- фактические данные, 2- скользящая средняя, 3- вариации вокруг скользящей средней
 Рис.1. Вариации водорода («Дубки», 2013-2019 г.г.)



1- фактические данные, 2- скользящая средняя, 3- вариации вокруг скользящей средней
 Рис.2. Вариации водорода («Учхоз», 2013-2019 г.г.)

Сейсмические события на Восточном Кавказе, $K = 11(M_s = 4)$ и выше за период 01.01.2017 по 31.05.2017, имевшее место на разном удалении от пункта наблюдений, по данным сейсмических станций ДФ ФИЦ ЕГС РАН представлены в таблице 1. Здесь же указаны эпицентральное расстояние до пункта наблюдений «Дубки» и «Учхоз» и деформационные радиусы землетрясений, вычисленные по известной эмпирической формуле,

$$R = 10^{0.43 \frac{2K-9.6}{3}}, \quad (1)$$

Как видно из таблицы, сейсмические события, в основном, происходят вдали от наблюдательных пунктов, тем не менее, судя по эпицентальному расстоянию и деформационным радиусам, ряд сейсмических событий охватывают наблюдательные пункты ДФ ГС РАН

Таблица 1

№	Дата	φ	λ	K	R км	Δ км Дубки	Δ км Учхоз	H км	Регион
1	20.01.17	41.58	42.16	12	115	360	400	10	гр.Груз-Арм- Тур.
2	06.02.17	40.52	50.68	11.5	83	430	400	10	Каспийское море
3	06.03.17	43.36	45.92	12.8	210	73	120	15	Чечня
4	13.03.17	42.43	43.77	12	115	220	260	10	Грузия
5	22.04.17	43.50	45.44	11.5	83	105	150	150	Чечня
6	03.05.17	42.24	47.17	13,5	311	75	70	15	Горный Дагестан
7	11.05.17	39.99	48.53	14	433	400	360	60	Азербайджан
8	14.05.17	43.07	46.77	11	59	8	50	10	Горный Дагестан

. На рис. 3 и 4 представлены данные дисперсии водорода по ст. «Дубки» и «Учхоз». На рисунки нанесены также сейсмические события в соответствии таблицей 1.

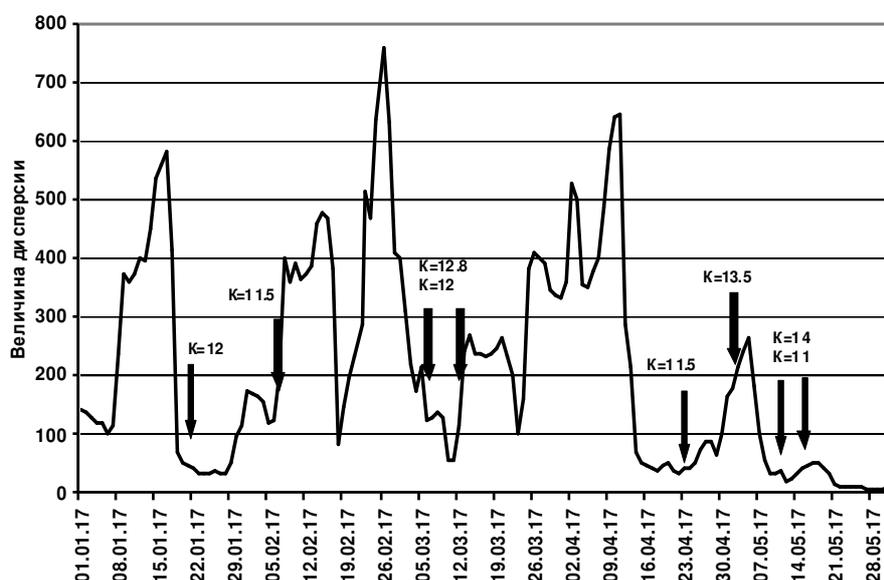


Рис. 3. Дисперсия вариаций водорода («Дубки» 01.01.2017-31.05.2017 г.)

О значимости величины дисперсии и его прогнозной информативности, связанные с изменением во времени локальных характеристик распределения, в том числе в геохимических временных рядах, отмечается в работе [1]. Предлагаемый авторами метод основан на статистической оценке изменчивости дисперсии в смежных временных интервалах. Показано, что дисперсия при переходе от фоновых значений

временного ряда к аномальным его величинам изменяется закономерным образом. В промежуточной зоне между аномалией и фоновым значением, среднее значение компонента может оставаться фоновым, в то время как, дисперсия принимает аномальное значение.

В тоже время дисперсия временного ряда связана с энергией процесса, то есть ее динамика может отражать изменение энергетического воздействия на термодинамическую систему, (в данном случае на газо-геохимическую), что согласуется с общим положением теории случайных процессов.

Как видно на рисунках 3 и 4 отмечаются определенные периоды повышения и соответствующего снижения значений дисперсий, которые сопровождаются сейсмическими событиями. Вначале происходит повышение величины дисперсии, после чего отмечается его скачкообразное снижение, ступени которого соответствуют сейсмическим событиям. В ряде случаев сей-

сизмические события соответствуют минимальным значениям дисперсии, что является прогностическим признаком.

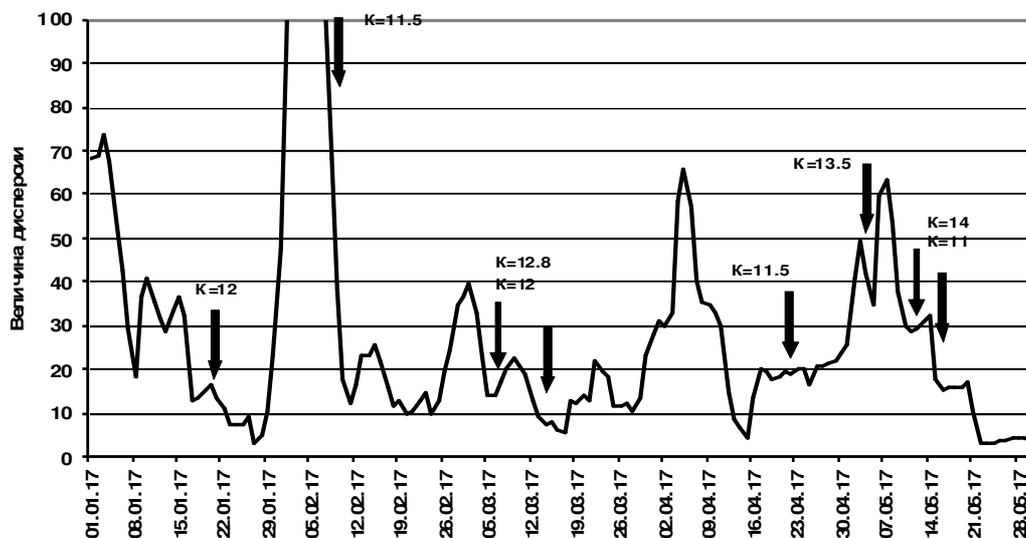


Рис. 4. Дисперсия вариаций водорода («Учхоз» 01.01.2017 – 31.05.2017)

В таблице 2 представлены сейсмические события на Восточном Кавказе за текущий год с соответствующими координатами φ и λ , начиная с начала года, по данным ССД ГС РАН. Здесь же указаны деформационные радиусы землетрясений, эпицентральные расстояния Δ в км. до наблюдательного пункта «Дубки», а также энергетический класс землетрясений K (10 класс и выше). В таблицу включены также два сейсмических события 8 и 9 энергетического класса наиболее близкие по эпицентральным расстояниям к наблюдательному пункту наблюдений. Большинство сейсмических событий, также как и в 2017 году, происходит вдали от наблюдательного пункта, тем не менее, судя по деформационным радиусам R , ряд сейсмических событий охватывают наблюдательный пункт «Дубки».

Таблица 2

№	Дата	φ	λ	K	R км	Δ км Дубки	H км	Регион
1	01.01.18	40.88	48.37	11	59	280	10	Азербайджан
2	27.02.18	41.47	48.41	12	115	195	60	Азербайджан
3	08.03.18	42.15	46.69	10.5	43	220	10	Каспийское море
4	19.03.18	42.50	46.77	10	31	25	40	Горный Дагестан
5	01.04.18	34.32	45.85	15	850	800	10	Западный Иран
6	13.04.18	43.11	47.01	11	59	15	5	Предгорный Дагестан
7	26.04.18	42.87	46.38	9	16	40	10	Горный Дагестан
8	02.05.18	30.72	51.51	15	850	1130	10	Иран
9	08.05.18	42.84	46.30	10	31	50	10	Горный Дагестан
10	08.05.18	42.95	46.80	8	9	6	5	Предгорный Дагестан
11	05.06.18	41.57	46.85	14	433	150	10	Азербайджан
12	09.06.18	43.17	46.18	12	115	40	10	Чечня
13	21.06.18	43.25	46.1	10	31	70	40	Чечня
14	05.07.18	42.96	46.29	10	31	40	90	Чечня
15	28.08.18	38.84	48.8	13.5	310	500	10	Арм-Азерб-Иран
16	05.09.18	43.38	44.87	10.3	40	115	10	Ингушетия
17	18.09.18	40.46	48.83	10.3	40	330	10	Азербайджан
18	23.09.18	42.40	48.32	10	31	140	15	Каспийское море
19	14.10.18	43.26	46.45	10.3	40	35	70	Северный Дагестан
20	17.10.18	43.43	45.09	12	115	150	5	Ингушетия
21	22.10.18	42.53	45.33	11	59	130	10	Грузия-Чечня, гр-ца

22	28.10.18	41.83	43.42	11	59	360	5	Грузия
23	06.11.18	42.46	43.60	13.8	370	300	10	Грузия
24	17.11.19	43.28	46.14	10.3	40	70	10	Чечня
25	34.30	34.30	45.71	16	1600	870		Иран-Ирак граница
26	40.71	51.86	11.5	83	500	450	10	Каспийское море

На рис.5 представлен график изменения дисперсии вариаций водорода в приземной атмосфере на ст. Дубки за 2018 год.

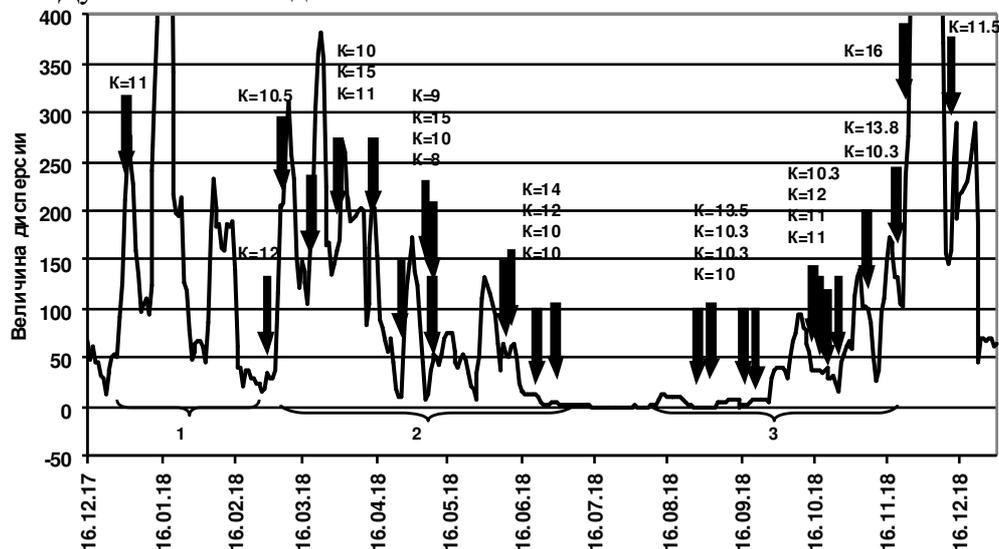


Рис. 5. Дисперсия вариаций водорода (ст. Дубки, 2018 г.)

Как видно на рис. 5, наблюдается три четких периода разной длительности во временном интервале, повышения и снижения величины дисперсии и один временной интервал, где изменения дисперсии не отмечаются (между 2 и 3 периодами). Первый период характеризуется двумя землетрясениями в Азербайджане 11 и 12 энергетического класса, причем второе землетрясение соответствует минимуму дисперсии. При этом сначала происходит повышение величины дисперсии, которая сопровождается сейсмическим событием 11 класса, после чего отмечается его скачкообразное снижение, вторая ступень которого соответствует сейсмическому событию 12 класса. Скачкообразные изменения дисперсии особенно заметны во время второго периода, где зафиксированы 4 крупных сейсмических события в Иране, Азербайджане, и в Чечне, деформационные радиусы, которых, близки к эпицентральному расстояниям или охватывают наблюдательный пункт водорода «Дубки». Следует отметить, что выявить детерминированную связь между величиной дисперсии, энергетическим классом землетрясений и эпицентральной расстоянием в данном случае представляется невозможным, в связи с непропорциональной зависимостью между величиной дисперсии и энергетическим классом сейсмических событий, что в свою очередь зависит от геологической среды, глубины очага сейсмического события и гипоцентрального расстояния.

Как видно на рис.5, на общем фоне изменения величины дисперсии, третий период характеризуется небольшими значениями дисперсии, хотя энергетический класс сейсмических событий сопоставимы с энергетическими классами сейсмических событий первого и второго периода.

На рис. 6 более крупным планом представлены изменения величины дисперсии во время третьего периода.

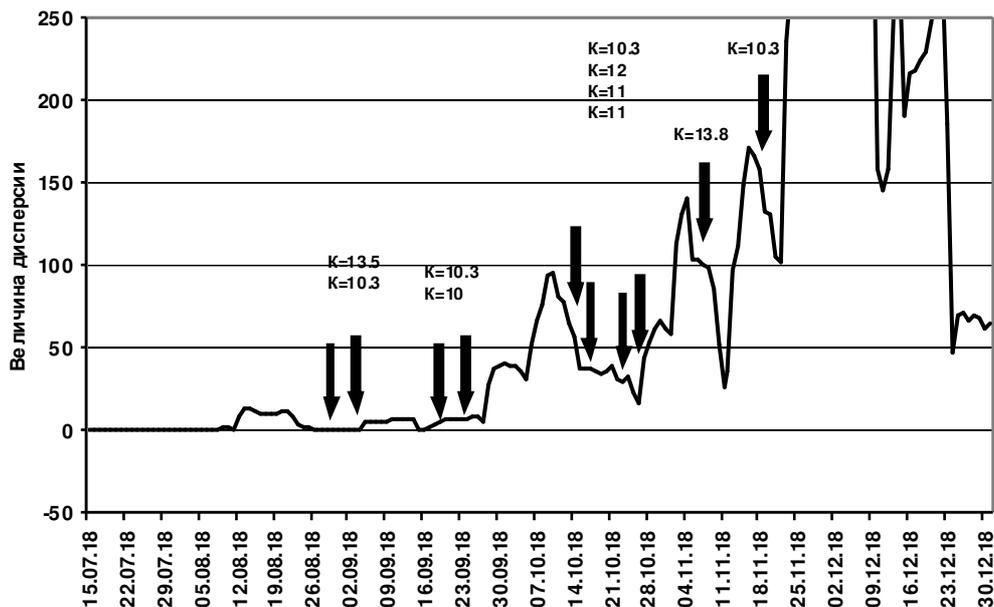


Рис. 6. Дисперсия вариаций водорода (ст. Дубки, июль-ноябрь, 2018 г.)

Как видно, характер изменения величины дисперсии в связи с сейсмическими событиями отображены зеркально первому и второму периоду.

Таким образом, отмечается скачкообразное изменение дисперсии водорода в смежных временных интервалах геохимического ряда, которое сопровождается сейсмическими событиями. Сначала происходит повышение величины дисперсии, после чего идет его скачкообразное снижение, ступени которого соответствует сейсмическим событиям. При этом наиболее вероятным представляется появление в земной коре на заключительной стадии подготовки очага возбуждающих колебаний разной периодичности и частоты [5-9].

Следует подчеркнуть, что изменение величины дисперсии в параметрах временных геохимических рядов предполагает и соответствующее изменение энтропии в возбуждающей термодинамической системе, т.е. в очаге землетрясения. В результате релаксации упругой энергии происходит консолидация горных пород, термодинамическая система переходит в наиболее вероятное, устойчивое состояние и соответственно величины дисперсии стремятся к минимуму.

Литература

1. Барсуков В.Л., Беляев А.А. Геохимические методы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1992, 213 с.
2. Саидов О.А. Вариации состава природных газов в связи с сейсмическими событиями на Восточном Кавказе и на сопредельных территориях //Мониторинг: Наука и технологии. 2014. № 3. С. 29 – 37.
3. Саидов О.А., Даниялов М.Г. О методике обработки и интерпретации временных геохимических рядов, как предвестника землетрясений. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных //Материалы второй международной сейсмологической школы (13-17 августа), Пермь, 2007, С. 184-189.
4. Белов С.В. Оценка перспектив выявления эндогенного водорода в литосфере. Отчет президиума РАН, № 14, 2009 г.
5. 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.

6. 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.
7. 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.
8. Дибиров Д.А., Мамаев С.А., Омаров К.М. Формирования и размещение залежей углеводородов как результат развития гидрогеодинамических систем (на примере территории восточного предкавказья) //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2002. № 48. С. 38-40.
9. Мамаев С.А., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш., Ибаев Ж.Г. О принципах математического моделирования гидрогеологических объектов на территории Республики Дагестан //В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции. 2017. С. 383-392.

УДК 552.02

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-46-53

ПРОЯВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА
И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЗА 1995-99 гг.

Воронцова Т.М.

Единая геофизическая служба РАН

В настоящей работе предпринята попытка, используя инструментальные и макросейсмические данные за 1995-99 гг. дать анализ сейсмичности территории Дагестана и смежных районов. Приведена карта эпицентров землетрясений в привязке с разломно-тектонической схемой региона, даются карты плотности эпицентров. Представлена информация об ощутимых землетрясениях, реализовавшихся в исследуемый период.

Ключевые слова: разломно-тектонический, энергетический класс, смежные районы.

THE MANIFESTATION OF SEISMICITY IN THE TERRITORY OF DAGESTAN
AND ADJACENT AREAS FOR THE YEARS 1995-1999

Vorantsova T.M.

Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences

In the present work, an attempt was made using instrumental and macroseismic data for 1995–99. to analyze the seismicity of the territory of Dagestan and adjacent areas. The map of earthquake epicenters is given in conjunction with the fault-tectonic scheme of the region; density maps of epicenters are given. Information on tangible earthquakes that occurred during the study period is presented.

Keywords: fault-tectonic, energy class, adjacent areas.

Дагестан горная республика и поэтому характеризуется высокой сейсмичностью. Древние литературные материалы свидетельствуют о многочисленных разрушительных землетрясениях, имевших место в истории. Помимо разрушительных землетрясений здесь происходили и происходят землетрясения меньшей силы, ощущаемые населением.

В данной работе описывается проявление сейсмичности по инструментальным данным за исследуемый период в пределах Дагестана и смежных районов. На территории Дагестана за рассматриваемый период функционировали 16 региональных сейсмостанций. Координаты эпицентров землетрясений определялись разными методами, но главным образом применялся метод засечек. При этом использовались различные региональные и локальные годографы. Энергетические классы K_p землетрясений определялись по номограмме Т.Г. Раутиан [7]. Распределение количества землетрясений по величинам их энергетических классов за 1995-99 гг. по инструментальным данным приведено в таблице 1.

В региональный каталог землетрясений [6] включены параметры 1730 землетрясений с $K_p \geq 5$, из них 81% от общего числа гипоцентров локализованы на глубине $h = 0 - 25$ км, 14% в промежуточном слое с $h = 26 - 35$ км, а в нижнем интервале глубины $h = 36 - 55$ км зарегистрировано 80 землетрясений, то есть менее 5%.

Таблица 1.

Распределение землетрясений на территории Дагестана и смежных районов за 1995-99 гг. по энергетическим классам.

K_p	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	45	245	528	426	277	156	44	6	2	1

Распределение всех землетрясений по глубине дано на (рис. 1). Общее число землетрясений, произошедших на исследуемой территории за 1995-99 гг. превышает число землетрясений, произошедших за 1990-94 гг. в 1,4 раза, количество выделенной энергии в 1995-99 гг. в два раза превышает таковую в период предыдущего пятилетия. На основании этих данных нами была построена карта эпицентров землетрясений изучаемой территории за рассматриваемый период с $K_p \geq 9$ (рис. 2).

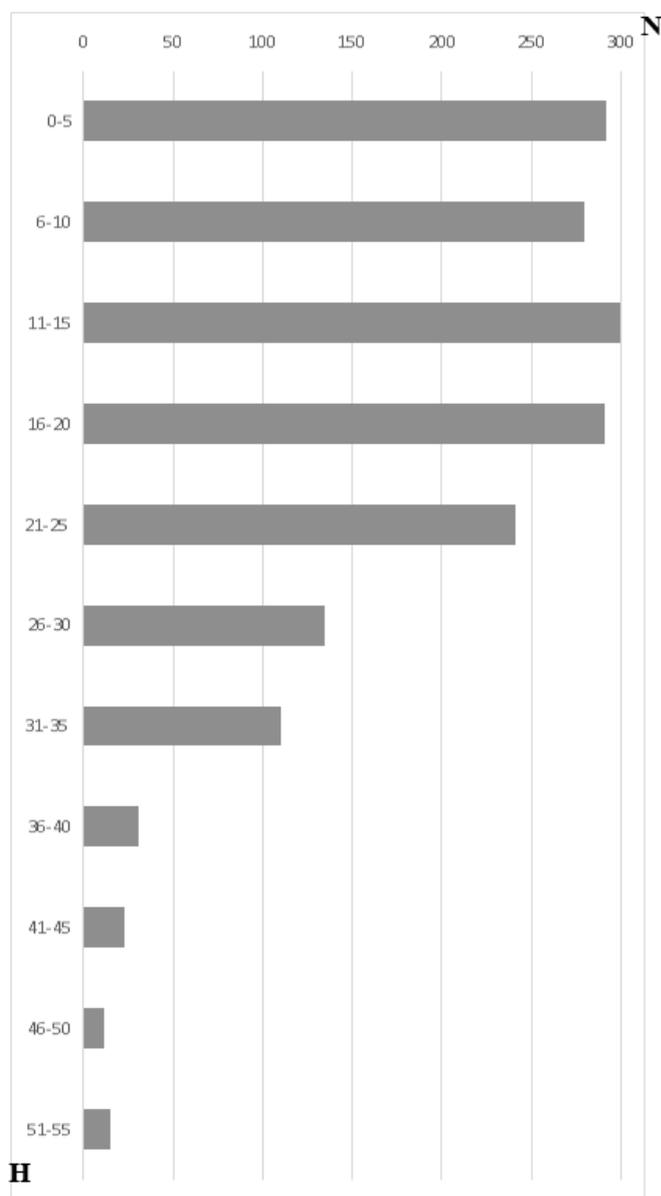


Рис. 1. Распределение землетрясений по глубинам гипоцентров в 1995-99 гг.

На ней показано пространственное представление распределения землетрясений с $K_p \geq 9$ за исследуемый период. Хорошо выделяются 5 отдельных зон с повышенной сейсмической активностью. Одна из зон находится в Предгорном Дагестане – область так называемого Дагестанского Клина, где высокая сейсмичность отмечалась и раньше (1970 г).

В 1999 г., спустя 29 лет эта зона активизировалась. Наиболее сильное землетрясение произошло 31 января 1999 г. 05 ч. 07 мин. с $K_p = 14,3$ и проявилось с интенсивностью сотрясений в эпицентре около 7 баллов. В этом же районе отмечен повторный толчок 21 февраля 18 ч. 14 мин. с $K_p = 13,2$ ощущавшийся силой в 6 баллов [2].



Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Дагестана и смежных районов за 1995-99 гг.

Здесь произошли землетрясения 15 апреля в 11 ч. 16мин. с $K_p = 12,6$ и 19 сентября в 16 ч. 46 мин. с $K_p \geq 12,4$. Зарегистрировано 6 землетрясений 11 класса, 31 землетрясение 10 класса и большое количество толчков меньшего энергетического класса. Эти очаги сконцентрированы на площади 3800 км^2 , и локализованы на Срединном разломе, который проходит в широтном направлении через Дагестанский клин в Чеченскую республику [9].

Другой зоной является Дагестанский сектор главного Кавказского хребта –это граница с Грузией. Здесь произошло 7 землетрясений с $K_p = 11$ и несколько десятков землетрясений 9-10 классов. Очаговая зона занимает площадь 3900 км^2 , очаги приурочены к Богосскому и Нукатлинскому хребтам.

Третьей активной зоной является Южный Дагестан с гораздо меньшей скученностью эпицентров, заниженным количеством очагов низких энергетических классов. Это обусловлено, по-видимому, малым количеством сейсмостанций – их всего две: «Ахты» и «Дербент». Здесь произошли восемь землетрясений с $K_p = 11$, 20 землетрясений 10-го класса и 30 землетря-

сений 9-го класса. Эти землетрясения произошли в районе горных хребтов: Самурского и Джуфудагского, юго-восточнее которых проходит Самурский разлом.

К четвертой зоне можно отнести акваторию Каспийского моря. Наибольшей плотностью землетрясений характеризуется участок на побережье Каспийского моря. Здесь отмечены землетрясения: 25 декабря 1996 г. в 15 ч. 02 мин. с $K_p = 11,3$ с интенсивностью 5 баллов; 28 января 1997 г. в 10 ч. 57 мин. $K_p = 12,3$ [3], ощущавшееся в эпицентре с силой сотрясений до 6 баллов, а также 3 землетрясения с $K_p = 11$.

Пятая зона - восточная часть Чеченской Республики, где реализовались следующие землетрясения: 29 марта в 17 ч. 4 мин. с $K_p = 11$ (очаг локализован в Срединном разломе), 19 августа в 04 ч. 21 мин. с $K_p = 10,5$ (район Черногорского разлома и Сунженского хребта). Для количественного сопоставления сейсмичности различных областей Дагестана и смежных районов за рассматриваемый период была построена карта плотностей эпицентров 5 групп (рис. 3), для разделения зон различной плотности.

Анализируя карту, можно отметить, что очаги сильных землетрясений попадают в зону повышенной плотности эпицентров пяти вышеупомянутых сейсмоактивных районов. Ниже приводятся макросейсмические сведения о землетрясениях, ощущавшихся на территории Дагестана и смежных районов в рассматриваемый период. Для наиболее сильных землетрясений за период 1995-99 гг. с $K_p = 11,5-14,3$ (25.12.1996 г., 28.01.1997 г.; 27.11.1997 г., 07.06.1998 г., 31.02.1999 г. (афтершок 21.02.1999 г.)) приведены списки населенных пунктов, в которых они ощущались с указанием балльности и карты изосейст. Для более слабых землетрясений (25.12.1996 г.; 28.01.1997 г.) указано небольшое число населенных пунктов, где были отмечены ощущения землетрясений.

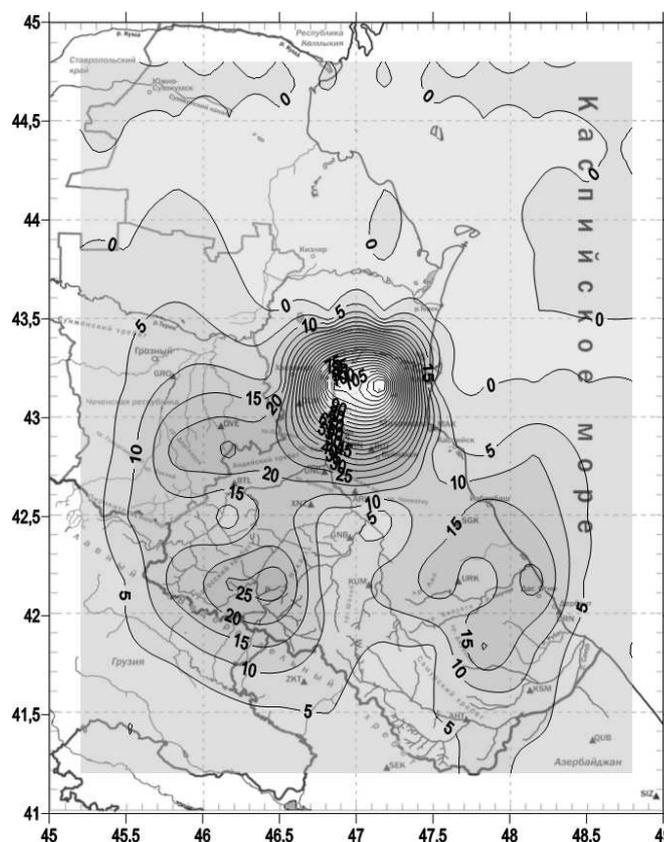


Рис. 3. Карта плотностей эпицентров на территории Дагестана и смежных районов за 1995-99 гг.

Схема изосейст Новокаякентского землетрясения 25 декабря 1996 г. [3] представлена на рисунке 4.

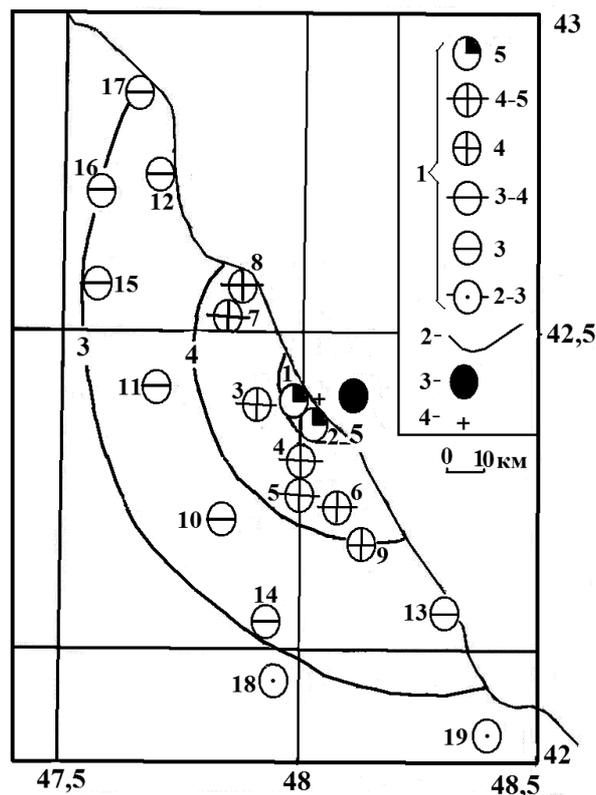


Рис. 4. Карта изосейст Новокаякентского землетрясения 25 декабря 1996 г.: 1 – интенсивность сотрясений в баллах; 2 – изосейсты; 3,4 – эпицентры инструментальный и макросейсмический соответственно.

Приведён перечень населенных пунктов, в которых ощущалось землетрясение 25 декабря, с указанием балльности: 5 баллов – Новокаякент, Курорт Каякент; 4-5 баллов – Каякент, Новые Вихри, Дружба, Берикей, Каранай-аул, Избербаш, 4 балла – Мамедкала; 3-4 балла – Янгикент, Мюрего, Дербент, Манаскент; 3 балла – Джавгат, Губден, Карабудахкент. Новолакское землетрясение 28 января 1997 г. ощущалось на юго-восточной территории Южного Дагестана. Макросейсмические сведения о нём получены в 14 населенных пунктах Южного Дагестана (рис. 5).

С максимальной силой около 6 баллов землетрясение проявилось в населённых пунктах Новокаякент, Курорт Каякент, 5-6 баллов – Каякент, Нов. Вихри, Первомайск, Берикей, Каранай-аул, Избербаш, 4-5 баллов – Геджух, Сергокала, Мурчук, Ачису, Манаскент, 4 балла – Джавгат, Мугарти 3-4 балла – Кубачи, Курах, Леваша, Какашура, Махачкала и 3-4 балла – Вихри, Буйнакск, Магарамкент, Сулак.

В юго-западной приграничной зоне Дагестана на Грузинской территории произошли два сейсмических события: 27 ноября 1997 г. в 17 ч. 34 мин. с $K_p = 13,3$, $\varphi = 41,69$ N; $\lambda = 45,20$ E; $J_0 = 7$ (рис. 6) [5]; 7 июля 1998 года в 11 ч. 28 мин. с $K_p = 12,0$, $\varphi = 41,90$ N; $\lambda = 45,95$ E; $J_0 = 5-6$ (рис. 7) [7]. Мы решили использовать эти землетрясения, учитывая сейсмическую опасность этой зоны. Согласно сейсмическому районированию, рассматриваемые зоны отнесены к 9-балльной интенсивности.

Последствие события 27 ноября 1997 г. были опубликованы [5]. Макросейсмические сведения в очаговой зоне, отмечены как 6-7 балльные.

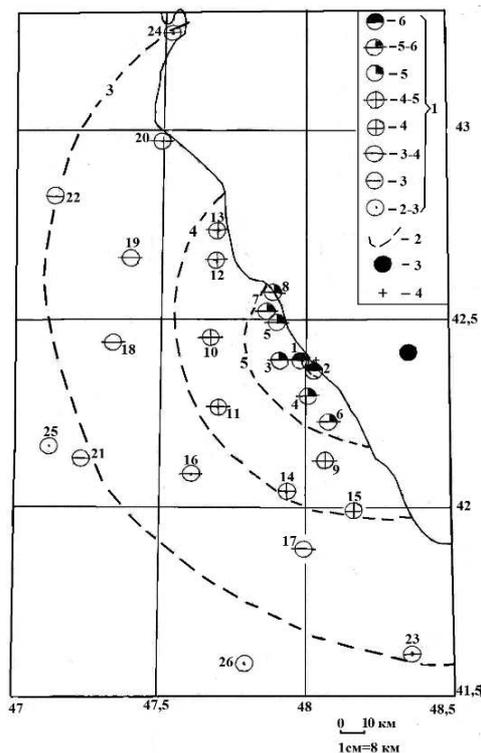


Рис. 5. Карта изосейст Новолакского землетрясения 28 января 1997 г.:
 1 – интенсивность сотрясений в баллах; 2 – изосейсты; 3-4 – инструментальный
 и макросейсмический эпицентры соответственно.

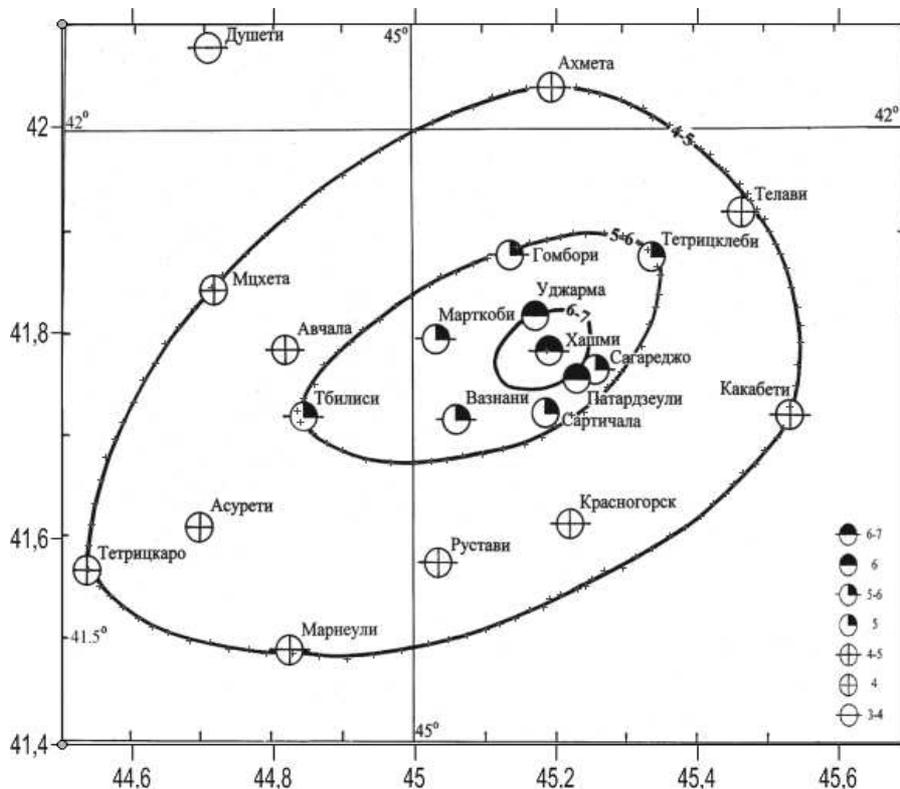


Рис. 6. Карта изосейст Хапмийского – IV землетрясения 27 ноября в 17ч. 34мин. ($M_w=5,3$).

Землетрясение 7 июля 1998 года [7] произошло в 13 км от приграничной зоны юго-западного Дагестана, на территории Грузии с5-6 балльной интенсивностью сотрясений в эпицентре. В населенных пунктах юго-западной части Дагестана наблюдались сотрясения с 4-5 балльной интенсивностью.

Очаг Кизилюртовского землетрясения (31 января 1999 г.) относится к сейсмофокальной области Дагестанский Клин, которая известна как область высокого сейсмического потенциала (рис. 8) [4]. Данные о нём опубликованы в сборнике[2], была приведена схема изосейст. Приведён перечень населенных пунктов, в которых ощущалось землетрясение 31 января с указанием баллов: 7 баллов - Кизилюрт Шушановка, Новый Чиркей, Стальский, Кульзезб; 6 баллов - Дубки, Алмало, Муцалаул, Хасавюрт, Новолакское, Чапаевка; 5 баллов - Сулак, Бабаюрт, Манаскент, Урма, Ботлих, Леваша, Гуниб; 4 балла - Уркарах, Бежта; 3 балла - Рутул, Ахты, Магарамкент, Тбилиси, Пятигорск, Кисловодск.

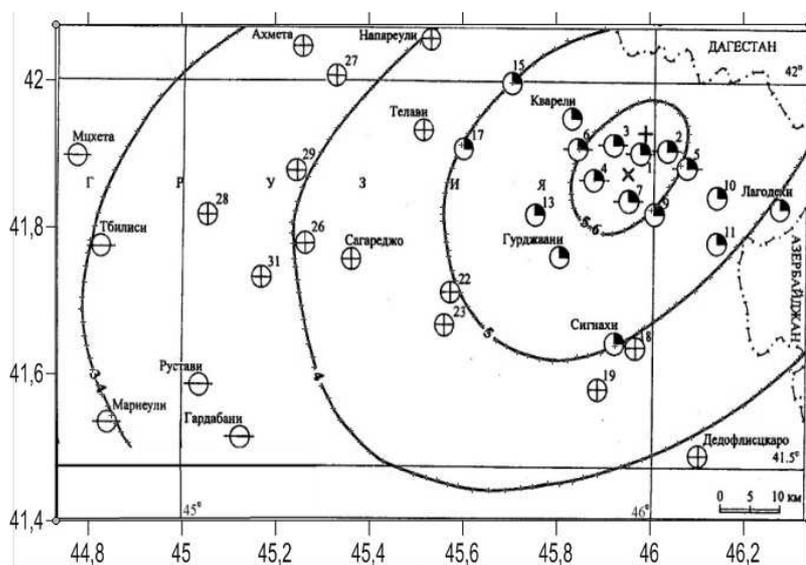


Рис. 7. Карта изосейст Чикаанского землетрясения 7 июля 1998 г.

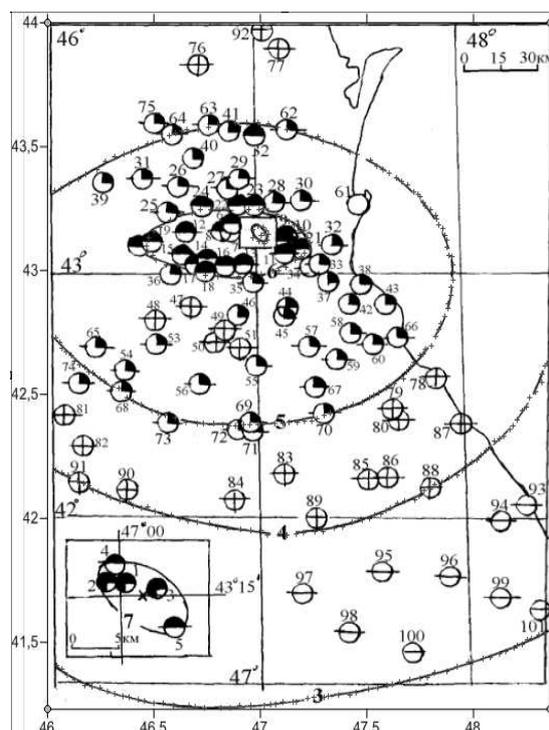


Рис. 8. Карта изосейст землетрясения 31 января 1999г. с $M_s = 5,5$.

Землетрясение 21 февраля 18 ч. 14 мин. (афтершок землетрясения 31 января 1999 г.) ощущалось в центральной части Дагестана. Макросейсмические сведения о нём получены из 31 пунктов Центрального Дагестана (рис. 9) [2].

С максимальной силой около 6 баллов землетрясение проявилось в населённых пунктах: 6 баллов - Учкент, Кизилюрт; 5 баллов - Шамхал, Богатыревка; 4 балла - Буйнакск, Бабаюрт, Каспийск, Унцукуль, Хунзах, Кизляр, Ботлих, Грозный; 3 балла - Сергокала, Избербаш.

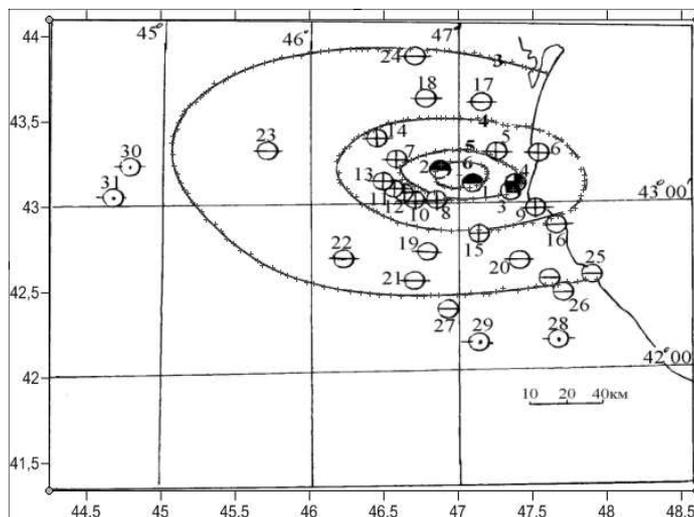


Рис. 9. Карта изосейст афтершока 21 февраля в 18ч. 14мин. с $K_p = 13,2$

Подобные сведения из этого района поступали в прошлом. В связи с тем, что все отмеченные здесь землетрясения имеют локальные проявления, можно считать, что очаги их находятся в земной коре.

Литература

1. Асманов О.А., Асекова З.О. Сейсмичность территории Дагестана за 1996-2000 гг. // Гидрология и некоторые прикладные аспекты геологии Восточного Кавказа. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск №62. Махачкала, 2013. С. 256-261.
2. Асманов О.А., Асекова З.О., Воронцова Т.М., Исаев М.А. Кизилюртовское землетрясение 31 января 1999 г. // Сейсмический мониторинг и изучение геодинамики территории Дагестана и акватории Среднего Каспия. Махачкала, 2007. С.57-62.
3. Асманов О.А., Левкович Р.А. Новокаякентское землетрясение 25 декабря 1996 года и 28 января 1997 года. // Грозненский Естественнонаучный бюллетень. № 2 (6). 2017. С.14-21.
4. Левкович Р.А., Асманов О.А. Сейсмофокальная область «Дагестанский Клин» // Сейсмичность и сеймотектоника Восточного Предкавказья. Вып. 33. Махачкала: ДФ АН СССР, 1985. С. 3-17.
5. Мухадзе Т.И., Папалашвили В.Г. Хашмийское землетрясение – IV 27 января 1997 года с $M_s = 5,3$ $I_0 = 7$ (Грузия) // ВСО Землетрясения Северной Евразии в 1997 г. Обнинск: ГС РАН, 2003. С.244-250.
6. Общий каталог землетрясений на территории Дагестана (Макросейсмические и инструментальные данные о землетрясениях за период с VII в.н.э. до 2005 г. Махачкала: «Эпоха», 2007. 391с.
7. Папалашвили В.Г. Чикаанское землетрясение 7 июля 1998 г. с $M_{LN} = 4,1$, $I_0 = 5-6$ (Грузия) // ВСО Землетрясения Северной Евразии в 1998 г. Обнинск: ГС РАН, 2004. С. 218-221.
8. Раутян Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Тр. ИФЗ АН СССР, №32 (199)) – М.: Наука, 1964. С.88-93.
9. Черкашин В.И., Сабанаев К.А., Гаврилов Ю.О., Панов Д.И. Тектоническая карта Дагестана под редакцией Ю.Г. Леонова. Махачкала, 2012, 129 с.

УДК 550.34.06

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-54-60

СЕЙСМИЧНОСТЬ ДАГЕСТАНА ЗА ПЕРИОД 2010-2018 гг.

*Исаев М.А.**Единая геофизическая служба РАН*

Проведен общий анализ сейсмичности Дагестана и прилегающих районов за период 2010-2018 гг. Составлены карта сейсмической активности, карта распределения эпицентров землетрясений с энергетическим классом $K = 9-14$ и график распределения землетрясений по глубинам. Дано изменение во времени числа землетрясений и величины выделившейся суммарной энергии. Отмечена связь сейсмичности с зонами тектонических нарушений на рассматриваемой территории.

Ключевые слова: сейсмичность, энергетический класс, землетрясение, тектоника, хребет, энергия.

THE ANALYSIS OF DAGESTAN SEISMIC SETTING 2010-2018

*Isaev M.A.**Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences*

The general analysis of Dagestan seismicity and the adjacent areas for the period 2010-2018 is made. The map of seismic activity, the map of earthquakes epicenters distribution with the power class $K = 9-14$ and the earthquakes distribution graph according the depths are made. Time change of number of earthquakes and the magnitude of the released total energy is given. The connection of seismicity with tectonic dislocation zones in the considered territory is noted.

Keywords: seismicity, power class, earthquake, tectonics, ridge, energy, section, depth, activity map.

Дагестан характеризуется высокой сейсмической активностью. В настоящей работе, воспользовавшись всем имеющимся материалом (макросейсмическим и инструментальным), анализирована сейсмичность территории Дагестана с его приграничными зонами и прилегающей акватории Каспийского моря. Рассмотрим сейсмические события, произошедшие в период 2010-2018 годы, фиксированные сетью сейсмических станций Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН начиная с энергетического класса $K \geq 5$ на территории Дагестана и прилегающих районов. За этот период произошло всего 8763 землетрясения энергетических классов $K = 5-14$ [1].

Сейсмичность территории Дагестана и прилегающих смежных районов за период 2010-2018 гг. была неравномерной, как по числу землетрясений, так и по выделившейся в их очагах суммарной энергии. Карта распределений очагов землетрясений с энергетическими классами $K = 9-14$ дано на рис. 1. При построении карты распределения землетрясений и анализе сейсмичности региона использована тектоническая схема разломов Дагестана и приграничных районов [2].

За рассматриваемый период произошло четыре сейсмические события с энергетическим классом $K=14$. Из них два события произошло на территории Дагестана. На склоне Андийского хребта 13 мая 2016 года в 21 час 17 минут по Гринвичу произошло Мехельтинское землетрясение с координатами эпицентра $\lambda=46.40$; $\varphi=42.80$ и глубиной $h = 27.5$ км. В населенных пунктах Буртунай, Дылым, Мехельта, Дубки землетрясение проявилось с силой 5 баллов.

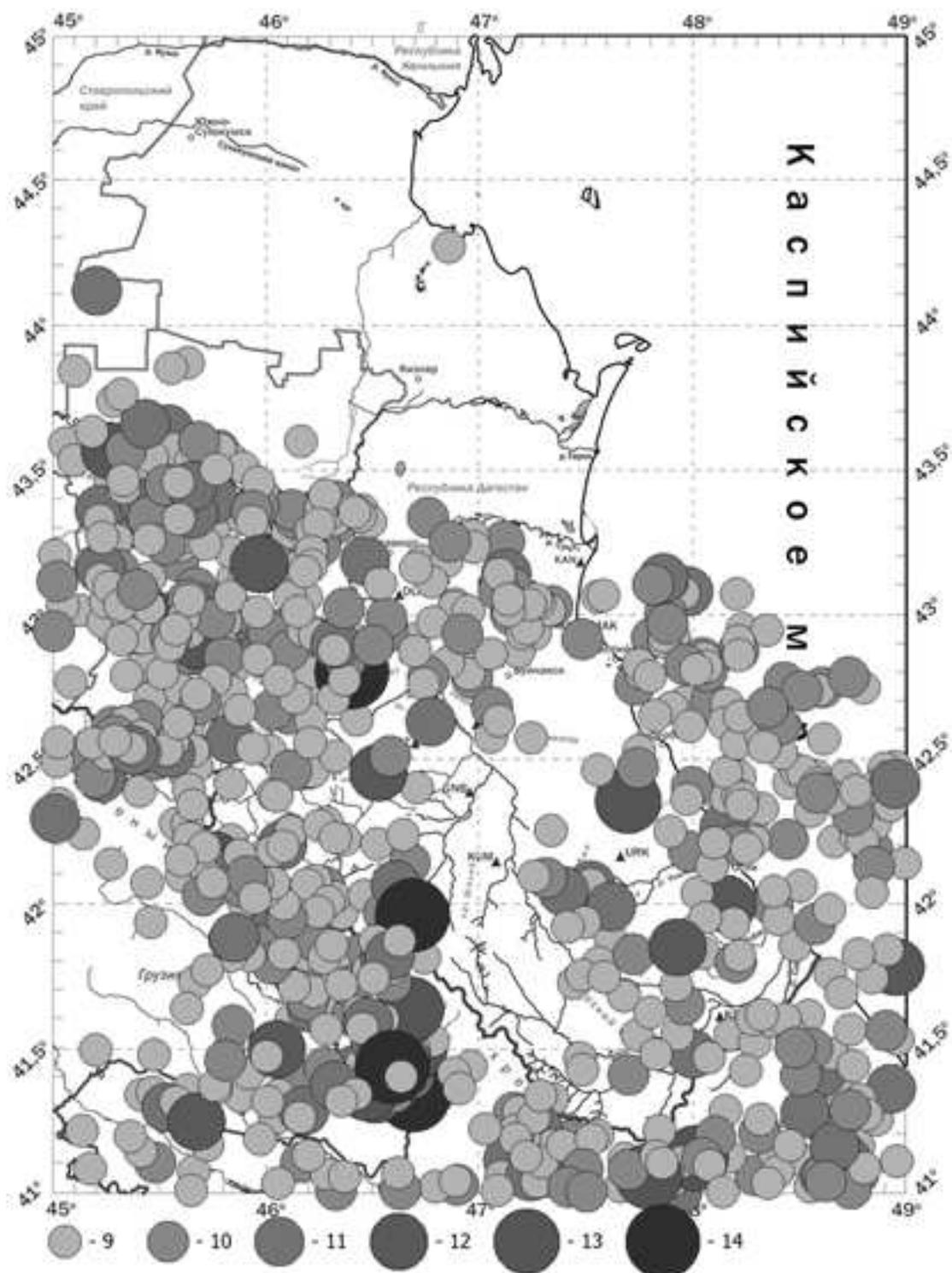


Рис.1. Карта землетрясений Дагестана и прибрежных районов с энергетическим классом $K = 9-14$ за 2010-2018 гг. [1].

В районе хребта Нукатль сейсмическое событие с $K=14$ произошло 3 мая 2017 года с координатами эпицентра $\lambda=46.68$; $\varphi=41.96$; $h=16$ км. В селении Цуриб сотрясаемость этого события составляло 5-6 баллов. В населенных пунктах Ругуджа, Кумух, Гуниб, Вачи, Гергебиль, Акуша, Левашаи землетрясение проявилось с силой 5 баллов.

Нельзя не отметить два землетрясения с $K=14$ произошедшие в Азербайджане, эпицентры которых расположены очень близко друг к другу. Одно событие произошло 7 мая 2012 года в 04 часа 40 минут 28 секунд с магнитудой $M=5,7$ и ощущаемостью $J_0=7-8$ баллов. Это Закатальское землетрясение с координатами эпицентра $\lambda=46.68$; $\varphi=41.33$; $h=19.5$ км, что относится к зоне Главного Водораздельного хребта. Землетрясение ощущалось на территории Азербайджана сотрясаемостью 7 баллов в населенных пунктах Гымыр, Чабанкел, Мухах, Тасмалы, Алибад, Лагич, а на территории Дагестана в селениях Цахур, Камилух, Тлярата оно проявилось с силой 6 баллов. В Махачкале ощущалось силой 3-4 балла. [3].

Второе землетрясение 14 класса в этом хребте произошло 5 июня 2018 года в 18 часов 40 минут с координатами эпицентра $\lambda=46.58$; $\varphi=41.43$; Глубина залегания эпицентра $h=57$ км. Оно ощущалось на территории Азербайджана сотрясаемостью 6 баллов.[4]

В зоне Главного Кавказского хребта произошло шесть событий энергетического класса $K=13$. Из них два события, произошедшее 14 октября 2012 года 10 часов 13 минут с $K=13,44$ и 17 сентября 2013 года в 12 часов 26 минут с $K=12,9$ расположены на границе Дагестана и Грузии. Четыре события 13 класса произошли на юго-восточной части границы Дагестана и Азербайджана. Два события произошли в южной части границы Дагестана. Здесь же локализованы огромное количество землетрясений с энергетическими классами $K=5-11$. Также в зоне хребта Лес событие с $K=13$ произошло 16 апреля 2013 года в 12-26-57 в 15 км от города Сергокала, с координатами эпицентра $\lambda=47.69$; $\varphi=42.35$ и глубиной $h=11.5$ км.

Для землетрясений с энергетическим классом $K=12$ активными зонами для этого периода являются: Сунженский хребет - 3 землетрясения, хребет Гумуртаиркорт - 2 землетрясения, Богосский хребет - 1 землетрясение, Каспийское море - 1, хребет Душудаг - 1 землетрясение, Прибрежный разлом - 1 землетрясение. А на стыке границ Дагестана, Азербайджана и Грузии произошло 9 землетрясений этого же класса.

Хребты Басхой, Даргендук, Салатау Андийский, Сунженский, Самурский являются активными зонами для землетрясений энергетического класса $K=5-11$. Только Северный Дагестан и зона хребта Чанкатау являются асейсмичными.

Все землетрясения, произошедшие в этот период, распределились по классам следующим образом:

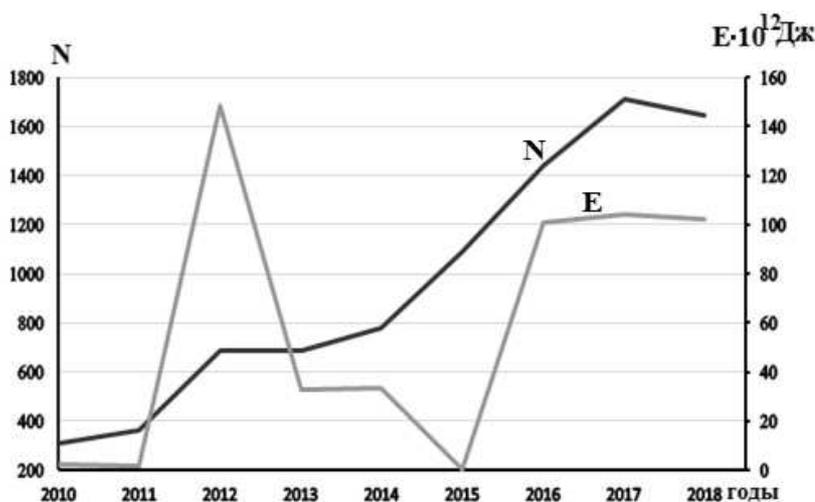
Таблица №1.

Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p Дагестана и смежных районов за 2010-2018гг.

K	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	1313	2254	2830	1546	556	171	63	17	9	4

Одной из главных динамических характеристик землетрясений является сейсмическая энергия E , т.е. энергия упругих сейсмических волн, излученных очагом. Оценка её величины проводилась по шкале, предложенной Т.Г. Раутиан с использованием величины K (энергетический класс), которая непосредственно, хотя и условно, связана с сейсмической энергией ($K = \lg E$). Распределение числа землетрясений по энергетическим классам за каждый год дано в таблице 1, а график распределения количества землетрясений и выделившейся энергии по годам показано на рисунке 2.

Количество выделенной сейсмической энергии за этот период колебалось в пределах от $0,65 \times 10^{12}$ до $1,48 \times 10^{14}$ Дж (рис.2.).



N- количество землетрясений по годам (2010-2018гг.).
E- выделившаяся энергия за каждый год.

Рис. 2. График значения числа землетрясений и суммарной сейсмической энергии ΣE на территории Дагестана и смежных районов за 2010-2018 годы.

В рассматриваемый период самое большое количество землетрясений зафиксировано в 2017 году, а выделившаяся энергия больше 2012, 2016, 2017, 2018 годах. В эти годы произошли землетрясения с $K=14$. Из рисунка видно, что максимальные значения выделившейся за год энергии зависит не только от количества произошедших землетрясений, но и от энергетического класса землетрясений. Отмечаем, что чем больше землетрясений с большими энергетическими классами, тем больше выделившаяся энергия.

Судя по величине, высвобождаемой при сейсмическом толчке энергии, разрывы в очагах сильных землетрясений могут протягиваться на несколько сот километров. Сейсмические события с большой энергией возникают реже, чем события с меньшей энергией. Общефизические представления о разрушениях, а также наблюдения над естественной сейсмичностью формируют точку зрения, основные моменты которой сводятся к тому, что каждое вновь возникшее землетрясение вносит свой вклад в изменение конфигурации поля напряжений, т.е. оно является следствием действия предыдущих землетрясений. Таким образом, очаг большого землетрясения можно рассматривать как суммарный итог развития процесса разрушения в некоторой окрестности этого очага. В свою очередь большое землетрясение - это своего рода поле неустойчивости, которое оказывает существенное влияние на последующую сейсмическую жизнь региона, возбуждая как массовое появление афтершоков, так и предопределяя более отдаленные последствия. Оно, например, может спровоцировать целую серию других больших землетрясений. Вся их совокупность может рассматриваться как фактор, влияющий на последующее развитие сейсмического процесса и как система связанных событий, причем график повторяемости - интегральное выражение этой связи.

Для количественной средней характеристики сейсмичности региона определен еще коэффициент γ наклона графика повторяемости землетрясений, отражающая распределение числа землетрясений по их энергии и широко используемая для характеристики сейсмического процесса. Сейсмическая активность A_{10} - плотность очагов землетрясений определенного диапазона величины энергетического класса K , отнесенной к единице объема или площади S области и к единице времени. Обобщенный «Закон повторяемости землетрясений» (по Ю.В.Ризниченко) выражается, как распределение $N=N(K)$ числа землетрясений по их величине $K=\lg E$, позволяющий выяснить приближенное постоянство или изменчивость наклона $\gamma=-d \lg N/dK$ графика $N(K)$ [4]. Вычислены значения γ на каждый год отдельно и построена карта активности A_{10} за рассматриваемый период.

Значения γ по годам на территории Дагестана за период 2010-2018 гг.

ГОДЫ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
γ	0,114	0,163	0,376	0,209	0,574	0,359	0,404	0,408	0,435

При построении карты сейсмической активности осуществляется переход от дискретного распределения эпицентров к картине непрерывного распределения сейсмической активности. Карта сейсмической активности дает полное представление о распределении плотности эпицентров землетрясений. По карте активности видно, что наиболее сейсмичными зонами являются: Главный Кавказский хребет (граница Дагестана с Грузией и Азербайджаном), Сунженский (граница с Чеченской республикой) и Самурский хребты и акватория Каспийского моря.

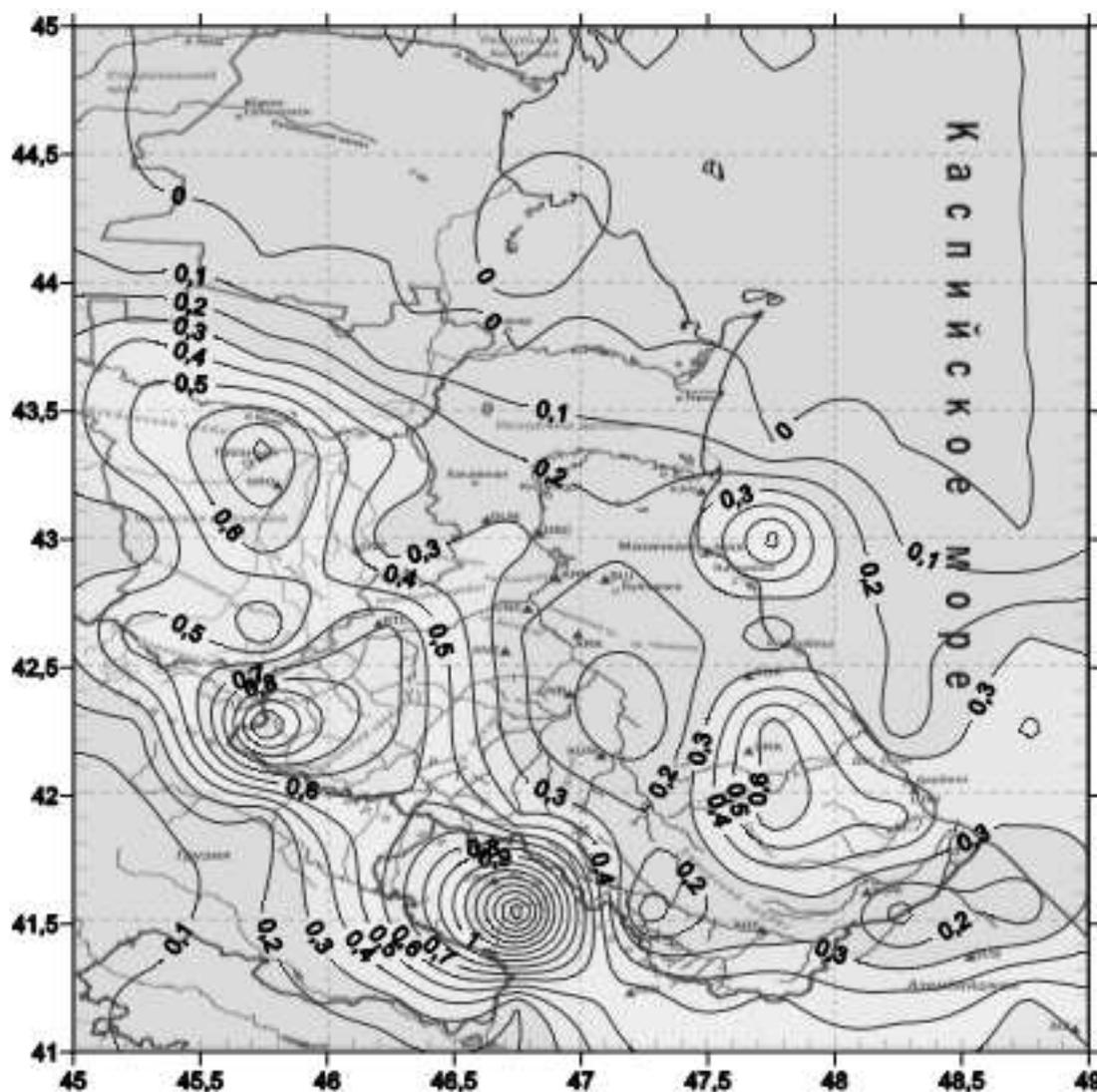


Рис. 3. Карта активности A_{10} за период 2010-2018 гг.

Среди основных параметров очага наибольший интерес представляет и глубина гипоцентра. Знание точного пространственного положения очагов позволяет выявлять их связи с особенностями глубинного строения земной коры. Общее распределение землетрясений по глубинам дано в таблице 3.

Таблица №3.

Распределение числа землетрясений по глубинам за 2010-2018гг. [1]

h, км	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56 и выше
N	626	1640	3043	2299	612	177	142	44	13	33	34	100

Построим вертикальный разрез по глубинам с широтой от 42° до 43° и долготой 46° - 47° . Длина разреза D составляет 150 км.

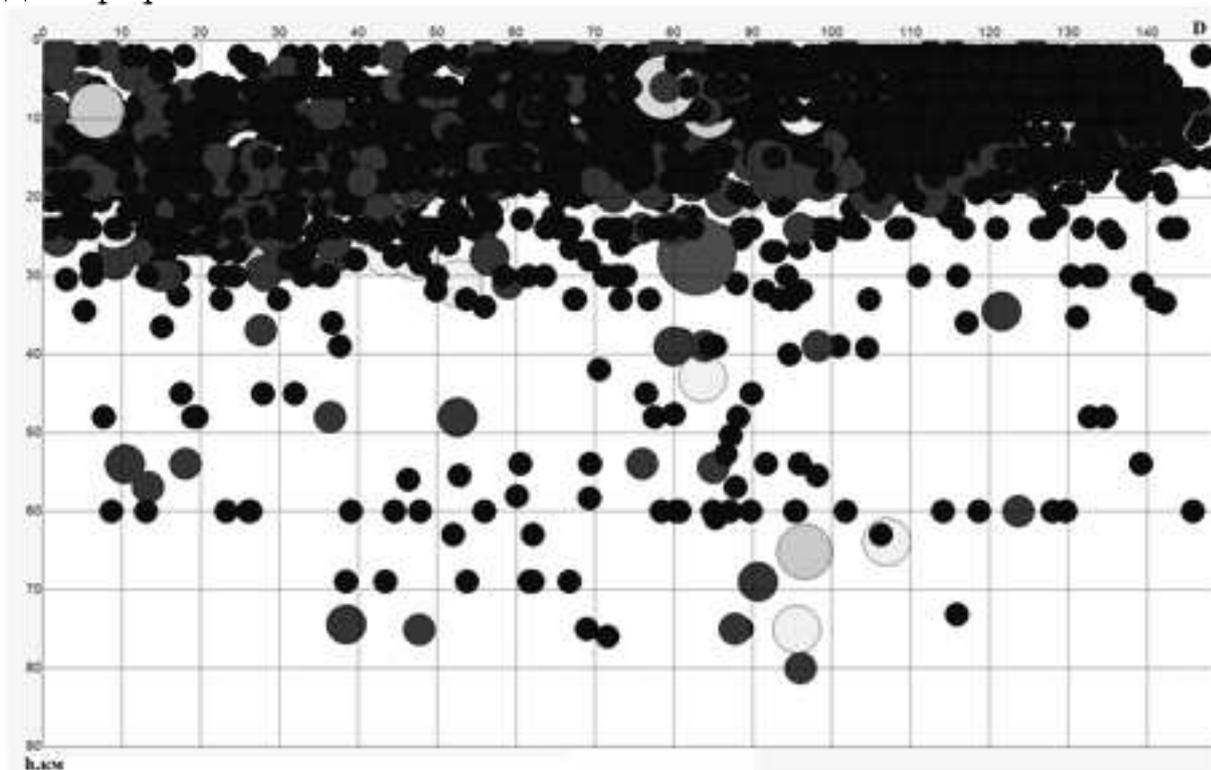


Рис. 4. Вертикальный разрез землетрясений с $K=7-14$ по глубине за период 2010-2018гг.

Рассматривая этот график распределения землетрясений по глубинам и учитывая таблицу 3 выделяем следующие интервалы глубин: первый интервал 5-20 км, где сфокусировано огромное количество землетрясений Дагестана с разными энергетическими классами, и второй 20-35 км, где наблюдается небольшая плотность распределения землетрясений в пределах этого интервала глубины. Характерно, что на расстоянии от 35 км и больше очаги землетрясений на разрезе по глубине очень редки. Для нахождения глубины землетрясений территории Дагестана применялся осреднённый Кавказский годограф. Исходя из этого, принимать представленное распределение землетрясений по глубинам надо с достаточной долей относительной ошибки. А для выявления более надёжных закономерностей необходимо, гораздо большая точность определения глубин очагов и один и тот же уровень представительности энергетического класса по всей рассматриваемой площади.

Создание физической модели сейсмического режима, самый короткий путь к решению проблемы прогноза землетрясений, и ряда других важнейших практических задач, стоящих перед сейсмологами. Все долгосрочные прогнозы относятся ко всей территории того или иного региона. Необходимы детальные исследования, в том числе и по определению местоположения потенциальных очагов землетрясений методом преимущественных межэпицентральных расстояний между очагами землетрясений одного и того же ранга. Уточнению местоположения

может способствовать слежение за миграцией сейсмической активизации, обусловленной прохождением деформационных волн вдоль соответствующих разломных структур [5-10].

Изучение современной сейсмогеодинамики в регионах, и самих сейсмических очагов, несомненно, внесет существенный вклад в развитие представлений о сейсмогенезе, а также в совершенствование сейсмогеодинамических моделей и методов прогнозирования землетрясений.

Литература

1. Архив Дагестанского филиала ГС РАН. – Махачкала: Фонды ДФ ГС РАН 2005-2015 годы.
2. Черкашин А.И., Сабанаев К.А., Гаврилов Ю.О., Панов Д.И. Тектоника Дагестана (объяснительная записка) //Труды ДНЦ РАН. Вып. 60. Отв. редактор Леонов Ю.Г.
3. Асманов О.А., Даниялов М.Г., Магомедов Х.Д. Проявления Закавказского землетрясения 7 мая 2012 года ($K_p=14,4$) на территории Дагестана. В сб.: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Седьмой Международной сейсмологической школы: - Обнинск. ГС РАН, 2012.с. 35-38.
4. Асманов О.А., Адиллов З.А., Магомедов Х.Д. Закавказское землетрясение 5 июня 2018 года с $K_p = 14$ (Азербайджан-Дагестан). В сб.: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Международной сейсмологической школы: - Обнинск. ФИЦ ЕГС РАН, 2019.с. 35-38.
5. Ризниченко Ю.В. Об изучении сейсмического режима. Изв. АН СССР. Сер. Геофизическая, 1958 г. № 9.
6. Организация инженерно-сейсмометрической службы в Республике Дагестан //Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 14. С. 25-37.
7. 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.
8. 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.
9. Мамаев С.А. Оценка статистической динамической модели здания и статистической модели сейсмического воздействия на основе инженерно-сейсмометрической информации /Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт комплексных проблем строительных конструкций и сооружений им. В.А.Кучеренко. Москва, 1991
10. 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 551.7

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-61-66

СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН

Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Мамаев А.С.

Институт геологии ДНЦ РАН

В статье кратко охарактеризованы основные проявления экзогенных процессов (ЭГП) на территории РД, их закономерности территориального распределения и статистика ЭГП за 2015г. Обосновано необходимость применения ГИС-технологий в прогнозировании ЭГП. Показаны состояние использования, перспективы и необходимость использования ГИС-технологий при прогнозировании ЭГП.

Ключевые слова: экзогенные геологические процессы, геоинформационные технологии, прогнозирование, оцифровка, картографирование.

MODERN APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES IN MONITORING EXOGENOUS PROCESSES IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN

Mamaev S.A., Suleymanov V.K., Mamaev A.S.

Institute of Geology, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences

The article briefly describes the main manifestations of EGP processes in the territory of RD, their patterns of territorial distribution and EGP statistics for 2015. The necessity of GIS technologies application in EGP forecasting is proved. The state of use, prospects and necessity of use of GIS-technologies at EGP forecasting are shown.

Keywords: exogenous geological processes, geoinformation technologies, forecasting, digitization, mapping.

Устойчивое и эффективное развитие общества зависит от степени его защищенности от опасных природных и техногенных процессов. В связи с резким изменением климата планеты, увеличивающейся антропогенной нагрузкой на геологическую среду актуализируются проблемы активизации экзогенных процессов.

Из-за сложности горно-геологических условий территория Дагестана характеризуется высокой степенью подверженности различного рода событиям, связанных с эндогенными и экзогенными процессами.

Проявления экзогенных геологических процессов (ЭГП) на территории Дагестана имеют широкое распространение и представлены различными генетическими типами и их комплексами:

гравитационный – оползни, обвалы, осыпи;

гидродинамический – просадочные, суффозионные и другие процессы.

Закономерности территориального распределения проявлений опасных геологических процессов предопределены расположением республики в пределах различных природно-климатических зон – от нивально-высокогорной до низменно-приморской равнины, сложным геоморфологическим строением рельефа, геолого-литологическим и структурно-тектоническим строением территории.

Высокую пораженность территории Республики экзогенными геологическими процессами обуславливают следующие факторы: сложный рельеф, особенности геологического строения, частые гидрометеорологические аномалии, высокая сейсмическая активность, неотектонические движения и интенсивное техногенное воздействие.

В региональном структурно-тектоническом плане Дагестан занимает восточную часть северного склона мегантиклинория Большого Кавказа и обрамляющие его краевые прогибы. Эти морфоструктуры на современном этапе переживают унаследованную неотектоническую активность. Разнонаправленные движения земной коры в горной и низменной областях региона, высокий сеймотектонический потенциал, нестабильный уровенный режим Каспийского моря,

многообразная и интенсивная инженерно-хозяйственная деятельность придают геологическим процессам и явлениям аномально контрастный и разрушительный характер.

Наибольшие материальные и социальные потери от воздействия ЭГП в Дагестане связаны с эрозионно-селевыми и оползневыми явлениями, а также с размывом и разрушением морских берегов.

Уровенный режим, штормовая активность и нагонные явления являются основными режимобразующими факторами, определяющими скорость абразии и аккумуляции, интенсивность процессов затопления и подтопления на низких землях побережья Каспийского моря.

Эти процессы представляют серьезную угрозу, оказывают прямое или косвенное воздействие на природную среду, экономику и социальное благополучие населения, а иногда их активизация приводит к человеческим жертвам и материальным потерям.

Согласно схемы инженерно-геологического районирования, учитывающей геоморфологическое и геологическое строение территории, а также высотно-климатическую зональность в пределах горной части республики выделены Высокогорная, Среднегорная и Предгорная инженерно-геологические области.

По данным 2015г. всего на территории горной части Республики Дагестан зарегистрировано 1256 проявлений ЭГП, в т. ч.: оползни 635, обвалы и осыпи – 547, подтопление – 61 и суффозия 13 [1].

Более 50% проявлений расположено в пределах Среднегорной области.

Экзогенным геологическим процессам подвержено около 400 н.п. республики, в т. ч. 2 города Махачкала и Буйнакс [1, 2].

Оползневые процессы распространены в Горной и Приморской части республики. В пределах Высокогорного, Среднегорного, Предгорного Дагестана и Приморско-Дагестанской области.

Суммарная площадь проявлений оползневых процессов составляет более 6,8 тыс.км².

Преобладающая часть проявлений относится к оползням структурного, структурно-пластического и пластического типа.

Из 635 выявленных оползней около половины из них являются крупными, с объемом от 1 до 50 млн.м³ и площадью в среднем от 0,03 до 5,0 км². Наиболее крупные оползневые проявления находятся в стабильном состоянии, а 15-20% в стадии периодической активизации. Значительное количество крупных оползней, будучи выведенных из равновесия при неблагоприятных условиях, таких как аномальные осадки, сейсмическая активность, интенсивное техногенное воздействие и др., может длительное время находиться в активном состоянии (стадия вторичных смещений). Это, в частности такие оползни, как Мискинджинский, Мочохский, Дарвагский, Буйнакский, гора Тарки-Тау и др. Общий коэффициент пораженности оползневыми проявлениями территории Горного Дагестана в пределах Предгорной, Среднегорной и Высокогорной областей составляет 11%. Оползневым процессам подвержено более 300 н.п. Наибольшее количество в Среднегорной области.

Обвально-осыпные процессы развиты в основном в Среднегорной области – в подобласти Песчано-сланцевого и Известнякового Дагестана, и Высокогорной области – в подобласти Бокового и Водораздельного хребтов.

В настоящее время широкое распространение имеют обвальные процессы объемом от первых десятков куб. м. до первых сотен тыс.куб. м.

Осыпные процессы распространены значительно шире, однако значительной угрозы они не представляют вследствие их медленного развития. Большинство зарегистрированных осыпных проявлений находятся в относительно стабильном состоянии и область их транзита небольшая, несколько десятков метров.

Основная часть активных обвально-осыпных проявлений наблюдается в откосах дорог при пересечении трещиноватых скальных массивов, где образовавшаяся крутизна откосов превышает угол их предельной устойчивости. Также обвально-осыпные процессы активизируются

в эскарповых зонах, где вертикальные скальные массивы подвержены выветриванию (температурное, физическое и т.д.), в основном в Высокогорной и Среднегорной областях. Суммарная площадь обвально-осыпных процессов составляет более 9 тыс.км², что соответствует пораженности территории 16,6%.

Воздействию обвально-осыпных процессов подвержено 95 н.п., большинство из которых расположено в Среднегорной области.

Процессы подтопления. Целенаправленное региональное изучение процессов подтопления в Дагестане не ведется. По результатам ранее проведенных работ, специального инженерно-геологического обследования территории и обследования населенных пунктов и объектов хозяйствования подтоплению подвержено более 40% территории Равнинного Дагестана (около 7000 км²) - более 300 сельских населенных пунктов и поселков городского типа.

Частично подтапливаются города Махачкала, Каспийск, Дербент и Кизляр.

В последние годы отмечается значительная активизация развития процессов подтопления в Горном и Предгорном Дагестане.

В Горном Дагестане подтапливаются и заболачиваются пониженные участки территорий селений, расположенных даже на крутых склонах и водораздельных возвышенностях, где эти процессы ранее не фиксировались. Это свидетельствует об изменении гидродинамического режима грунтовых и подземных вод в Горном и Предгорном Дагестане, обусловленным, по нашему мнению, неотектоническими процессами и активизацией оползневых подвижек.

Изменение гидродинамического режима грунтовых вод подтверждается тем фактом, что во многих селениях исчезли действующие родники и образовались новые, т.е. произошло нарушение путей разгрузки грунтовых и подземных вод.

В горной части Республики Дагестан зафиксировано 61 проявление процесса подтопления.

Суффозионные процессы распространены в пределах Высокогорного, Среднегорного, Предгорного Дагестана и Приморско-Дагестанской области.

Основным фактором активизации суффозионных процессов служат вымывание и выщелачивание суглинисто-глинистого заполнителя крупнообломочных четвертичных отложений в результате инфильтрации атмосферных осадков и капиллярных грунтовых вод. Развитие суффозионных процессов провоцирует активизацию просадочных и оползневых процессов, что приводит к деформации домостроений и коммуникаций в этих населенных пунктах. На основании результатов, полученных при проведении мониторинга ЭГП на территории РД в 2015г., можно сделать следующие выводы. Активность оползневых процессов зафиксировано в 3-х инженерно-геологических областях: в Предгорной, Среднегорной и Высокогорной. Их можно оценить, как низкая в Высокогорной и Среднегорной областях и средняя в Предгорной.

Обвально-осыпные процессы оцениваются как высокие в Высокогорной и Предгорной областях и средняя в Среднегорной.

В административном плане проявления ЭГП зафиксированы в Агульском, Ахвахском, Ахтынском, Буйнакском, Ботлихском, Гунибском, Дахадаевском, Докузпаринском, Казбековском, Кайтагском, Каякентском, Левашинском, Сулейман-Стальском, Табасаранском, Тляратинском, Унцукульском, Хунзахском, Чародинском, Цунтинском и Цумадинском районах и в городах Махачкала и Буйнакск.

Основным фактором активизации ЭГП на территории Республики остается метеорологический, в большинстве случаев интенсивность и форма выпадения осадков определила масштаб активизации.

При этом более 50% зарегистрированных активных ЭГП в 2015 г., приурочены к участкам техногенного воздействия на геологическую среду, где идет интенсивное освоение территории, связанное со строительством жилых домов, хозяйственных объектов ЛЭП, автодорог, газопроводов, водопроводов.

С учетом высокого риска возникновения чрезвычайных ситуаций от воздействия ЭГП на объекты экономики и представляемой угрозы населению, мониторинг и прогнозирование развития опасных природных процессов становится необходимостью.

Содержание мониторинга ЭГП составляют результаты целенаправленных, регулярных наблюдений за количественными и качественными параметрами развития экзогенных геологических процессов, факторами их развития и воздействием ЭГП на населенные пункты и объекты хозяйствования [3].

В этой связи становится актуальной и необходимой разработка геоинформационных технологий исследования экзогенных процессов, представленной автоматизированной, постоянно функционирующей системой геоинформационного мониторинга этих процессов, способной оценить в реальном масштабе времени степень опасности, спрогнозировать возникновение опасных тенденций, заблаговременно оповестить, и по возможности предупредить негативные явления.

В этом направлении в Институте геологии в последнее время начали уделять большое внимание изучению, закономерностям распределения и развитию экзогенных проявлений. Сотрудниками института опубликованы статьи, посвященные опасным природным и техногенным геологическим процессам на горных и предгорных территориях Северного Кавказа [4-15]. Проработана теория моделирования таких процессов. Необходимо решение практических задач, связанных с опасными геологическими процессами, причинами возникновения, возможностями прогноза и обеспечение безопасного проживания населения Республики Дагестан.

Для решения данных задач следует организовать систематические наблюдения за опасными участками, находящимися вблизи поселений, автодорог и других потенциально опасных объектов, создав интегрированную сеть с использованием современных технологий наблюдения, с передачей данных по эфиру с использованием космоснимков и их обработку.

Анализ космоснимков и полевых данных позволят предварительно оценить перспективы развития существующих тенденций опасных геологических процессов на определенный период времени и определение на этой основе вероятных состояний и тенденций развития опасных объектов, которые из спящего состояния могут активизироваться при воздействии различных природных и антропогенных факторов, особенно при воздействии сейсмического события.

Таким образом, необходимо проведение огромной работы с привлечением современных ГИС-технологий, что позволит сформировать банк данных и на их основе получить оцифрованные карты инженерно-геологического районирования Дагестана с выделением мест с опасными геологическими процессами (как древних оползней, так и современных). Все это снимет многие вопросы по освоению территорий в нашем достаточно сложном регионе.

В Институте геологии 2002 году организован ГИС-центр и приобретен в компании Esri программный продукт ArcGIS (передовое полнофункциональное программное обеспечение для картографии и аналитики). Геоинформационная система (ГИС) - многофункциональная информационная система, предназначена для сбора, обработки, моделирования и анализа пространственных данных, их отображения и использования при решении расчетных задач, подготовке и принятии решений, основное назначение которого заключается в формировании знаний об отдельных территориях, местности, а также своевременном доведении необходимых и достаточных пространственных данных до пользователей с целью достижения наибольшей эффективности их работы [15-17].

Геоинформационные технологии в совокупности с инструментами геостатистики обеспечат изучение динамики геосистем в изменяющихся условиях различного характера.

Успешное решение задачи разработки технологии геоинформационного исследования экзогенных процессов основывается на выявлении комплекса взаимосвязанных проблем:

- инженерно-геологических (исследование свойств грунтов, строения грунтового массива и характера влияния на них различных природных и техногенных факторов);

- технологических (обеспечение системного построения геоинформационной системы мониторинга);
- технических (выбор средств геоинформационной системы мониторинга объекта исследования, организации каналов связи, вычислительных средств);
- информационных (хранение, отображение и использование полученной информации для анализа, прогноза и управления оползневой ситуацией);
- математических (построение и использование моделей исследуемых процессов и процедур принятия решений) и других.

Современный уровень развития дистанционных методов изучения, а также программных комплексов цифровой обработки полученных данных, выдвигает на первый план проблему создания технологий эффективного использования получаемой пространственной информации при решении широкого спектра прикладных задач.

Для принятия эффективных мер по снижению рисков необходима не только количественная оценка негативного воздействия на окружающую среду, но и качественная с последующей визуализацией полученных результатов мониторинга в наглядной и доступной форме. Наиболее удобными и мощными инструментами для обработки данных, имеющими как пространственную, так и семантическую привязку, являются различные геоинформационные системы (ГИС).

В общем виде роль ГИС-технологий в исследованиях экзогенных процессов, как нам видится, должна сводиться к синтезу знаний о рельефе, климате и предшествующих событиях, с целью определения возможности их проявления. Для этого в среде ГИС оцифровываются уже готовые карты или создаются новые проекты. ГИС-технологии можно использовать для моделирования этих процессов и явлений, определяющих условия их возникновения и система мониторинга и прогнозирования экзогенных процессов должна быть направлена на максимально-точный и оперативный прогноз для требуемых условий. Для того, чтобы прогноз был наиболее точным специалистам, работающим с геоинформационными системами необходим постоянный сбор данных для построения цифровой модели рельефа участка, на котором ожидается проявление опасного процесса; построение трехмерных плоскостей; построение зоны поражения на цифровой карте в виде площадного объекта.

Анализ использования ГИС-технологий в республике показал крайне низкий уровень их применения, что в свою очередь влияет на качество принимаемых решений и прогнозирования событий, связанных с экзогенными процессами.

Исходя из высокого риска возникновения чрезвычайных ситуаций от воздействия ЭГП на объекты экономики и представляемой угрозы населению, становится актуальным и необходимым вести мониторинговые наблюдения за геологической средой на основе современных ГИС технологий.

Таким образом, выявление пространственно-временных закономерностей и территориально-временных изменений активности ЭГП, а также разработка методов расчета количественных характеристик являются необходимым условием успешного решения вопросов, связанных с освоением территории республики, и представляют в целом проблему народнохозяйственного значения.

Заключение

Применение современных ГИС-технологий позволяет существенно сократить время сбора, обработки, анализа и распространения данных, тем самым повышая качество предоставляемых данных для выполнения задач мониторинга опасных объектов и территорий.

На основе имеющейся информации ГИС позволяют осуществлять моделирование различных типов и видов ЧС.

Интегрированная разнородная информация позволяет повысить точность прогнозирования временных и координатных характеристик предполагаемых воздействий, а также оценить возможные масштабы и последствия.

Литература

1. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Республики Дагестан за 2015 год, выпуск №18, 2016г. Махачкала, стр. 118.
2. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Республики Дагестан за 2011 г. Махачкала. 2012. Вып. 15. 187 с.
3. Зеркаль О.В., Антипина И.С., Терешков Н.Ю. Основные подходы к применению ГИС-технологий при ведении мониторинга экзогенных геологических процессов // Записки Горного института. Т.153. С.64-66. <http://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/4227>.
4. Мамаев С.А., Идрисов И.А., Черкашин В.И. Опасные геологические процессы в районах активной экзогенной геодинамики (На примере оползневого участка с. Бацада). Геология и полезные ископаемые Кавказа. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 57. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2011. С. 234-240.
5. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Магомедов Р.А. Оползневые процессы в Дагестане в 21 веке. //Геология и ресурсы Дагестана. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск №64. Махачкала, 2015. С.155-160.
6. Идрисов И.А. Особенности распространения опасных геологических процессов в долине р. Чирахчай //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 55. Махачкала. 2011. С.212-215.
7. Идрисов И.А. Запрудные (оползневые) озера Восточного Кавказа //Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. №2. 2014. С.96-101.
8. Идрисов И.А., Черкашин В.И., Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Исаева Н.А. Особенности распространения крупных оползней на Восточном Кавказе //Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Труды международной конференции. Владикавказ, 2014. С.197-203.
9. Юсупов А.Р., Крамынин П.И., Тагиров Н.Т. Состояние и перспективы мониторинга оползневых процессов в южном и центральном Дагестане// Геодинамика и сейсмичность В. Кавказа. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Вып. 43. Махачкала. 2002 г. С.226-227.
10. Магомедов Р.А. Результаты наблюдений за динамикой оползневого массива в районе Чиркейской ГЭС //Труды Института геологии ДНЦ РАН № 55. 2014. С.31-34.
11. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Особенности распространения и развития крупных оползней Дагестана. Труды института геологии дагестанского научного центра ран. 2013. № 62. С. 96-100.
12. Мамаев С.А. Оценка статистической динамической модели здания и статистической модели сейсмического воздействия на основе инженерно-сейсмометрической информации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт комплексных проблем строительных конструкций и сооружений им. В.А.Кучеренко. Москва, 1991. 144 с.
13. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Разработка трехмерных компьютерных моделей геологических объектов //Ресурсы подземных вод Юга России и меры по их рациональному использованию, охране и воспроизводству. Труды института геологии дагестанского научного центра ран. 2009. № 55. С. 73-75.
14. Васьков И.М., Юсупов А.Р. Обвалы и оползни в горных долинах //Геология и ресурсы Кавказа. Журнал Труды Института геологии ДНЦ РАН. № 1 (68), 2017 г. С 34-42
15. Мамаев С.А., Васьков И.М., Юсупов А.Р., Мамаев А.С. Опасные геологические процессы и перспективы их прогноза в Дагестане //Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. № 1 (72), 2018 г. С.71-75.
16. Мамаев С.А., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш., Ибаев Ж.Г. О принципах математического моделирования гидрогеологических объектов на территории Республики Дагестан В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции. 2017. С. 383-392.
17. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Моделирование в геологии на основе картографирования Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 159-162.

УДК 552.02

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-67-75

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
НА ПЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ РАССЛОЕНИЕ И ГРАДИЕНТ СКОРОСТЕЙ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В МАНТИИ ЗЕМЛИ

Алиева А.В., Левкович Р.А.
Единая геофизическая служба РАН

В настоящей статье анализируется влияние петрологического расслоения верхней мантии Земли, минерального состава, пористости и метаморфизма горных пород на изменение скорости и физических особенностей распространения сейсмических волн.

Ключевые слова: минеральный состав, скорость упругой волны, метаморфические породы

THE INFLUENCE OF THERMODYNAMIC PROCESSES
ON THE PETROLOGICAL STRATIFICATION AND THE VELOCITY GRADIENT
OF SEISMIC WAVES IN THE EARTH'S MANTLE

Asmanov O.A., Levkovich R.A.
Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences

This article analyzes the effect of the petrological stratification of the Earth's upper mantle, mineral composition, porosity and metamorphism of rocks on changes in the speed and physical features of seismic wave propagation.

Keywords: mineral composition, elastic wave velocity, metamorphic rocks

Минералообразование в неорганической природе, определяется законами физической химии и термодинамики. Каждый тип минералов может существовать в природе лишь при определенных физических условиях, из которых главнейшее значение имеет температура и давление. При изменении этих условий минерал либо разрушается, либо перекристаллизовывается.

Для решения многих проблем в геофизике, геохимии, горном деле и других областях наук о Земле необходимо знание физических свойств горных пород в различных интервалах высоких давлений и температур.

Если при рассмотрении физических процессов в недрах Земли (при сжатии или расширении) исключить приповерхностный тепловой обмен, то мы получим адиабатический процесс, т.е. отсутствие теплообмена с окружающей средой. В реальных условиях процесс является адиабатным, если система снабжена хорошей теплоизоляцией или, если процесс протекает быстро и не происходит заметного теплообмена с внешней средой. Используем уравнение Пуассона (уравнения адиабаты) Пуассона:

$$pV^\gamma = \text{const.}, \quad (1)$$

где γ - показатель адиабаты;

$$\gamma = C_p/C_v,$$

где C_p – молярная изобарная теплоемкость,

C_v – молярная изохорная теплоемкость.

Данное уравнение, в сравнении с законом Бойля-Мариотта ($pV=\text{const}$) показывает, что при адиабатическом сжатии давление возрастает резче, чем при изотермическом, так как γ всегда больше 1.

Скорость продольных (упругих) волн в твердой среде, испытывающей деформации, можно вычислить, следуя закону Гука и выражая второй закон Ньютона в импульсной форме:

$$C_B = \sqrt{E/\rho},$$

где ρ - плотность материала, E –модуль Юнга.

То есть, чем более жесткий материал (чем больше модуль Юнга) и, чем легче этот материал (чем меньше плотность), тем больше скорость упругой волны.

При исследовании жидких и газообразных сред порового пространства горных пород, вместо модуля Юнга используют модуль всестороннего сжатия K .

$$C_B = \sqrt{K/\rho},$$

где $K = -(dp/dV) \cdot V$

продифференцировав уравнение по объему (1), получим

$$dp/dV = -\gamma \cdot \text{const} \cdot (1/V^{\gamma+1}), \text{ откуда } K = \gamma \cdot p.$$

При этом, из уравнения Клайперона-Менделеева: $P = (\rho RT)/M$

Следовательно,

$$C_B = \sqrt{K/\rho} = \sqrt{(\gamma RT)/M} \quad (2)$$

Исходя из формулы (2), с ростом температуры скорость звуковой (продольной упругой) волны увеличивается, и $C \sim \sqrt{T}$.

Это связано с тем, что с ростом температуры плотность газа уменьшается, т.к. газы расширяются, но скорость взаимодействия молекул возрастает. Для твердых тел скорость распространения звуковой волны определяется силой взаимодействия частиц среды. При столкновениях, при высокой температуре тепловое движение молекул усиливается и они чаще сталкиваются друг с другом. Упругие свойства газа возрастают. Поэтому скорость звука растет с ростом температуры.

В твердых телах между атомами действуют электромагнитные силы. Это более жесткая связь, и, следовательно, более упругая среда. Колебания одного атома сразу передаются всем остальным, в отличие от газов, где одновременно могут провзаимодействовать приблизительно только две молекулы.

Как известно, коэффициент Пуассона среды – характеристика состояния среды, также определяется по соотношению v_p/v_s согласно выражению:

$$\sigma = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{v_p}{v_s} \right)^2 - 1} \right], \quad (2)$$

где σ – коэффициент Пуассона среды; v_p/v_s – скорости продольной и поперечной волны, соответственно. Диапазон изменения коэффициента Пуассона от 0 до 0.5 охватывает весь возможный спектр состояний среды.

На рис. 1 показан график изменения соотношения скоростей продольных и поперечных волн (v_p/v_s) с глубиной для территории Дагестана и прилегающих районов, из которого видно, что среднее значение v_p/v_s увеличивается от значения 1.7 на глубине 3 км до значения 1.83 на глубине 50 км с коэффициентом возрастания 0.0029. Наблюдается резкое уменьшение разброса v_p/v_s относительно среднего значения в интервале глубин от 13 км до 17 км.

Подобное же поведение наблюдается для коэффициента Пуассона, который возрастает от значения 0,23 на глубине 3км и возрастает до значения 0,29 на глубине 50 км с коэффициентом возрастания 0,0012.

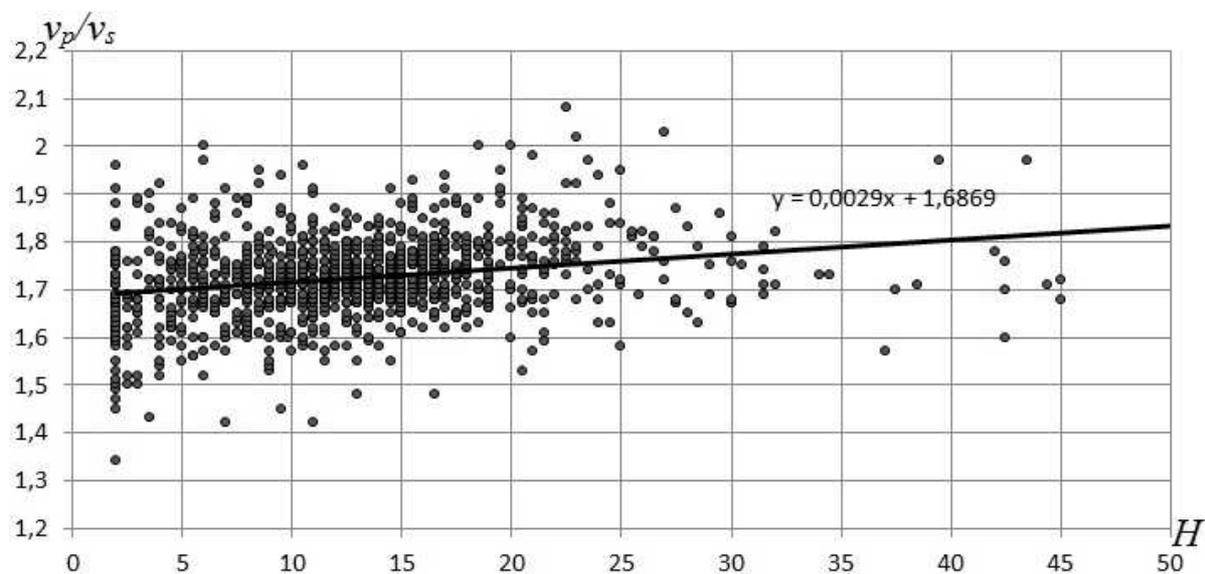


Рис. 1. Изменение соотношения скоростей продольных и поперечных волн с глубиной [1]

Согласно модели расслоения верхней мантии, предложенной Тибором Гаспариком [6], следует рассматривать следующие зоны:

- 0-70 км – кора;
- 70-300 км – верхняя мантия, представленная перидотитами;
- 300-400 км – антикора, представленная пироксенитами;
- 400-660 км – переходная зона, представленная гранатитами (Grt);
- 660-880 км – нижняя мантия, представленная перовскититами.

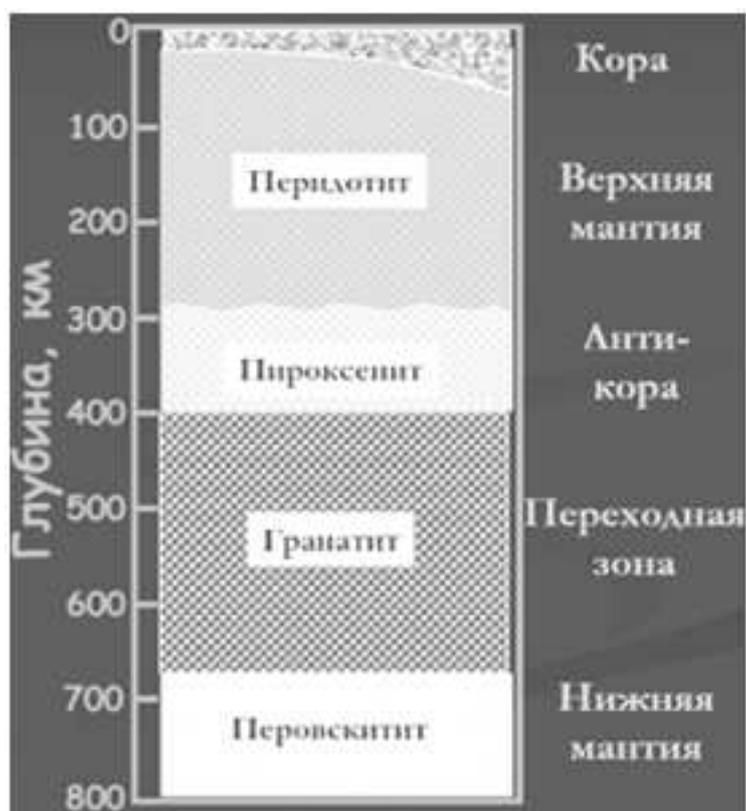


Рис. 2. Модель расслоения мантии Земли [6]

Так, преобладающим материалом верхней мантии являются ультраосновные ассоциации Оливин + Ортопироксен + Клинопироксен + Гранат ($Ol+Orx+Crx+Grt$) (шпинелиды (SpI), плагиоклаз(Pl)). Вариации составов этих ассоциаций определяются интенсивностью и объемом выплавления и экстракции базальтовых расплавов. Таким образом, стратификация является результатом фракционной кристаллизации первичного магматического океана Земли. В свою очередь, фракционирование оливина (Ol) при относительно низких давлениях посредством его всплытия обуславливает обогащение этой фазой верхов мантии, 150-30 км. Кристаллизация гранатов (Grt) при более высоких давлениях приводит к формированию гранатитового слоя в переходной зоне. Окончательное остывание магматического океана ведет к образованию обогащенного пироксенитового (Px) слоя, обогащенного Na , Fe , K , летучими компонентами на глубинах 300-400 км.

Алфредом Рингвудом установлена зависимость плотности пород от глубины залегания (рис.3), показаны границы фазовых переходов, и относительное распределение минералов [5, 6].

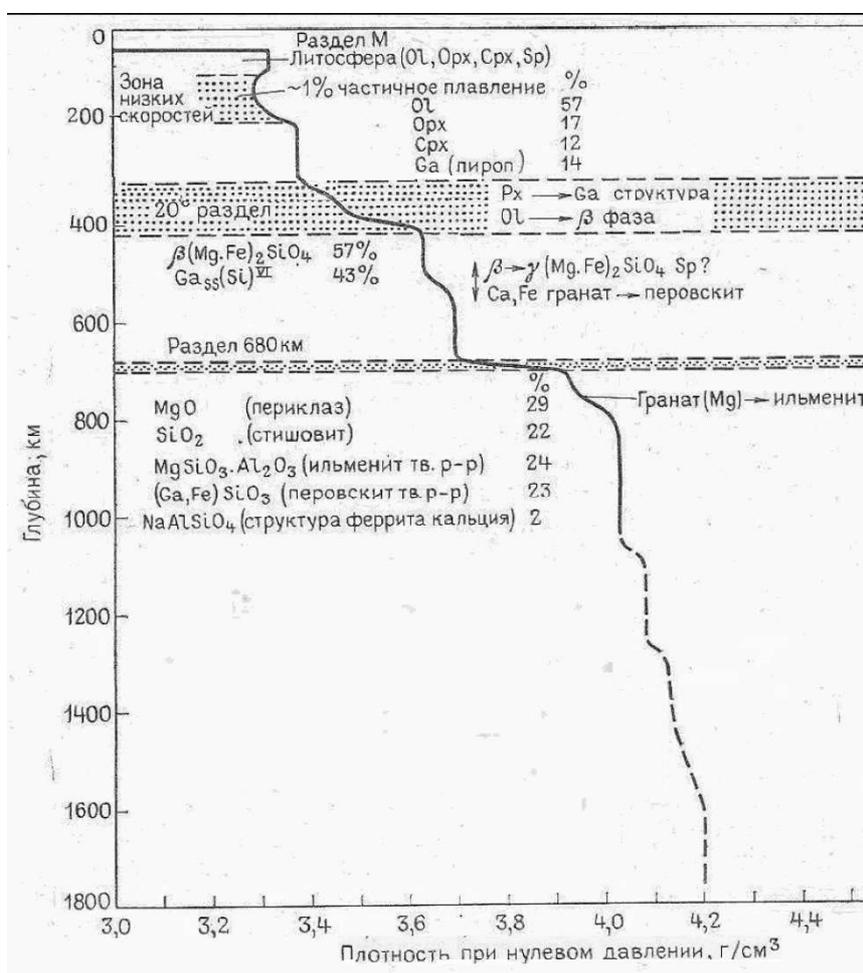


Рис. 3. Зависимость плотности породы от глубины залегания.

При исследовании расслоения мантийного вещества следует учитывать температурный градиент в наружных слоях Земли. Влияние на петрологический состав пород не равно нулю горизонтального (термического) градиента температуры абсолютно не устойчиво, и может реализовываться лишь в наружных слоях Земли, т.к. текучесть вещества земных недр способна снять горизонтальные неоднородности температур на достаточно больших глубинах. Экспери-

ментально установлено [3], что при амплитудах $T_n \sim 10^\circ \text{C}$ в наружном слое ~ 200 км, фиксируется гравитационная аномалия ~ 10 мгл.

В реальных условиях одним из главных факторов, определяющим физические особенности распространения волн, является минеральный состав горных пород [2]. В соответствии с минеральным составом породы разделяются на группы и типы. Каждая группа пород при этом характеризуется своими плотностями, скоростями упругих волн. При атмосферном давлении для каждой группы пород наблюдается довольно большой разброс значений упругих характеристик, особенно для скорости упругих волн, но при высоких давлениях разделение довольно четкое (рис.4).

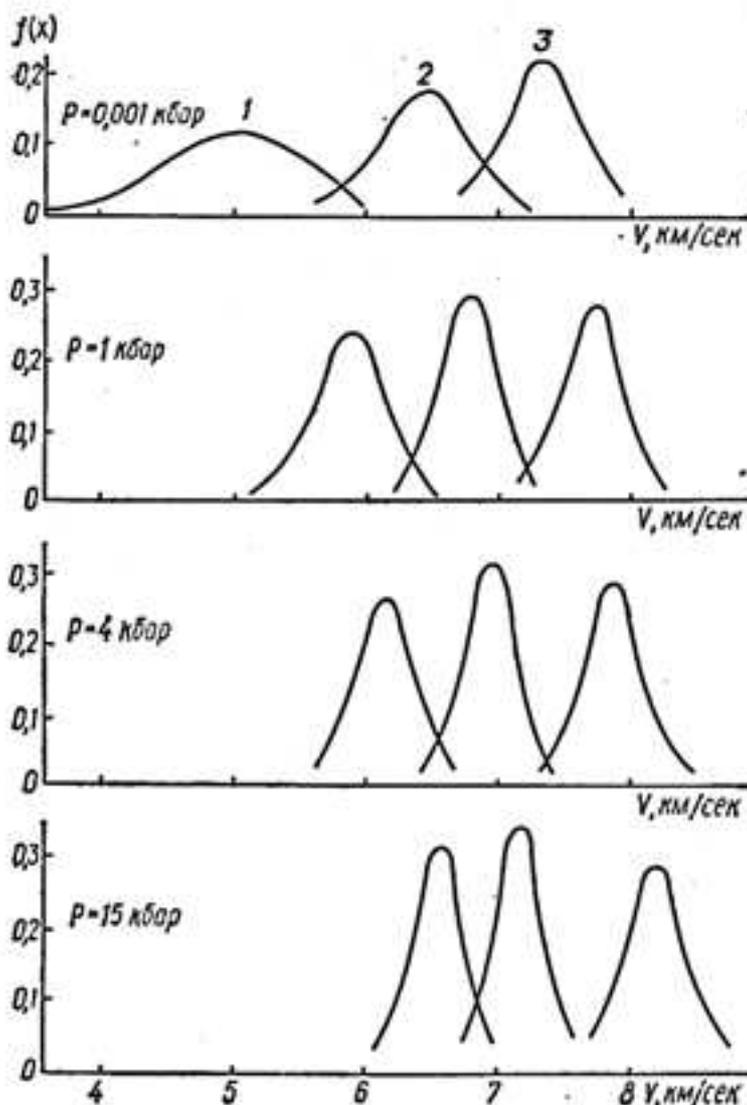


Рис. 4. Распределение плотности вероятности значений скорости продольных волн при различных давлениях: 1 – граниты, 2 – габбро, 3 – перидотиты и пироксениты [2].

С увеличением давления увеличивается средняя скорость продольных волн для каждого типа пород (кривые смещаются вправо), при этом дисперсия уменьшается. Метаморфические породы слабо различаются по минеральному составу и характеризуются высокой анизотропией упругих параметров, связанной с текстурой пород. В связи с этим кривые распределения плотности вероятности для скоростей в гнейсах, сланцах и амфиболитах плохо разделяются даже при давлении в 4 кбар (рис.5).

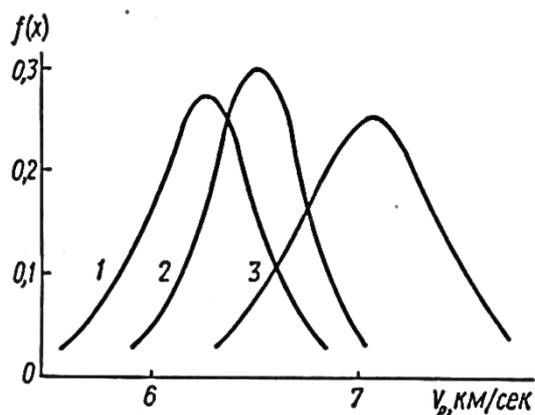


Рис. 5. Графики плотности вероятности значений скорости продольных волн при давлении 4 кбар: 1 – гнейсы, 2 – кристаллические сланцы, 3 – амфиболиты [2].

Так, в 1952 году Гарвардский профессор Френсис Берч (Francis Birch) показал, что гипотеза химически дифференцированной мантии не может быть согласована с геофизическими наблюдениями, и сформулировал представление о фазовых переходах в веществе мантии Земли при высоких давлениях [4]. В частности, Ф.Берч предполагал возможность существования при высоких давлениях плотной фазы кремнезема с координационным числом кремния по отношению к кислороду равном шести. Год спустя Лоринг Коэс (Loring Coes) получил под давлением новую фазу кремнезема с плотностью 3.01 г/см^3 (на 14% плотнее кварца), однако анализ её кристаллической структуры показал, что несмотря на значительное возрастание плотности, координационным полиэдром кремния остается тетраэдр. Более того, изменение плотности и упругих свойств кремнезема при этом превращении оказалось недостаточным для объяснения свойств земных глубин. Таким образом, возникла своего рода “тупиковая” ситуация, нашедшая своё разрешение только в 1961 г. в результате открытия сверхплотного кремнезема, что окончательно определило направление геофизической мысли. Экспериментальные результаты о синтезе при высоком давлении новой модификации кремнезема – стишовита, с плотностью 4.35 г/см^3 , что на 60 % плотнее фазы кварца, опубликованы С.М. Стишовым и С.В. Поповой в журнале *Геохимия* №10 в 1961 году.

В настоящее время можно считать доказанным, что основные особенности переходного слоя мантии Земли связаны с фазовыми переходами в силикатах под воздействием высоких давлений и температур на больших глубинах. Именно последовательные превращения (распад сложных окислов и синтез новых структур), в результате которых происходит образование плотных фаз, в которых кремний занимает октаэдрические пустоты в кислородной плотнейшей упаковке, приводят к наблюдаемым аномалиям градиентов скоростей продольных и поперечных сейсмических волн. Очевидно, что значительные объемные изменения при таких превращениях должны приводить к росту напряжений в веществе мантии Земли, и это, по-видимому, объясняет природу глубокофокусных землетрясений.

В эффузивных (вулканических) породах – липаритах, дацитах, андезитах, базальтах также обнаружено повышение скорости от более кислых к более основным (от $\text{SiO}_2 > 75\%$ (пегматиты) к SiO_2 от 40 до 52% (габбро, базальт)). В данном случае характер зависимости скорости от давления зависит от содержания стекла в эффузивах [2].

На изменение упругих характеристик горных пород под давлением большое влияние оказывает пористость. От величины пористости и конфигурации пор зависит степень увеличения скорости упругих волн при повышении давления. Основными являются два вида пор: объемные, имеющие размеры в разных направлениях одного порядка, и щелевидные поры, или

микротрещины, у которых размер в одном направлении на два-три порядка больше, чем в других. Наличие этих двух видов пористости обуславливает типичные графики скорости упругих волн в функции давления $V=f(P)$ для горных пород (рис.5). В интервале давлений от атмосферного до 1-2 кбар скорость возрастает на значительную величину; при более высоких давлениях рост скорости идет намного медленнее. Первая часть кривых $V=f(P)$ объясняется закрытием в породах в основном щелевидных пор, а минералы, составляющие породу, приобретают свойства сплошной упругой среды, что сопровождается резким возрастанием в этой области давлений скоростей упругих волн, поскольку сильно увеличивается акустическая проводимость породы. Во второй области кривых $V=f(P)$ продолжается уменьшение величины объемной пористости. Однако этот вид пор обладает большей устойчивостью, поэтому и повышение скорости с давлением происходит менее интенсивно.

Объемные поры с тем или иным наполнителем (газ, жидкость) можно считать одним из компонентов породы с низким значением скорости. В связи с этим горные породы с большой объемной пористостью даже при высоких давлениях характеризуются пониженными скоростями упругих волн (вулканические лавы и гипербазитовые ксенолиты вулканов Камчатки).

Еще одним фактором, характеризующим физико-химические свойства горных пород, является метаморфизм. Метаморфизм проявляется в изменении как минерального (часто химического) состава горных пород, так и их структуры. Процессы метаморфизма горных пород происходят за счет перекристаллизации и деформации пород и определяются внешними условиями, температурой, давлением (всесторонним и ориентированным), а также химическим воздействием растворов и газов. Так различают два типа метаморфизма: контактовый (локальный), пирометаморфизм и динамометаморфизм. В случае контактового метаморфизма горные породы претерпевают изменения под воздействием внедрившейся расплавленной магмы. Если преобразование пород происходит исключительно под действием высокой температуры, что возможно в известной близости к магматическим очагам, процесс носит название пирометаморфизма. При динамометаморфизме изменение горных пород происходит под действием высокого давления, которое возникает при процессах горообразования или же в силу давления толщ вышележащих горных пород.

Действие этого типа метаморфизма приурочено к глубинам 6-8 км, составляющим пояс метаморфизации. В пределах этого пояса с глубиной возрастает давление, достигая на глубине 10 км 2800 атм. Также с глубиной возрастает температура, достигая на глубине 35 км 350-400 °С.

Упругие характеристики и плотность в метаморфических породах часто выше, чем в исходных породах близкого состава. Породы имеют в большинстве случаев ярко выраженную кристаллическую структуру. Так гнейсы и мигматиты характеризуются более высокими скоростями упругих волн, чем граниты. При контактовом магматизме известняков образуются кальцитовые мраморы с более крупными зернами кальцита. Такое изменение структуры приводит к повышению скорости упругих волн и плотности.

В эклогитах (кристаллические метаморфические горные породы) разной степени метаморфизма измерялись скорости продольных волн и декремент объема при давлении до 17 кбар [2]. В соответствии со степенью метаморфизма изучаемые породы разделены на группы: 1 – измененные в обстановке экголитовые фации; 2 – глаукофанитизированные и мусковитизированные; 3 – затронутые зеленокаменными изменениями. Эклогиты всех групп характеризуются высокими скоростями упругих волн, но самые высокие значения наблюдаются у пород первой группы с наибольшей степенью метаморфизма. Для глаукофанитизированных и мусковитизированных эклогитов обнаружена большая анизотропия скорости и в связи с этим широкий диапазон скоростей в зависимости от давления.

Методические исследования влияния высоких температур на скорость упругих волн в горных породах позволяют дать рекомендации в отношении проведения таких опытов. Прежде чем нагревать образцы горных пород, следует повысить давление. Нагревание до 300 °С требу-

ет повышения давления на 3—7 кбар в зависимости от типа пород. Нагревание до более высокой температуры даже в этих условиях приводит к резкому и необратимому понижению скорости упругих волн под действием термоупругих напряжений, вероятно, вызывающих разрушение породы. Если соответствие между температурой и давлением соблюдается, то при 4 кбар получается почти линейная зависимость скорости продольных волн от температуры (рис. 6) [4]. Представление об изменении скорости продольных волн с увеличением давления при разных постоянных температурах дают изотермические зависимости для образцов амфиболизированного габбро и известняка (рис. 7) [4].

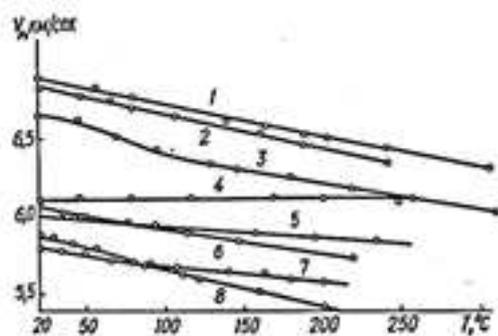


Рис. 6. Зависимости скоростей продольных волн от температуры при давлении 4 кбар:
1, 2 — диабазы; 3 — известняк;
4 — плавный кварц;
5 — кристаллический кварц;
6, 7 — граниты; 8 — серпентинит

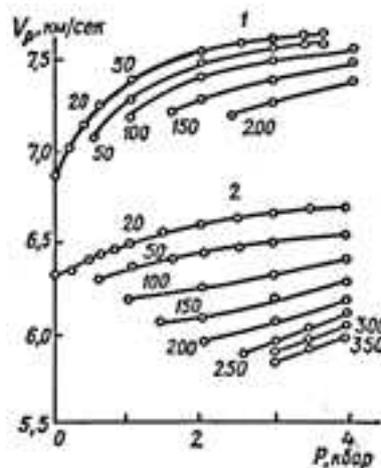


Рис. 7. Изотермические кривые зависимости скорости продольных волн от давления:
1 — габбро, 2 — известняк.
Цифры над кривыми — температура в °С.

Как известно, наибольшие изменения скорости продольных волн наблюдаются в горных породах при комнатной температуре и давлениях до 1—2 кбар. С повышением температуры область наибольшего изменения скорости перемещается в сторону больших давлений. Скорость упругих волн в горных породах резко понижается, как только температура превышает 100 °С. После охлаждения до комнатной температуры первоначальные значения скоростей не восстанавливаются. Это объясняется растрескиванием и разрыхлением структуры породы при нагревании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сейсмологические измерения указывают на то, что и внутреннее (твердое) и внешнее (жидкое) ядра Земли характеризуются меньшей плотностью по сравнению со значением, получаемым на основе модели ядра, состоящего только из металлического железа при тех же физико-химических параметрах. Это уменьшение плотности большинство исследователей связывают с присутствием в ядре таких элементов, как Si, O, S и даже H, образующих сплавы с железом. Присутствие водорода в ядре долгое время вызывало дискуссию из-за его низкой растворимости в железе при атмосферном давлении. Однако эксперименты (данные Дж. Бэдинга, Х. Мао и Р. Хэмли (1992)) позволили установить, что гидрид железа FeH может сформироваться при высоких температурах и давлениях и оказывается устойчив при давлениях, превышающих 62 ГПа, что соответствует глубинам ~1600 км [7]. В этой связи присутствие значительных ко-

личеств (до 40 мол. %) водорода в ядре вполне допустимо и снижает его плотность до значений, согласующихся с данными сейсмологии.

Влияние распределения температур на петрологический состав пород может реализовываться лишь в наружных слоях Земли, т.к. текучесть вещества земных недр способна снять горизонтальные неоднородности температур на достаточно больших глубинах. Относительная твердость мантии объясняется термодинамикой глубинных процессов: при погружении на глубину по квадратичному закону возрастает и температура плавления.

Образование минералов под воздействием высоких динамических давлений и температур позволяет диагностировать происхождение кратероподобных геологических структур, оценить частоту падения крупных метеоритов, выяснить роль этих событий в истории нашей планеты.

Для предсказания скоростей упругих волн на больших глубинах важно знать влияние температуры, давления и ограниченности объема на упругие свойства горных пород, скорость кристаллизации и изменение химико-минералогических свойств пород.

Литература

1. Адилов З.А., Ашурбеков З.И., Исаев М.А., Павличенко И.Н. Отношение скоростей продольных и поперечных волн в роли кинематического предвестника землетрясения //Глубинное строение, минерагения, современная геодинамика и сейсмичность Вос-точно-Европейской платформы и сопредельных регионов. Материалы XX Всероссийской конференции с международным участием. – Воронеж, 2016. – С. 30–34.
2. Воларович М. П., Шпиллер Х. Исследования физических свойств минерального вещества Земли при высоких термодинамических параметрах. Изд-во. «Наукова думка». Киев, 1977 г.
3. Жарков В. Н. Твердые тела в условиях давлений и температур земных недр. Изд-во «Наука». Москва, 1964 г.
4. Материалы Института физики высоких давлений РАН Л. Ф. Верещагина.
5. Рингвуд А. Е. "Состав и петрология мантии Земли". Пер. с англ. М., Недра, 1981. 584 с. - Пер. изд.: США, 1975.
6. Сафонов О.Г. Сейсмические разделы в мантии Земли и их петрологическая интерпретация. 7-я Международная школа по наукам о Земле.
7. Дж. Бэддинг, Р. Хенлей, Х. Мао. Химия водорода под давлением в металлах: изучение гидрида железа. Наука, 253. 1991. С. 421-424.

УДК 552.02

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-76-80

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ДАГЕСТАНЕ

Асманов О.А., Левкович Р.А.

Единая геофизическая служба РАН

Рассмотрено становление и развитие сети сейсмических наблюдений за последние 65 лет (1951-2016 гг). Описано состояние современной сети и развития и модернизации наблюдательной сети с целью повышения информативности ДФ ГС РАН.

Ключевые слова: сеть сейсмостанций, инструментальные наблюдения, энергетический класс.

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF INSTRUMENTAL OBSERVATIONS IN DAGESTAN

Asmanov O.A., Levkovich R.A.

Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences

The formation and development of a network of seismic observations over the past 65 years (1951-2016) is considered. The state of the modern network and the development and modernization of the observational network are described in order to increase of informational content of Dagestan branch Geophysical Service Russian Academy of Sciences.

Keywords: network of seismic stations, instrumental observations, energy class.

История непрерывных инструментальных сейсмологических наблюдений в Дагестане начинается с сейсмической станции «Махачкала» [7]. В 2001 г. эта сейсмостанция отметила пятидесятилетний юбилей. Отметим, что с 1902г. по 1909г. в различное время на Кавказе было открыто 8 сейсмических станций 2-го класса: семь в Закавказье –Ахалкамили, Баку, Батуми, Балаханы, Боржомы, Зурнабаде, Шелахе и одна – на Северном Кавказе, в Пятигорске.

В 1931-1932 гг. дополнительно открылись следующие сейсмостанции: Ереван, Гори, Они и Грозный, в 1937-1950 гг. – Зугдуды, Абастуман, Бакурианы, Ленкоран и Кировабад и в 1951-1954 гг. – Душеты, Махачкала, Багдановка [6].

Открытие всех этих станций положило начало не только регулярным сейсмологическим наблюдениям на Кавказе, но и явилось основой для создания стационарной сейсмической сети.

Развитие инструментальных сейсмических наблюдений проходило под воздействием последствий катастрофического Ашхабадского землетрясения 5 октября 1948г., выявившего крупные недостатки в существующей системе сейсмических наблюдений и исследований.

С именем Председателя Президиума Дагестанского филиала АН СССР, член корреспондентом АН СССР Хабибулы Ибрагимовича Амирханова связана организация инструментальных сейсмологических наблюдений в Дагестане. В 1948 г. Х.И. Амирханов был в составе правительственной комиссии по ликвидации последствий катастрофического Ашхабадского землетрясения 5 октября 1948 г., интенсивность которого составляла 9-10 баллов. Это сейсмическая катастрофа, унесшая в считанные секунды десятки тысяч человеческих жизней, остро поставила вопрос о сейсмической безопасности территории.

За подписью И.В.Сталина был издан указ о развитии сети сейсмических станций в сейсмоактивных районах СССР, обеспеченных надежной телефонной связью[5].

В тот же год на границе территории Азербайджана и Дагестана происходит сильное землетрясение 29 июня с интенсивностью 7 баллов и $M_s = 6,1$.

Возглавив в 1949 г. Дагестанский филиал АН СССР, Х.И.Амирханов установил контакт с руководством Института физики Земли (ИФЗ) АН СССР с целью организации сейсмической станции в Махачкале, на территории, выделенной под научный городок Дагестанского филиала АН СССР (60 Га в районе поселка Тарки) [5].

В декабре 1952г. на сейсмической станции «Махачкала» были получены первые сейсмограммы, и вскоре она вошла в состав ЕССН (Единой сети сейсмических наблюдений на территории СССР) при ИФЗ АН СССР [6].

Организация сейсмической станции «Махачкала» значительно улучшила определение параметров землетрясений на территории Дагестана, которые раньше определялись в основном сетью сейсмических станций Закавказья, стоящих на значительных расстояниях от Дагестана, в связи с чем, основная масса местных землетрясений сетью сейсмостанций Закавказья регистрировалось плохо и относилась к разряду так называемых «не представительных землетрясений», т.е. землетрясений с неопределимыми координатами очага. С организации сейсмостанции «Махачкала» следует начинать отсчет изучения сейсмичности Дагестана.

Весной, 20 апреля 1966г. произошло Касумкентское землетрясение интенсивность сотрясения 8 баллов. Возможно, что эти сейсмические события инициировали в 1967 г. переписку между Председателем Совета Министров ДАССР М-С.И. Умахановым с председателем Международного совета по сейсмологии сейсмостойкому строительству (МСССС) при президиуме АН СССР Е.Ф. Саваренским об организации на территории Дагестана дополнительно, как минимум, двух сейсмических станций.

Впоследствии, они вместе с сейсмостанцией «Махачкала» должны были стать основой для создания региональной сетисейсмостанций в республике под эгидой Дагестанского филиала АН СССР.

В постановлении президиума АН СССР от 23 мая 1968г. № 81 «О перспективах развития научных учреждений Дагфилиала АН СССР на 1968-75 гг. в числе основных научных задач Дагфилиала АН СССР упоминается развитие теоретических и экспериментальных исследований в области геофизики сейсмичности территории республики.

Структурно лаборатория сейсмологии стала одной из лабораторий вновь созданного отдела геофизики. Согласно постановлению, в состав лаборатории должна была войти сейсмостанция «Махачкала», и в 1969г. должны были быть введены в действие сейсмостанции в селениях Ботлих и Гуниб.

В ноябре 1968г. исполняющим обязанностями заведующего лабораторией сейсмологии в отделе геофизики при Институте физики Даг. ФАН СССР стал Р.А. Левкович. Наряду с проведением научных изысканий, лаборатория сейсмологии, по настоянию Х.И. Амирханова взяла под контроль и вопросы организации сейсмических станций в Дагестане.

Были получены решения райисполкомов об отводе земель под сейсмостанции, готовились другие документы. Формирование сети сейсмостанций Дагестанского филиала АН СССР было ускорено благодаря главному сейсмическому событию XX столетия на Северном Кавказе – девятибалльному землетрясению 14 мая 1970 г. в Дагестане.

Эта сейсмическая катастрофа в Дагестане с массовым разрушением населенных пунктов и человеческими жертвами оставила неизгладимый след в памяти населения республики.

Сейсмологические наблюдения в очаговой зоне проводились эпицентральной сейсмологической экспедицией ИФЗ АН СССР в содружестве с учреждениями Дагестанского филиала АН СССР. Сотрудниками лаборатории сейсмологии наблюдения в очаговой зоне проводились до 1974 г.

Разрушительные землетрясения в Дагестане изучались сейсмологами регионов СССР.

По предложению Амирханова Х.И. решено было издать все, исследования по данному землетрясению обобщенной монографией. В исполнении этого решения президиум Дагестанского филиала создал научный совет, где председателем был назначен ученый сейсмолог Н.В. Шебалин, а ученым секретарем – Левкович Р.А.

Результатом работы стала 2-х томная монография «Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г.» под редакцией академика Амирханова Х.И.

Наряду с началом строительства зданий для двух сейсмостанций в г. Дербент и сел. Ахты личные контакты с руководством республики по вопросу развития сети инструментальных наблюдений землетрясений привели к тому, что, опережая это строительство, по указанию Совмина ДАССР были выделены помещения для организации полигонных сейсмических станций, которые впоследствии оформились в стационарные.

В 1973 г. были открыты сейсмостанция «Буйнакск» и в 1974 г. – сейсмостанции «Дылым» и «Дубки».

К 1975 г. завершается строительство зданий под стационарные сейсмостанции в г.Дербенте и в селенииАхты. Все вышеперечисленные стационарные сети организованы под руководством Р.А.Левковича.

Таким образом, к 1975 г. заканчивается первый этап формирования сети инструментальных сейсмологических наблюдений Института Физики Дагестанского филиала АН СССР.

В конце 1975 г. Х.И. Амирханов передал лабораторию сейсмологии в Институт геологии – коллектив профессионалов с хорошей инструментальной базой сейсмологических исследований. В последствии, на базе сейсмостанций лаборатории сейсмологии была организована Опытно-методическая партия (ОМП) под эгидой президиума Дагестанского филиала АН СССР.

В 1984-99 гг. работа по развитию сети сейсмических станций была продолжена усилием сотрудников ОМП, находящейся под научным контролем лаборатории сейсмологии. Во главе с О.А. Асмановым созданы следующие сейсмостанции: Унцукуль (1984г.), Кумух (1985г.), Касумкент (1987г.), Сергокала (1987г.), Каранай (1988г.), Аракань (1989г.), Хунзах (1992г.) Ботлих (1994г.). Во главе с М.М. Мирзалиевым созданы сейсмостанции Уркарах (1998 г.), Гуниб (1999 г.), Караман (2013 г.). Администрацией и сотрудниками ОМП была проделана большая работа по организации сейсмических наблюдений вновь созданных сейсмостанций в республике. Чрезвычайно важную роль в этот период имело создание Единой системы сейсмологических наблюдений (ЕССН), которая обеспечивала единство методик производства и обработки наблюдений на всех сейсмостанциях СССР.

В настоящее время сеть инструментальных сейсмологических наблюдений в Дагестане состоит из 17 сейсмических станций Дагестанского филиала Единой Геофизической службы РАН, одна из которых – станция Махачкала одновременно является и станцией Федеральной сети сейсмических наблюдений России (рис.1).

По программе модернизации наблюдательной сети с целью повышения информативности ДФ ЕГС РАН за последние годы (2008-15 гг.) продолжалось переоснащение 16 аналоговых региональных сейсмостанций Дагестанского филиала ГС РАН на цифровые сейсмические станции типа SDAS и UGRA: Дубки – 01.11.2008 г., Гуниб – 19.09.2008 г., Ботлих – 28.06.2010 г., Ахты – 17.10.2010 г., Дербент – 02.09.2010г.,Хунзах – 21.07.2011 г., Уркарах – 20.06.2012 г., Буйнакск – 14.06.2013 г., Караман – 01.12.2013 г., Сергокала – 06.11.2014 г., Дылым – 12.11.2014 г., Каранай– 19.11.2014 г., Аракань – 20.11.2014 г., Касумкент – 16.06.2015 г., Унцукуль – 01.08.2015 г., Кумух – 21.10.2015 г.

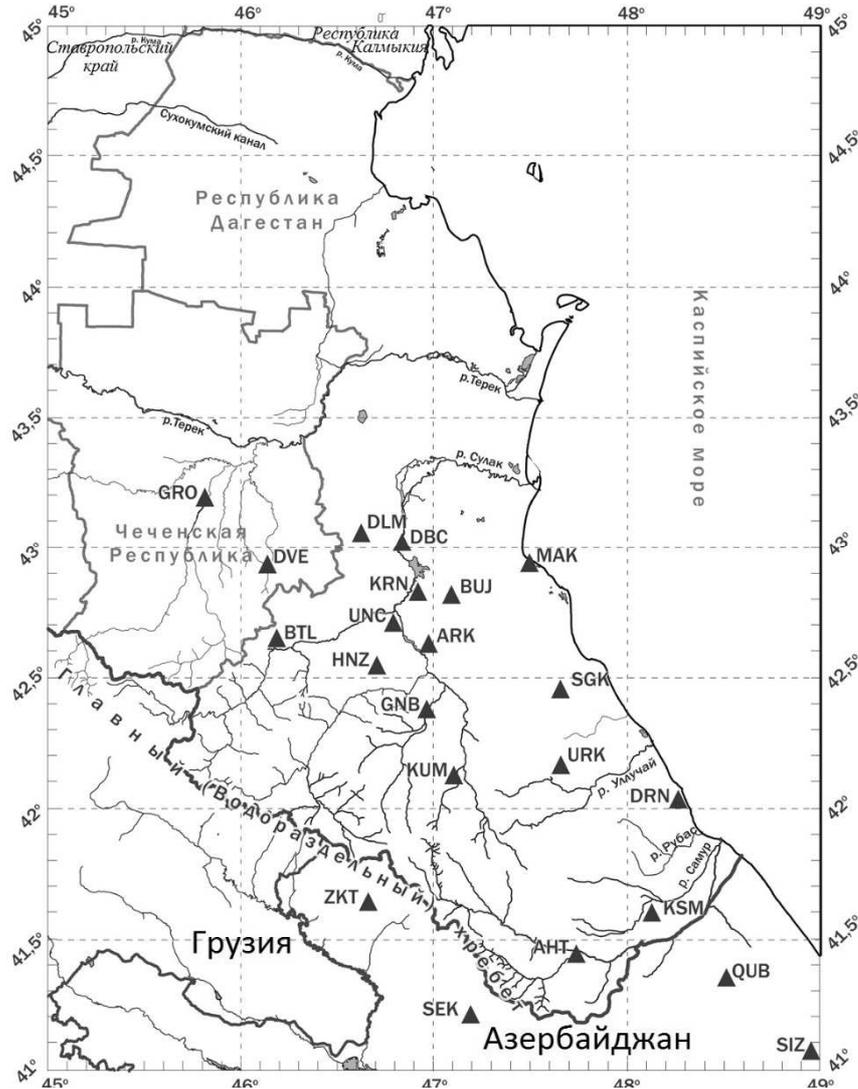


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Дагестанского филиала ЕГС РАН

Цифровые станции позволяют вести регистрацию в непрерывном режиме на 6 каналах (на трех низкой и трех высокой чувствительности).

Все цифровые станции подключены к сети интернет и работают в режиме реального времени.

Открытие новых станций значительно расширило возможности изучения умеренной и слабой сейсмичности в центральных и южных сейсмоактивных районах Дагестана и смежных районов. В 1980 г. уровень надежности регистрации землетрясений на большей части территории Дагестана (за исключением северного Дагестана) ограничился энергетическими классами 8 и 9 [7-11].

В 2016 г. достигался уровень представительности землетрясений $K_p = 6-7$, возможности мониторинга слабых землетрясений существенно расширились. В этих зонах возможна постановка мониторинговых работ более детального уровня сейсмичности на различных масштабных уровнях, а также разработка методов оценки сейсмической опасности, поиск предвестников землетрясений и др.

Если количество обработанных землетрясений с $K_p \geq 5$ в период 1999-2007 гг. на территории Дагестана и смежных районов составило 3750, то в период 2008-2017 гг. это количество составило 9118 землетрясений, то есть почти в 2,5 раза больше.

Литература

1. Арефьев С.С. Эпицентральные сейсмологические исследования. Москва: ИНЦ «Академкниги», 2003. 375 с.
2. Габсатарова И.П., Маловичко А.А., Старовойт О.Е. Очерк об истории инструментальных сейсмологических наблюдений на Северном Кавказе //Геофизический журнал. Т. 30. №5.Москва, 2008. С.50-72.
3. Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. Разрушительные последствия //Инженерная сейсмология. Вопросы сейсмостойкого строительства. М.: Наука, 1981. 260 с.
4. Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. //Сейсмология. Геология. Геофизика. М.: Наука, 1980. 220 с.
5. Левкович Р.А. Х.И.Амирханов в сейсмологии Дагестана (Академик Х.И. Амирханов к 100-летию со дня рождения, сборник статей воспоминаний). Махачкала, 2008. С.184-198.
6. Папалашвили В.Г. Развитие сети сейсмических станций на Кавказе и некоторые вопросы обобщения наблюдательного материала //Сейсмологический бюллетень Кавказа 1978 г. Тбилиси: «Мецниереба», 1981. С.244-279.
7. Пономарева Н.Л. 50 лет сейсмостанции «Махачкала» //Геодинамика и сейсмичность Восточного Кавказа. Материалы научно-практической конференции (2-5 сентября 2002 г.). ДНЦ Институт геологии. Выпуск 48. Махачкала, 2002. С.4-5.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Черкашин В.И., Дорофеев В.М., Крамынин П.И., Магомедов Р.А., Мамаев С.А., Никуев Р.Ю. Организация инженерно-сейсмометрической службы в Республике Дагестан //Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 14. С. 25-37.

УДК 552.02

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-81-87

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ ЗА 2018 г.

Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю., Павличенко И.Н.

Единая геофизическая служба РАН

Представлен анализ сейсмичности Дагестана и смежных районов за 2018 г. Построены карты эпицентров землетрясений, а также карты активности и карты плотности эпицентров. Приведено распределение числа землетрясений по энергетическим классам в целом по региону и по семи районам: Дагестанский Клин, Центральный Дагестан, Южный Дагестан, прибрежная зона Каспийского моря, приграничная зона Чеченской Республики, Восточная зона Грузии и Северная часть Азербайджана.

Ключевые слова: карта активности, приграничная территория, цифровая запись.

SEISMIC SITUATION IN THE TERRITORY OF DAGESTAN AND ADJACENT REGIONS FOR 2018

Gamidova A.M., Musalaeva Z.A., Sagatlova E.Yu., Pavlichenko I.N.

Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences

An analysis of the seismicity of Dagestan and adjacent areas for 2018 is presented. Earthquake epicenter maps, as well as activity maps and epicenter density maps are constructed. The distribution of the number of earthquakes by energy classes in the region as a whole and in seven regions is given: Dagestan Klin, Central Dagestan, South Dagestan, the coastal zone of the Caspian Sea, the border zone of the Chechen Republic, the Eastern zone of Georgia and the Northern part of Azerbaijan.

Keywords: activity map, border area, digital recording.

Дагестан является одним из наиболее сейсмоактивных регионов Северного Кавказа. Это объясняется тем, что более половины территории Дагестана относятся к горному рельефу, и ещё добавляется техногенная сейсмичность, связанная с эксплуатацией крупных гидротехнических сооружений на реке Сулак (Чиркейская ГЭС, Ирганайская ГЭС и др.)

Дагестанский филиал ФИЦЕГСРАН осуществляет сейсмический мониторинг на территории республики Дагестан, на прилегающей акватории Каспийского моря и на приграничных территориях Чеченской республики, Грузии и Азербайджана. В 2018 г. режимный сейсмологический мониторинг осуществлялся шестнадцатью цифровыми сейсмическими станциями, дополнительно используются данные цифровых станций «Грозный», «Ведено». В данной статье рассматривается территория в пределах координат $\varphi=41,00^\circ - 44,00^\circ$ с.ш., $\lambda=45,00^\circ - 49,00^\circ$ в.д.

В 2018 г. сетью дагестанских сейсмостанций, в пределах заданных координат зафиксированы и обработаны 1903 землетрясения с энергетическим классом 3-14 [2]. В связи с переходом на цифровую запись расширилась возможность определения более слабых толчков с энергетическими классами $K_p = 3$ ($N = 31$), $K_p = 4$ ($N = 225$), $K_p = 5$ ($N = 362$), $K_p = 6$ ($N = 506$). По сравнению с предыдущими годами, наблюдается увеличение числа событий, например, в 2015 году $N = 1188$ толчков, в 2016 году – $N = 1510$ и в 2017 году – $N = 1896$. По материалам обработки цифровых сейсмических станций, определены их основные параметры (время возникновения, координаты и энергетический класс).

До середины 2018 г. параметры землетрясений определялись на базе компьютерной программы «WSG». В Дагестанском Филиале ФИЦ ЕГС РАН в 2018 г. была разработана и введена в эксплуатацию компьютерная программа «SEISMO». Программа предназначена для определения параметров землетрясений с использованием разных методов, по времени пробега продольных волн t_p , поперечных t_s и фиктивных t_{s-p} сейсмических волн, а также для формирования базы данных параметров обработанных эпицентров. В настоящее время каталоги землетрясений и бюллетени в Дагестанском филиале формируются посредством данной программы. Энергетическая классификация землетрясений в программе SEISMO производится по Т.Г. Раутиан [3].

Чтобы более детально показать сейсмический режим изучаемой территории, были составлены карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 3-8$ и $K_p \geq 9-14$ (рис. 1, 2).

На этих картах видно, что эпицентры землетрясений расположены неравномерно по всей территории Дагестана. Четко выделяются наиболее активные зоны. Распределения землетрясений по энергетическим классам и глубине очага, а также выделившаяся суммарная энергия за 2018 г., представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица №1.

Распределение числа землетрясений на территории Дагестана и приграничных зон по энергетическим классам K_p за 2018 г.

K_p	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\sum E \cdot 10^{14}$ Дж	$\sum N$
N	31	225	362	506	513	183	63	15	3	1	-	1	1,01	1903

Из таблицы видно, что большинство очагов зафиксированы в диапазоне энергетических классов $K_p = 4-8$, а на суммарную величину сейсмической энергии влияют очаги средних и высоких классов.

Таблица №2.

Распределение числа землетрясений по интервалам глубин за 2018 г.

h	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-80
N	162	534	209	483	198	26	67	13	2	26	31	3	65	21

Как видно из таблицы, большая часть очагов ($\approx 75\%$) расположилась в интервале глубин $h = 1-25$ км.

Чтобы более подробно рассмотреть проявление сейсмической активности, в районах и по административным признакам карта рассматриваемой территории делится на 7 районов [3]: 1 - Дагестанский клин; 2 - Центральный Дагестан; 3 - Южный Дагестан; 4 - прибрежная зона Каспийского моря; 5 - восточная часть Чечни; 6 - восточная часть Грузии; 7 - северная часть Азербайджана.

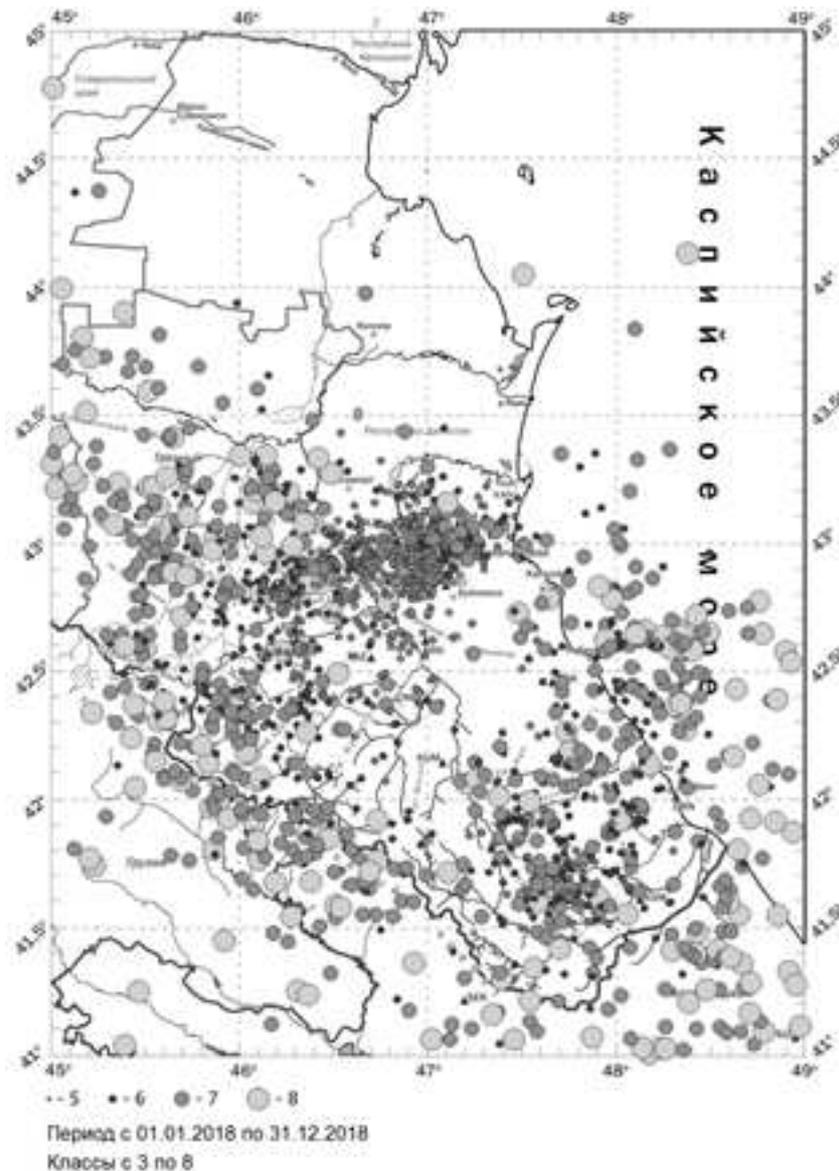


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Дагестана и смежных районов в 2018 г. с $K_p \geq 3-8$.

1. Дагестанский клин. Эта зона по числу очагов занимает первое место, здесь локализованы 537 толчков, что составляет 28% от общего числа землетрясений, с энергетическим классом $K_p = 3-6$ ($N = 485$), $K_p = 7-8$ ($N = 48$), по два очага с $K_p = 9$ и $K_p = 10$. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная в этой зоне равна $\Sigma E = 2,3 * 10^{10}$ Дж, что составляет 0,023 % от общего числа суммарной сейсмической энергии за 2018г. Этот район Чиркейского водохранилища, расположен в пределах одного из самых сейсмоактивных участков Северо-Кавказского региона - тектонической области «Дагестанский клин». Такая сейсмическая активность данного участка может быть связано с наличием наведенной сейсмичности Чиркейского водохранилища. Глубина залегания очагов тектонической области «Дагестанский клин» в основном соответствует интервалу глубин от 3 до 9 км. Для этой зоны характерны очаги с энергетическим классом $K_{min} = 5$. Землетрясения на участке «Дагестанский клин» в основном низкого энергетического класса, мелкофокусны и высокоплотны. Наиболее сильное землетрясения в этом районе произошли 13 апреля 00 ч. 27 мин. с $K_p = 9,9$, $h = 10,5$ км (ощущалось в поселках Чиркей и Дубки с силой до 4 баллов), 26 июня в 19 ч. 52 мин. с $K_p = 9,54$, $h = 9$ км и 18 сентября в 05 ч. 04 мин. с $K_p = 9,16$, $h = 6$ км. Эти землетрясения наиболее значимые события в этом районе.

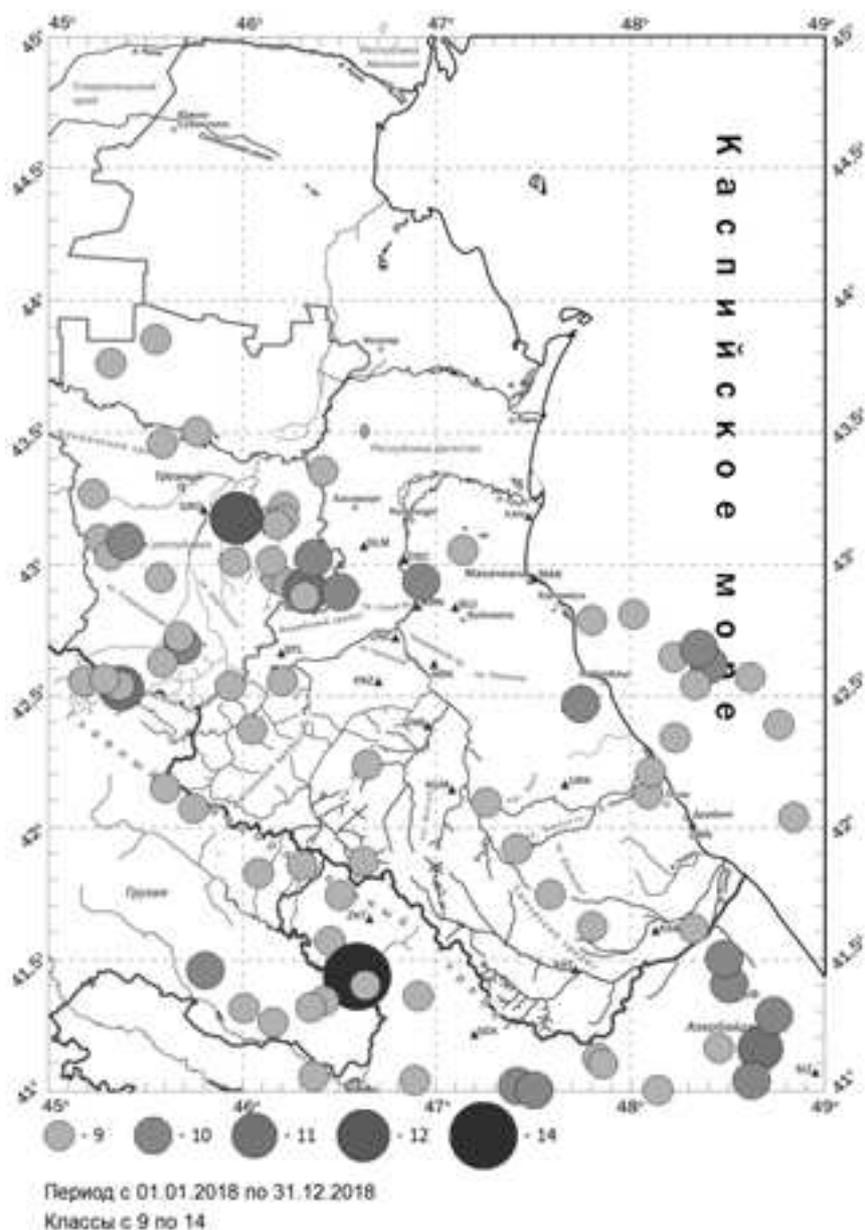


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Дагестана и смежных районов в 2018 г. с $K_p \geq 9-14$.

2. **Центральный Дагестан.** Эта зона включает в себя горный и предгорный Дагестан. В этом районе зафиксированы 327 землетрясений, что составляет 17 % из общего числа очагов, среди которых шесть очагов с $K_p = 9$ и один с $K_p = 10$. Выделившаяся энергия равна $\sum E = 1,9 \cdot 10^{10}$ Дж, что составляет 0,019 % от общего числа суммарной энергии за 2018 г.

Очаги локализованы в основном близ границ Чечни, Грузии и в прибрежной зоне Каспийского моря. Землетрясение 30 января 23ч. 58мин.с $K_p = 9,658$ и $h = 8,5$ км произошло вблизи села Сергокала и города Избербаш и ощущалось с силой 3-4 балла, очаг 20 января 22 ч. 56 мин. с $K_p = 9,2$ и $h = 24,5$ км зафиксирован возле селений Вачи и Кули, вызвал сотрясения около 3 балла. Событие 19 марта в 16 ч. 12 мин. с $K_p = 9,468$ и $h = 16$ км произошло в районе хребта Нукатль, ощущалось в селении Гочоб с силой около 3 баллов. Очаги, которые попадают близ границы с Грузией можно отнести к территории, где проходят хребты: Богосский, Нукатль и Шалиб.

3. **Южный Дагестан.** За рассматриваемый период на этой территории зафиксировано 249 землетрясений, что составляет 13 % от общего числа очагов, из которых 5 землетрясений с $K_p =$

9. Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия $\Sigma E = 0,7 \cdot 10^{10}$ Дж, что составляет 0,007 % от общей величины суммарной энергии. В Южном Дагестане определенную концентрацию очагов можно отнести к полосе простираения глубинных разломов Самурского и Гамриозеньского. Два очага землетрясений 20 января 22 ч. 56 мин. с $K_p = 9,431$, $h = 14$ км и 27 октября 14 ч. 04 мин. с $K_p = 9,02$, $h = 30$ км локализованы в районе хребтов Джуфудаги Вархата. Многочисленные очаги $K_p = 6-7$ зарегистрированы вдоль границы Грузии (Главный водораздельный хребет) и в устьях рек Рубас и Уллучай.

4. Прибрежная зона Каспийского моря. На данном участке локализовано 155 землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_p = 5-10$, это составляет всего 8 % от числа общего количества. Суммарная сейсмическая энергия равна $\Sigma E = 3,1 \cdot 10^{10}$ Дж, что соответствует 0,03 % от общей суммарной энергии за год. В данном районе зарегистрировано восемь землетрясений с $K_p = 9$ и два с $K_p = 10$. Землетрясения, которые попадают в шельфовую зону Каспийского моря, занимают часть Каспийского моря с востока, примерно от широты острова Чечень с севера и до широты дельты реки Самур с юга. Глубина залегания очагов данного района глубже по сравнению с очагами Дагестанского клина. Очаги 28 августа 15 ч. 30 мин. с $K_p = 10,3$, $h = 15$ км и 17 ноября 18 ч. 24 мин. с $K_p = 10,3$, $h = 15$ км произошли в акватории Каспийского моря недалеко от города Избербаш.

5. Приграничная зона Чеченской Республики. Эта зона по числу очагов и по классификации остается самой сейсмически активной. За отчетный период зафиксировано 407 очагов, которые составляют 21 % от общего числа очагов, из них $K_p = 4-8$ ($N = 381$), $K_p = 9-12$ ($N=26$), в том числе $K_p = 9$ ($N = 21$), три $K_p = 10$, по одному $K_p = 11$, $K_p = 12$.

Выделенная суммарная сейсмическая энергия равна $\Sigma E = 1,15 \cdot 10^{12}$ Дж, что составляет 1 % от общей сейсмической энергии за 2018 г. В рассматриваемом районе сейсмическая активность формируется отдельными сильными землетрясениями и группами слабых толчков. Вблизи населенных пунктов Анди, Зондак, Гудермес, Грозный отмечается повышенная сейсмическая плотность. Основное событие приходится на 14 октября 13 ч. 51 мин. с $K_p=11,5$, $h = 6$ км, которое локализовано южнее г. Грозный у Черногорского разлома. Очаг 9 июня 21 ч. 49 мин. с $K_p = 10,9$, $h = 9,0$ км зафиксирован близко от сейсмостанции «Ведено». В приграничной зоне с Дагестаном, недалеко от сейсмостанции «Ботлих» отмечены многочисленные очаги с $K_p = 6-8$, это район хребта Даргендук. Землетрясения 20 июня 19 ч. 52 мин. с $K_p = 9,54$, $h = 9$ км и 5 июля 22 ч. 19 мин. с $K_p = 10,3$, $h = 75$ км локализованы в районе хребта Планивук.

6. Район Восточной Грузии. По данным сейсмических станций Дагестана в этом районе отмечены 108 очагов, что составляет 5,6 % от общего количества землетрясений. Из них $K_p = 6-8$ ($N = 94$), $K_p = 9-12$ ($N = 12$) и по одному $K_p = 10$, $K_p = 11$. Суммарная сейсмическая энергия равна $\Sigma E = 1,2 \cdot 10^{11}$ Дж, что составляет 0,12 % от общей суммарной энергии за год. Очаг 22 октября 12 ч. 39 мин. с $K_p = 11,0$, $h = 9$ км зафиксирован на приграничной зоне Чеченской Республики в районе Пирикительского хребта. Вдоль границы Главного водораздельного хребта локализованы большинство очагов с $K_p = 6-8$, четыре очага с $K_p = 9$. Эти события указывают на сохранение активности региональной сейсмоактивной структуры Восточного Кавказа, вдоль западной границы. Данный участок характеризуется наличием множества хребтов и котловин (Дидойская, Бежтинская котловины и Богосский хребет). Землетрясение 25 марта в 10 ч. 45 мин. с $K_p = 10,3$, $h = 17,5$ км произошло в южной части Грузии.

7. Северная часть Азербайджана. В этой зоне зафиксировано 117 очагов, что составляет 6 % от общего числа землетрясений. Из них $K_p = 6-8$ ($N = 111$), $K_p = 9-14$ ($N=14$), в том числе $K_p = 9$ ($N = 8$), $K_p = 10$ ($N = 4$), $K_p = 11$ ($N = 1$) и $K_p = 14$ ($N = 1$). Суммарная сейсмическая энергия этого участка $\Sigma E = 1,0 \cdot 10^{14}$ Дж, что составляет 99 % от общего количества суммарной энергии за год. Самым заметным событием в 2018 г. явилось землетрясение 5 июня 18 ч. 40 мин. с $K_p = 14,0$, $h = 57$ км, которое произошло в северо-западной части Азербайджана и на границе юго-восточной части Грузии. Очаг локализован южнее населенного пункта Закаталы, его можно

отнести к разлому Кавказского хребта. Землетрясение сопровождалось сотрясениями в эпицентре до 6 баллов. Кроме этого в районе населённого пункта Шеки отмечены три очага $K_p = 11$ (1) и $K_p = 10$ [2]: 27 февраля в 19 ч. 03 мин. с $K_p = 11,22$, $h = 25,5$ км; 15 июля в 15ч. 56мин. с $K = 9,66$, $h = 9$ км; 12 августа в 21 ч. 35 мин. с $K_p = 9,8$, $h = 24$ км.

На рис. 3 приведена карта активности A_{10} , которая указывает на наиболее активные зоны выделения сейсмической энергии на территории Дагестана и смежных районов – приграничный район Чеченской республики с Дагестаном. На карте плотности эпицентров (рис. 4) четко выделяются зоны повышенной концентрации эпицентров землетрясений – приграничный район Чечни, граница Грузии с Дагестаном (Главный Кавказский хребет), шельфовая зона Каспийского моря, северная часть Азербайджана.

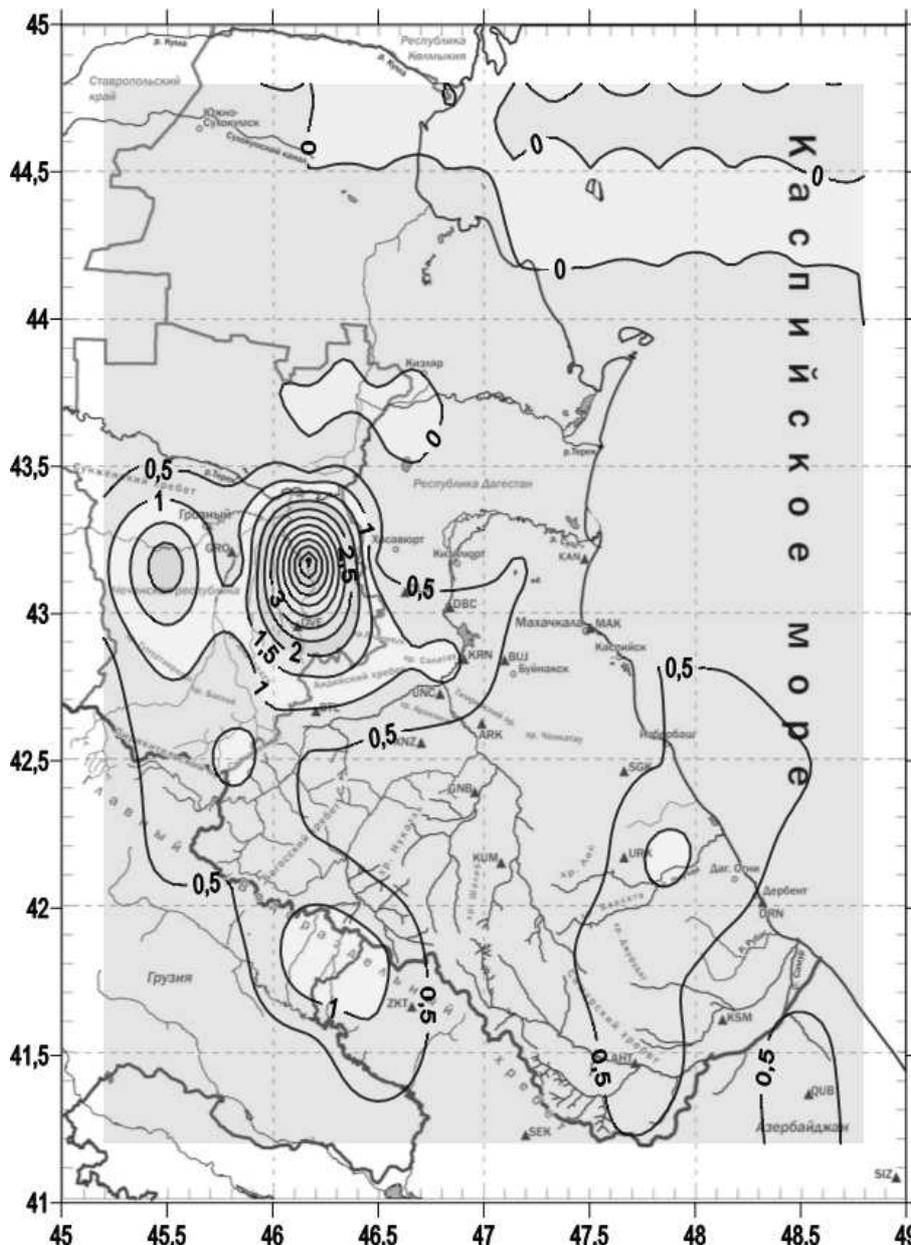


Рис. 3. Карта активности A_{10} на территории Дагестана и приграничных зон Азербайджана, Грузии и Чеченской Республики в 2018 г.

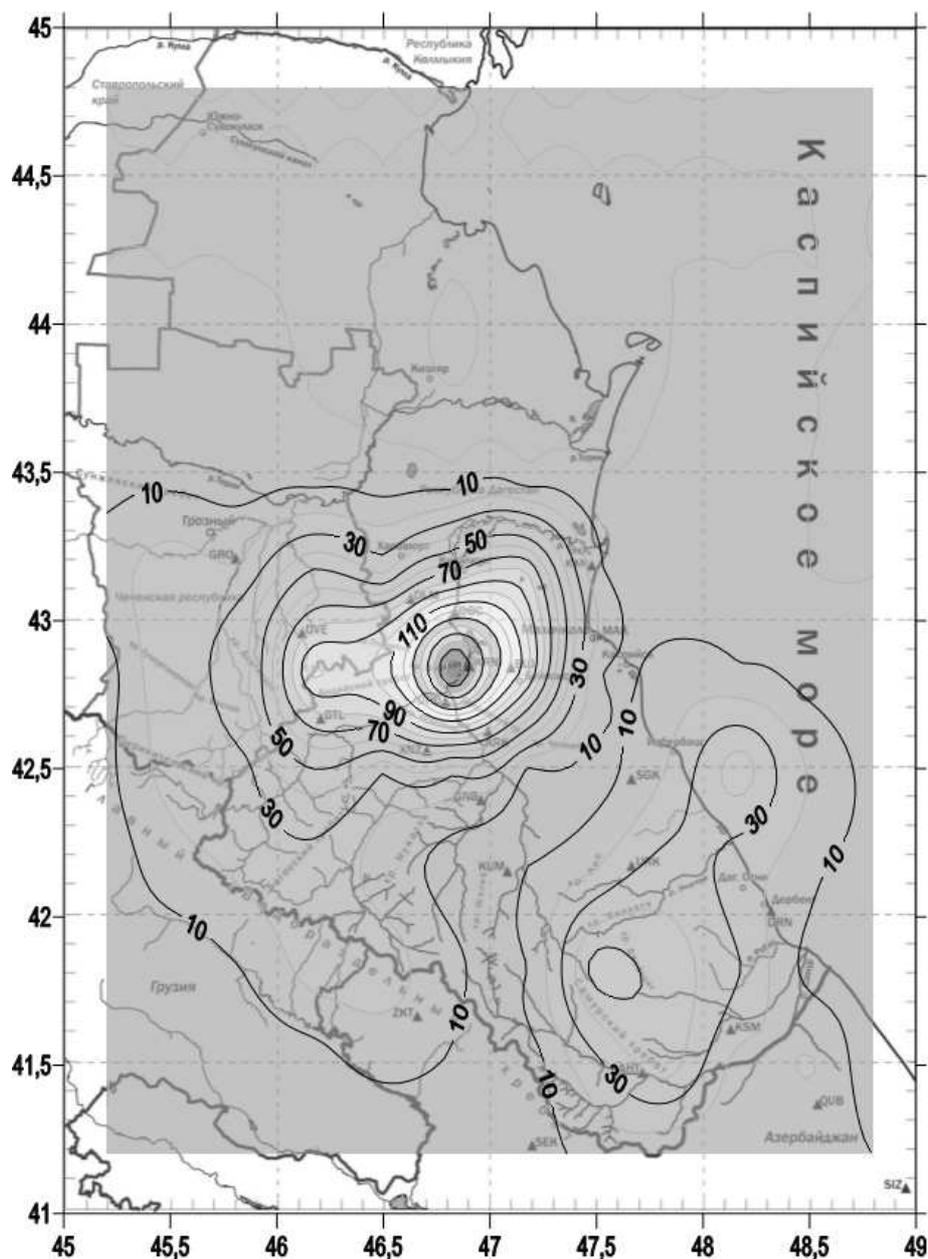


Рис. 4. Карта плотности эпицентров землетрясений на территории Дагестана и приграничных зон районов за 2018 г.

Литература

1. Асманов О.А. Пространственная градиация сейсмичности Дагестана и смежных районов //Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. №. Махачкала, 2018.. 71-78.
2. Адилев З.А., Асекова З.О., Гамидова А.М., Магомедова Д.С., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагателова Е.Ю., Шахмарданова С.Г. Каталог (оригинал) землетрясений Дагестана за 2018 г. //Фонды ДФ ФИЦ ЕГС РАН. Махачкала, 2018.
3. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 километров. Экспериментальная сейсмика. Тр. ИФЗ АН СССР. № 32 (199), М.: Наука, 1964. С.88-93.

УДК 552.02

DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-1-88-95

НЕКОТОРЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ Р.А. ЛЕВКОВИЧА
В ОБЛАСТЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ
И ГЕОТЕРМИИ ДАГЕСТАНА

Меликов М.М.

Институт геологии ДНЦ РАН

*Посвящается 90-летию
выдающегося геолога-сейсмолога
Р.А. Левковича*

В работе приводится краткая биографическая характеристика Р.А. Левковича и освещаются его практические и научные исследования в областях нефтегазовой геологии, гидрогеологии и геотермии, внесший значительный вклад в развитии указанных направлений геологии. Приводится перечень его исследований в хронологическом порядке.

Ключевые слова: нефть, формирование, режим, химизм, зональность, геотермия, геоизотермы, бассейн, термальные, подземные воды, плотность, пористость, геотермическая ступень, теплопроводность, теплоемкость, водоснабжение, чокрак, миоцен, горизонт, интервал, глубина, скважина.

SOME PRACTICAL AND RESEARCH R. A. LEVKOVICH IN THE FIELD OF PETROLEUM
GEOLOGY, HYDROGEOLOGY AND GEOTERMII OF DAGESTAN

Melikov M. M.

Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS

*Dedicated to the 90th anniversary of the outstanding
geologist-seismologist R.A. Levkovich*

The paper provides a brief biographical description of R. A. Levkovich and highlights his practical and scientific research in oil and gas Geology, hydro-geology and geothermy, which has made a significant contribution to the development of these areas of geology. The list of his researches in chronological order is given.

Keywords: oil, formation, mode, type, zoning, geothermal energy, geothermy, pool, thermal, groundwater, density, porosity, geothermal-economic level, thermal conductivity, heat capacity, water supply, chokrak, miocene, horizon, interval, depth, well.

1. Краткая биографическая характеристика

В нашей республике немало выдающихся ученых в различных отраслях науки и техники. Природа не обделила нашу республику и в различных областях геологической науки такими талантливыми учеными, как К.С. Магатаев, В.В. Суетнов, С.А. Каспаров, Д.А. Мирзоев, М.К. Курбанов [1-3, 15] и др., которые всю свою жизнь посвятили только геологической науке. Одним из таких ученых является Рэм Александрович Левкович – ведущий специалист отдела прогнозирования землетрясений Дагестанского филиала Геофизической службы Российской академии наук, кандидат геолого-минералогических наук, который 31 марта отмечает свой 90-летний юбилей.

Рэм Александрович родился в 1929 г. в городе Владикавказе Северо-Осетинской АССР. Это был год ликвидации НЭПа, когда страна переходила на 5-летний план, потому Рэм Александрович считает себя ровесником первой пятилетки. Интерес к будущей профессии он проявил еще в школьные годы, благодаря любимому учителю географии Виноградову. В 1947 году Р. А. Левкович закончил школу и подал документы в Грозненский нефтяной институт на геолого-разведочный факультет. По окончании института (1952 г.), получив диплом горного

инженера по специальности «геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», он был направлен в отдел геологии и нефти Дагестанского филиала АН СССР и прикомандирован к Северо-Кавказской нефтяной экспедиции, где Рэм Александрович занимался переоценкой запасов нефти Старо-Грозненского месторождения и геолого-экономическим анализом ведения поисково-разведочных работ на Сунженском хребте. В результате была выявлена избыточность эксплуатационного и разведочного бурения на известных месторождениях, и многие буровые бригады были направлены на новые площади и даже в другие перспективные нефтегазоносные регионы.

Особое место в трудовой деятельности Р.А. Левковича занимает период 1963-1968 гг, когда он работал на севере нашей страны. В 1963 г., в связи с реорганизацией АН СССР и передачей Института геологии Даг ФАН СССР в состав Министерства геологии РСФСР, он переходит на работу в Тюменское геологическое Управление, старшим геологом в Ямальскую партию глубокого бурения. Здесь, наблюдая ту же картину (прим. автора «Сев.-Кав. нефтяная экспедиция») бурения на бесперспективных, но на удобных площадях для выполнения плана, он добивается переноса одной точки бурения на Новопортовскую площадь, где только, что были начаты сейсморазведочные работы и намечалась крупная положительная структура, перспективная на обнаружение залежей углеводородов. В заложенной скважине «Р-50», размещенной по его совету на этой структуре, 26 декабря был получен мощный фонтан газа с конденсатом. С того дня п/о Ямал стал новым нефтегазоносным районом страны. В 1966 г. его назначают главным геологом Салехардской комплексной геолого-разведочной экспедиции, в которой преобладали геофизические работы.

Р. А. Левкович в 1968 г. по поручению руководства Даг. ФАН СССР сформировал лабораторию сейсмологии в Институте физики, где он с коллективом создал сеть сейсмостанций и активно участвовал в изучении землетрясений в Дагестане в 1970 году. В 1989 г. он переходит в Дагестанскую опытно-методическую сейсмологическую партию ГС РАН, где и работает по настоящее время. Сейчас Рэму Александровичу 90 лет, но он необычайно энергичен и работоспособен. Рэм Александрович 67 лет – на службе отечественной геологии.

2. Практические исследования

Р.А. Левкович талантливый и многогранный геолог, который занимался в начальный период своей трудовой деятельности вопросами нефтегазовой геологии, гидрогеологии и геотермии, отраженные в ряде рукописных и опубликованных работ.

Ниже нами приводится ряд таких работ Р.А. в хронологическом порядке.

На наш взгляд, одной из первых работ под руководством С.А. Джамалова в Даг. ФАН СССР являлся отчет по теме «Ресурсы и использование подземных термальных вод Дагестана», где исполнителями являлись мнс: Левкович Р.А., Суетнов В.В. и лаборант Лисин Ю.А., датированный 1957 годом (начало разработки темы –1956г., окончание – 1960г.). В отчете приводится литолого-стратиграфическая, гидрогеологическая характеристика среднемиоценовых отложений и геотермические условия (краткий очерк). В заключении выявлены перспективные среднемиоценовые термальные воды южного борта современного предгорного прогиба на участке, тяготеющем к Махачкале и приосевая часть южного крыла (район скважины «Караман»), рекомендованные к практическому применению [4].

В промежуточном отчете по той же теме за 1958г. в разделе «Термальные воды среднего миоцена», в котором исполнителем являлся Левкович Р.А. и др, даны рекомендации по практическому использованию термальных и пластовых вод среднего миоцена, а также решены вопросы, связанные с теплофикацией и горячего водоснабжения г. Махачкалы пластовыми водами. Для решения этих задач рекомендуется использование фонда ликвидированных скважин НПУ Махачкала, а также бурение специальных скважин. Установлена примерная продуктив-

ность водоносных горизонтов на площади «Махачкала» и ожидаемые дебиты по скважинам, а также проведены работы по оценке величины возобновляемых запасов пластовых вод [5].

Далее, в том же промежуточном отчете за 1959г. выявлены бассейн термальных вод и в них – наиболее продуктивных (высокодебитных) площадей. Проанализированы современный (на тот период) фонд состояния ликвидированных скважин на нефтяных месторождениях и разведочных площадях Дагестана с целью привлечения их для широкого использования термальных вод, составлена схема наиболее их рационального использования [6].

В промежуточном отчете по той же теме за 1960г. в разделе «Термальные воды среднего миоцена», в котором также был исполнителем Р.А. Левкович и др., выявлена наиболее целесообразная схема разработки термальных бассейнов среднего миоцена Дагестана.

На месторождениях Махачкала и Избербаш рекомендовано в первую очередь использовать термальные воды песчаников чокракского горизонта, в силу несколько их повышенной температуры и, относительно, малой продуктивности с использованием имеющегося фонда ликвидированных скважин с целью теплофикации и горячего водоснабжения.

Термальный бассейн караганского горизонта следует эксплуатировать в первую очередь в зоне высоких температур путем бурения специальных скважин. Термальные воды карагана рекомендуется использовать по схеме: выработка электроэнергии–теплофикация–горячее водоснабжение–использование в сельском хозяйстве [7].

В работе [8] рассматриваются условия формирования и режим нефтяных вод мезозойского комплекса Предгорного Дагестана. К сожалению текст отчета не обнаружен в архиве ИГ ДНЦ РАН, но сохранился картографический материал, включающий 16 наименований (листов), среди которых гидрохимические профили, карта гидрохимической зональности, карта минерализации, схема термодинамической зональности и т. д.

3. Научные исследования

Р.А. Левковичем с соавторами опубликованы ряд научных работ. Научные исследования датируются началом практических исследований (1958г.). Ниже нами приводятся ряд таких работ, также в хронологическом порядке.

В работе [9] рассматривается вопрос о возможности использования термальных вод среднего миоцена Дагестана для целей энергетики, теплофикации и горячего водоснабжения. В работе проанализированы материалы геолого-тектонических, гидрогеохимических и гидрогеотермических условий бассейна термальных вод Дагестана (Рис.1).

В заключении приводится следующее: «Поскольку имеет место практическое использование горячих вод и предстоящей полной теплофикации г. Махачкала по проекту Гипрокоммунэнерго и АКХ Министерства Коммунального хозяйства РСФСР по материалам Дагестанского филиала АН СССР, рекомендуется проведение работ по уточнению ресурсов термальных вод, имеющих большое практическое значение».

В работе [10] рассматриваются закономерности изменения температур от литологического состава водовмещающих пород. Анализируются графики площади Махачкала (график изменения температуры с глубиной по скв.-195, рис.2), распределение температур по глубине в среднем миоцене на площадях: Избербаш, Махачкала, Тернаир (Рис.3). А для площадей Гаша, Селли и Дузлак приводится график распределения температур по глубине в верхнемеловом комплексе (Рис.4). В связи с плохой сохранностью качества некоторых картографических материалов, связанные большим сроком (58 лет!) с момента опубликования данной работы, к сожалению, автор данного обзора приводит частично некоторые графики, восстановленные (оцифрованные автором), отражать в качестве иллюстрации.

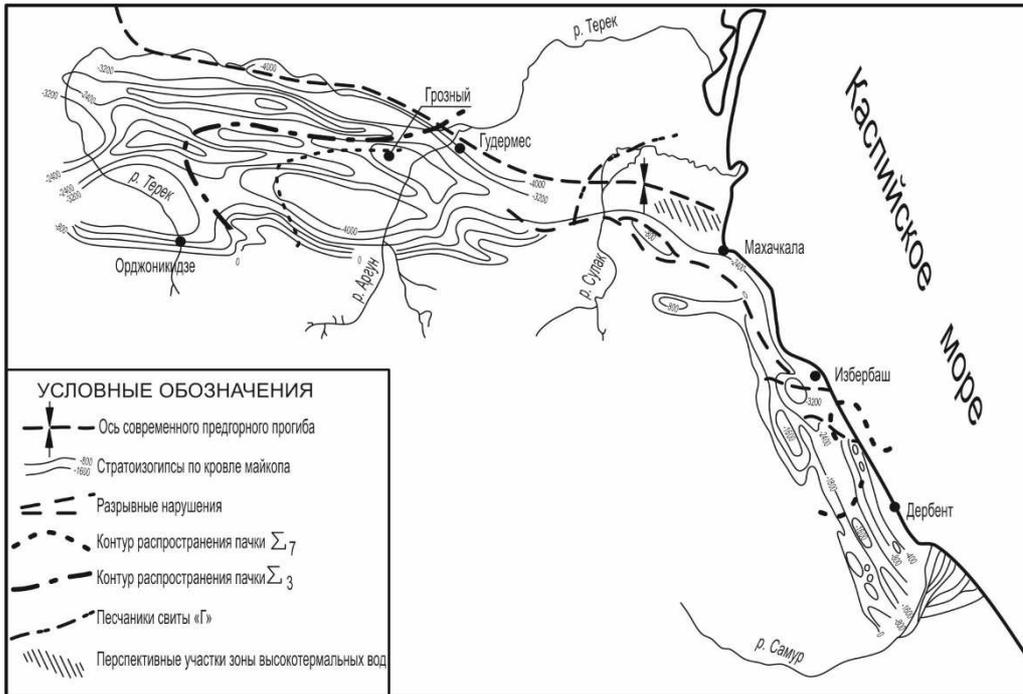
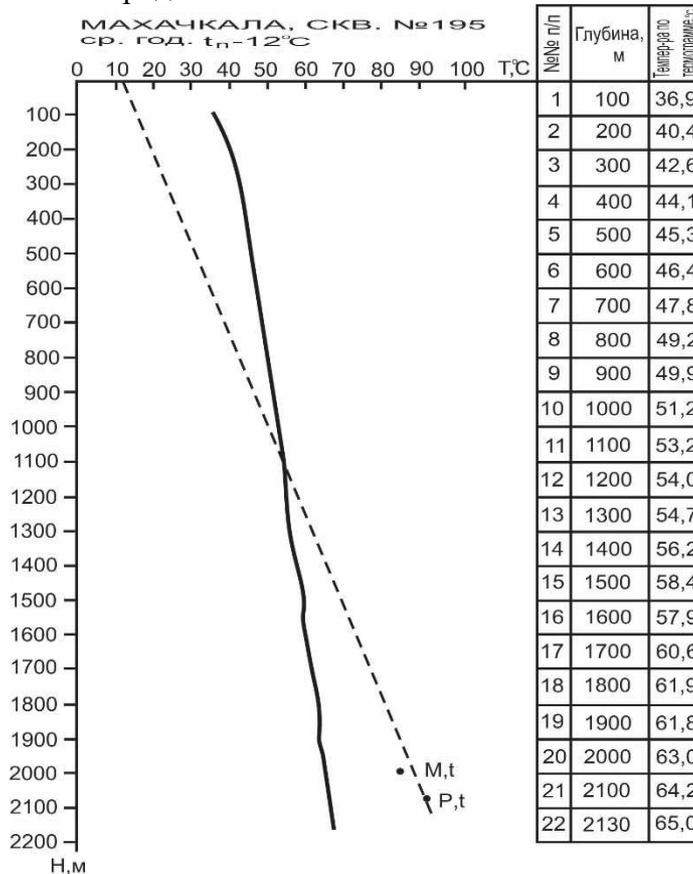


Рис. 1. Схематическая карта бассейнов термальных вод чокракского горизонта

Анализируя весь материал по изучению закономерностей распределения температур по глубине для районов Дагестана, показано, что температурные условия зависят от структурных форм и интервала залегания определенных литологических комплексов.



Средняя забойная температура по термокаратажу (Н–2100м, Р, $t=89,6^\circ\text{C}$); измеренная максимальным термометром (Н–2018м, М, $t=83,0^\circ\text{C}$)

Рис. 2. График изменения температуры с глубиной

Карбонатный комплекс верхнего мела характеризуется на одних и тех же глубинах более высокими температурами, чем песчано-глинистый комплекс среднего миоцена, а в последнем температуры значительно возрастают к предгорному прогибу. Четко прослеживается картина увеличения геотермического градиента и к поверхности. Наиболее интенсивный рост градиента происходит в верхней части. По мере погружения температурные кривые, независимо от района и литологической выраженности пород, сближаются.

В заключении дается рекомендация определения температур по глубине по изложенной методике, которая дает возможность обоснованно представлять тепловое состояние доступных для глубин бурения; применение ее для больших районов может служить хорошей основой для составления карт изотерм.

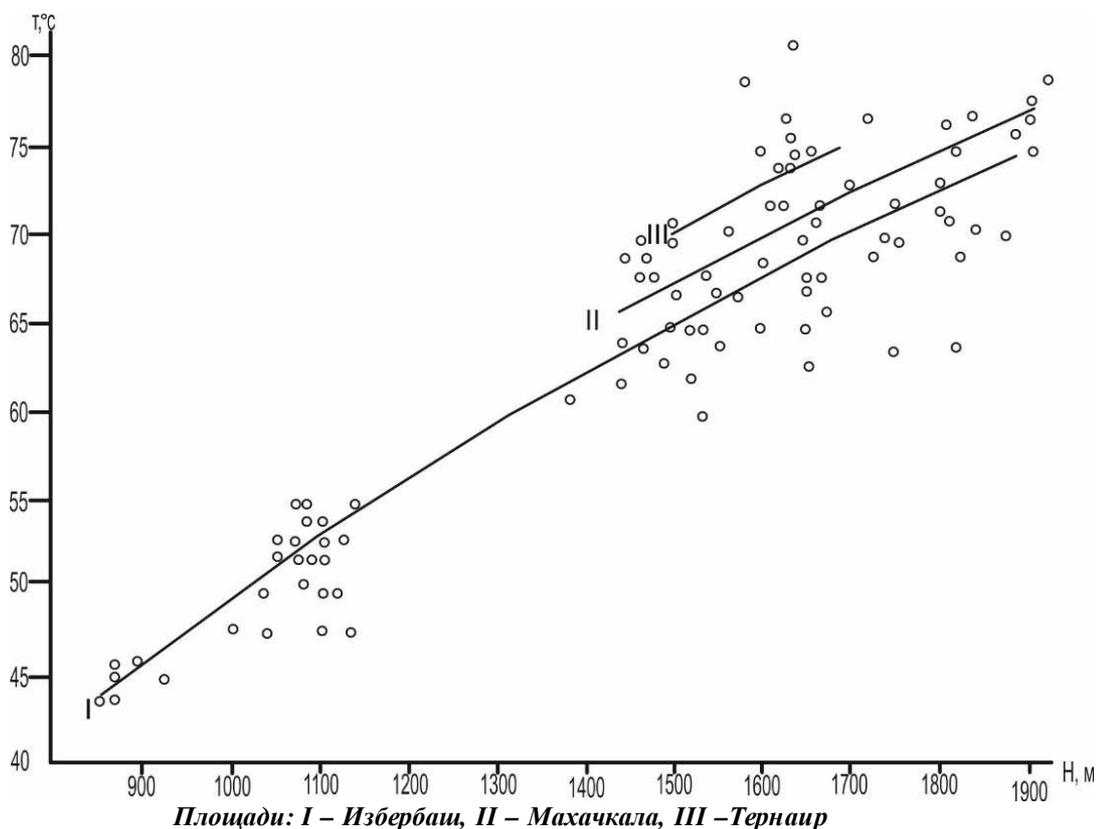


Рис. 3. Распределение температур по глубине в среднем миоцене

В следующей работе [11], состоящей из трех пунктов, приводится оценка качества и пути использования температурного материала.

1. Оценка температурного материала, где приводятся следующий **вывод**: «В условиях, когда трудно расчленить и учесть влияние многочисленных факторов на ход изменения температур по вертикали и существующие методы не указывают пути решения этого вопроса, необходим новый подход в изучении теплового режима недр. Этим методом является – установление закономерности распределения температур внутри определенного литологического комплекса по мере его погружения. Он может дополняться специальными геотермическими исследованиями в мелких скважинах, в основном, для выявления влияния граничных условий залегания комплекса».

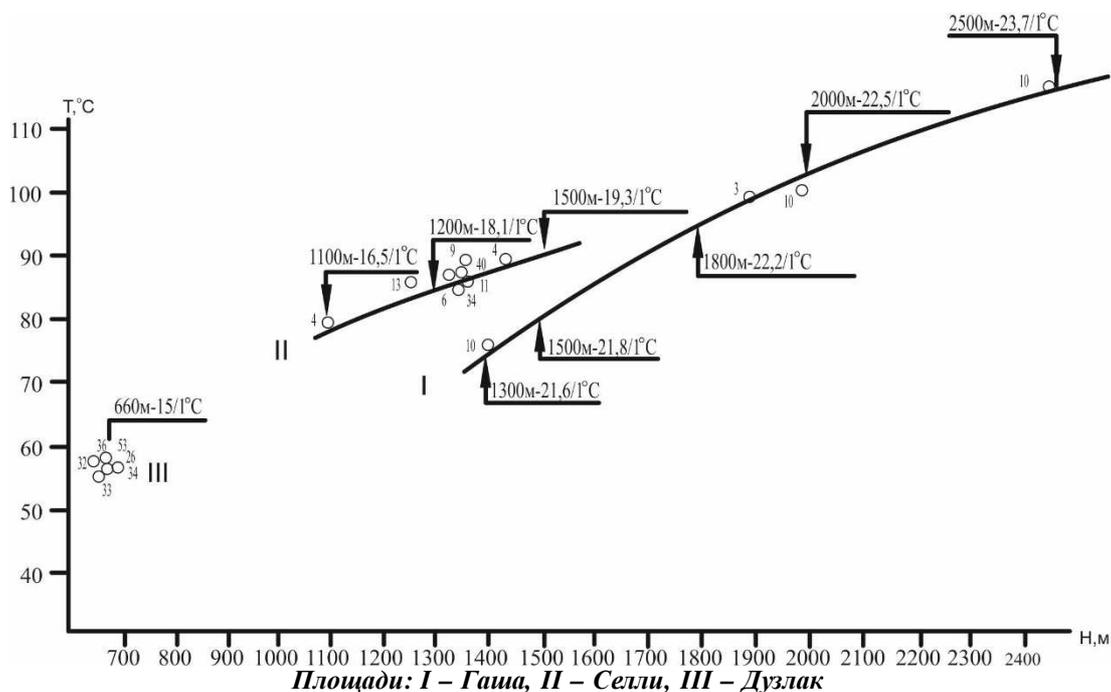


Рис. 4. Распределение температур по глубине в верхнемеловом комплексе

2. Закономерности распределения температур на месторождении, где в табличной форме приводится распределение температур по глубине для отложений среднего миоцена месторождений Избербаш (свод), Махачкала, а также отображены их графики.

Вывод: Установлен темп нарастания температур по мере погружения комплекса, позволяющий проводить экстраполяцию температур исследованного интервала глубин вплоть до глубин погружения, где структура расплывается на фоне общего структурного плана. Темп нарастания определяется по средней температурной кривой в пределах интервала глубин.

Анализ отобранных температур дает возможность установить также значение частной геотермической ступени для разных интервалов глубин залегания комплекса, имеющие важное значение для пересчета температур при построении карт геоизотерм по кровле комплекса или горизонта внутри его. Карта геоизотерм поможет в решении многих задач нефтепромысловой геологии. В других случаях они могут применяться для оценки ресурсов и путей использования подземных термальных вод, в частности, карта геоизотерм по кровле свиты «В» района Махачкала легла в основу использования термальных вод в городе.

3. Распределение температур в пределах комплекса, где в табличной форме приводится распределение температур по глубине для отложений среднего миоцена Предгорного Дагестана, а также отображены в графической форме.

Вывод: По усредненной кривой находится закономерность изменения температур в исследованном интервале глубин, на основании которой проводится экстраполяция температур до глубины максимального погружения комплекса. В соответствии с усредненными кривыми, построенными для отдельных зон, общим структурным планом составляют карту геоизотерм района по одному или нескольким комплексам отложений.

В следующей работе [12] предпринята попытка установления основных закономерностей изменения теплофизических свойств горных пород в связи с развитием процесса уплотнения пород.

Показано, что теплоемкость горных пород зависит от их минералогического состава, поровой воды, температуры и давления и, что для горных пород Дагестана имеются единичные замеры теплоемкости минералов в разных термодинамических условиях.

В работе отражены графики изменения теплоемкости основных породообразующих минералов и горных пород от температуры, графически показаны области изменения пористости и плотности глинистых и песчаных пород от глубины их залегания (для мезозойских отложений Южного Дагестана), таблица расчета теплоемкости основных типов пород мезозоя Дагестана в зависимости от глубины их залегания, график изменения усредненной теплоемкости горных пород в зависимости от глубины залегания (для мезозойских отложений), изменение плотности песчаных пород от их полной пористости, зависимость теплопроводности горных пород от их плотности, распределение плотности и теплопроводности глинистых пород в зависимости от глубины их залегания, распределение плотности и теплопроводности песчаных пород в зависимости от глубины их залегания, распределение плотности и теплопроводности карбонатных пород в зависимости от глубины их залегания (верхнемеловые известняки Дагестана).

Вывод: «Предлагаемые теоретические графики освещают количественную сторону увеличения теплопроводности пород с глубиной, основанную на конкретных геологических данных и дают достаточно объективные цифры для геотермических расчетов».

В следующей работе [13] показано, что изучение температурных условий карбонатного комплекса Южного Дагестана позволило установить основные закономерности и оценить температурный интервал залегания верхнемеловых и фораминиферовых отложений, основные закономерности распределения температур которых отражены на графике распределения температур в верхнемеловых и фораминиферовых отложениях Южного Дагестана в зависимости от глубины залегания, построенного на отобранных после анализа замеров забойных температур максимальным термометром при промысловых исследованиях скважин, а также на замеров температур воды на устье переливающей скважины, которая фактически сохранила температуру пласта. Рассматриваются распределение температур для Восточной (Берикей, Огни, Хошмензил, Дузлак) и Западной (Селли, Гаша, Ачи-су, Каякент, Избербаш) зон.

В работе [14] рассматривается вопрос использования гидротерм среднего миоцена предгорного прогиба Дагестана, в которой, ссылаясь на благоприятные структурные и литофациальные условия, выдвигает зону предгорного прогиба Дагестана, как весьма перспективный участок для развития крупных бассейнов высокотермальных вод, практическое использование которых тесно связано с оценкой температуры, запасов, химизмом и динамикой подземных вод и продуктивности скважин.

На наш взгляд, это далеко неполный перечень работ в указанных областях геологии, поскольку автор этих строк не владеет информацией за период 1980-1983 гг., когда Р.А. Александрович трудился в должности заведующего лабораторией геоэнергетики ИПГ ДНЦ РАН.

Таким образом, практические и научные исследования Р.А. Левковича внесли значительный вклад в указанные отрасли геологической науки и практики, некоторые из них носят фундаментальный характер, особенно – в области геотермии.

Поздравляем Рэма Александровича с 90-летним юбилеем и желаем ему крепкого здоровья и новых творческих успехов!

Литература

1. Меликов М.М., Меликов Я.М. Возобновляемость УВ с позиции концепций полигенеза их образования. Геология и ресурсы Дагестана (Памяти ученого и организатора геологической науки в Дагестане Магатаева Кади Султановича) //Тр. ИГ ДНЦ РАН, Махачкала, 2015. Вып.№ 64. С.108-120.(225с)
2. Меликов М.М., Меликов Я.М., Базманова П.М. Проблемы рационального освоения, охраны ресурсов недр и окружающей среды и прогнозирование техногенеза Прикумской зоны нефтегазонакопления Восточного Предкавказья. Материалы научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного геолога РФ Д.А. Мирзоева. «Региональная геология и нефтегазоносность Кавказа» //Тр. ИГ ДНЦ РАН, Махачкала, 2012 г., Вып.№ 58, С.194-199.

3. Меликов М.М. Теоретические разработки в трудах д. г.-м. н. Курбанова М.К. в области гидрогеологической науки. Научно-практическая конференция «Ресурсы подземных вод юга России и меры по их рациональному использованию, охране и воспроизводству», посвященная 75-летию М.К. Курбанова //Тр. ИГ ДНЦ РАН, Махачкала, 2009 г., Вып.№ 55, С.22-24
4. Левкович Р.А. и др. Ресурсы и использование подземных термальных вод Дагестана. Махачкала, 1957. с. 62 (Предварительный отчет, фонды ИГ ДНЦ РАН)
5. Левкович Р.А. Ресурсы и использование подземных термальных вод Дагестана, раздел «Термальные воды среднего миоцена» Махачкала, 1958. с. 30 (Промежуточный отчет, фонды ИГ ДНЦ РАН)
6. Левкович Р.А. и др. Ресурсы и использование подземных термальных вод Дагестана. Махачкала, 1959. с. 33. (Промежуточный отчет, фонды ИГ ДНЦ РАН)
7. Левкович Р.А. Ресурсы и использование подземных термальных вод Дагестана, раздел «Термальные воды среднего миоцена», Махачкала, 1960. с. 30 (Отчет, фонды ИГ ДНЦ РАН)
8. Левкович Р.А., Каспаров С.А, Кудрявцева К.А. Условия формирования и режим нефтяных вод мезозойского комплекса Предгорного Дагестана»(1961-1964 гг), Махачкала, 1964. (Отчет, фонды ИГ ДНЦ РАН)
9. Джамалов С.А., Левкович Р.А. Термальные воды среднего миоцена Дагестана и их использование //Тр. Геологического института. Т. I, Махачкала, 1958. С. 142-150.
10. Джамалов С.А., Левкович Р.А. Закономерности изменения температур по глубине. //Тр. Геологического института. Т. II, Махачкала, 1961. С. 245-251.
11. Левкович Р.А. Опыт изучения геотермических условий складчатых районов на пример Дагестана. Вопросы гидрогеологии и геотермии Дагестана //Тр. ИГ Даг ФАН СССР. Вып. 5., Махачкала, 1964. С.79.
12. Левкович Р.А. К оценке теплофизических свойств горных пород в естественном залегании (на примере мезозойских отложений Дагестана). Там же. С.56-68.
13. Левкович Р.А. К распределению температур в верхнемеловых и фораминиферовых отложениях Южного Дагестана. Там же. С. 69-72.
14. Левкович Р.А. К вопросу использования гидротерм среднего миоцена Предгорного прогиба Дагестана. Там же. С. 77-79.
15. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. Научный вклад М.К. Курбанова в изучении гидрогеологических условий Восточного Предкавказья, открытии месторождений и источников минеральных и термальных вод //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 62. С. 11-14.

ЮБИЛЕЙ**РЭМ АЛЕКСАНДРОВИЧУ ЛЕВКОВИЧУ - 90!**

Левкович Рэм Александрович родился 31 марта 1929 года в г. Владикавказе Северо-Осетинской АССР в семье служащего, образование высшее, специальность геология и разведка нефтяных и газовых месторождений.

В 1947 году закончил среднюю школу № 1 в г. Хасавюрте и в том же году поступил в Грозненский нефтяной институт, который закончил в 1952 году, получив диплом горного инженера по специальности «геология и разведка нефтяных и газовых месторождений».

На работу направлен в отдел геологии и нефти Дагестанского филиала АН СССР и был прикомандирован к Северо-Кавказской нефтяной экспедиции АН СССР, на базе которой был организован Институт геологии ДФ АН СССР.

В составе Северо-Кавказской нефтяной экспедиции АН СССР он занимался переоценкой извлекаемых запасов нефти Старо-Грозненского месторождения и геолого-экономическим анализом ведения поисково-разведочных работ. Были выявлены большая избыточность объемов эксплуатационного и разведочного бурения на месторождениях и разведочных площадях Сунженского антиклинория, резкое несоответствие планов нефтедобычи состоянию залежей и, как следствие, значительное снижение извлекаемых запасов.

На основании рекомендаций Северо-Кавказской нефтяной экспедиции АН СССР объединение «Грознефть» перенаправила бурение на разведку более глубоких горизонтов на Терском и Сунженском хребтах, где были открыты крупные нефтегазовые залежи, позволившие поднять добычу нефти за короткий срок с двух до двадцати пяти миллионов тонн в год.

В 1964 году в связи с реорганизацией Академии наук и передачей Института геологии ДФ АН СССР в состав Министерства геологии РСФСР, Левкович Р.А. переходит на работу в Тюменское геологическое управление старшим геологом в Ямальскую партию глубокого бурения. Здесь, наблюдая ту же картину бурения на бесперспективных, но удобных для выполнения плана по бурению площадях, он добивается переноса одной точки бурения на Новопортовскую площадку, где были только что начаты сейсморазведочные работы и намечалось крупное поднятие, перспективное на обнаружение залежей нефти и газа.

В заложенной на этом поднятии скважине Р-50 26 декабря 1964 года был получен мощный фонтан газа с конденсатом и полуостров Ямал с этого момента стал новым газонефтеносным районом страны. В 1966 году Левковича Р.А. назначают главным геологом Салехардской комплексной геолого-разведочной экспедиции, в которой преобладают геофизические работы.

В 1968 году Председатель Президиума Дагестанского филиала АН СССР приглашает Левковича Р.А. в Институт физики и поручает сформировать и возглавить лабораторию сейсмологии. Под его руководством была создана сеть сейсмологических станций, ставших основой для организации Опытно-методической партии Дагестанского филиала.

Разрушительное землетрясение 1970 года в Дагестане повлияло на формирование направлений сейсмологических исследований, где, наряду с инструментальной сейсмологией, получило развитие и изучение предвестников землетрясений с выходом на их прогноз. Поэтому основным объектом своей деятельности Р.А. Левкович избрал изучение этого геологического феномена. В 1972 году он защищает диссертацию на звание кандидата геолого-минералогических наук.

В 1994 году Левкович Р.А. переходит в Дагестанскую опытную-методическую сейсмологическую партию ГС РАН, впоследствии реформированную в Дагестанский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской Академии наук», где и работает по настоящее время.

В многочисленных публикациях Р.А. Левковича отражены вопросы пространственно-временной закономерности сейсмогенерации в рамках долгосрочных и среднесрочных прогнозов землетрясений, сейсмических режимов и сейсморайонирования, техногенной сейсмичности, термобарических условий недр и др. Он возглавил работы по изучению предвестников землетрясений, в результате которых было получено несколько прогнозов сильных землетрясений, осуществил краткосрочный (1-3 суток) прогноз землетрясений – 8-ми бального Буйнакского землетрясения 1975 года, 7-ми бального Киятлинского 1974 года и долгосрочный (в течение года) 8-ми бального Кизилюртовского 1999 года.

За 66 лет трудовой деятельности под редакцией Р.А. Левковича и с его непосредственным участием выпущены сборники научных статей, подготовлено более ста научных трудов, в том числе семь монографий, посвященных сейсмичности и геодинамике Дагестана и Восточного Предкавказья. В числе последних работ опубликованные в 2007 году «Общий каталог землетрясений на территории Дагестана. Макросейсмические и инструментальные данные о землетрясениях за период с VII в.н.э. до 2005 года» и «Сейсмический мониторинг и изучение геодинамики территорий Дагестана и акватории Среднего Каспия».

В настоящее время работает над созданием геоэнергетической модели сейсмофокальной области «Дагестанский клин» с приоритетом флюидодинамики.

Левкович Р.А. награжден медалью «За Победу над Германией», имеет ряд поощрений и Почетных грамот Президиума АН СССР и Президиума РАН.

Несмотря на свои 90 лет, Левкович Р.А. полон активной жизненной энергии, воспитал четырех детей, трудолюбив, дисциплинирован, имеет значительный научный авторитет. Принципиален, инициативен, высококвалифицированный специалист и добросовестный работник. Обладая широким кругозором и большими практическими навыками, делится своим опытом с коллегами. Требователен к себе и подчиненным, внимателен к коллегам по работе. Пользуется большим уважением в коллективе и среди научной интеллигенции. Заслуживает правительственной награды - медали «За доблестный труд».

О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЭМ АЛЕКСАНДРОВИЧА ЛЕВКОВИЧА

Асманов О.А.

Единая геофизическая служба РАН

В марте 2019 Дагестанский филиал Единой геофизической службы РАН (ДФ ФИЦ ЕГС РАН) и Институт геологии ДНЦ РАН отмечают 90-летие со дня рождения видного ученого, заслуженного геолога России Левковича Рэм Александровича.

Начало систематического изучения сейсмичности, как в глобальном, так и в региональном плане, связано с появлением возможности инструментальной регистрации землетрясений и создания сети сейсмостанций.

К середине XX столетия значительные участки высокосейсмичных регионов, в том числе и Дагестана, не имели на своей территории сейсмических станций, что, по сути дела, лишало возможности изучать сейсмический режим этих территорий.

С именем Амирханова Х.И. связана организация инструментальных сейсмологических наблюдений в Дагестане.

В 1950 году была открыта по договоренности с ИФЗ АН СССР сейсмостанция «Махачкала», от которой следует начать отчет изучения сейсмичности Дагестана.

Х.И. Амирханов проявил интерес к деятельности сейсмостанции в Дагестане и организации нового научного подразделения – отдела геофизики. В постановлении президиума АН СССР от 23 мая 1968 г «О перспективах развития научных учреждений Дагестанского филиала АН СССР на 1968-1975 годы» в числе основных научных задач ДФАН СССР упоминается развитие теоретических и экспериментальных исследований в области геофизики и сейсмичности территории республики.

Структурная лаборатория сейсмологии стала одной из лабораторий вновь созданного отдела геофизики Института физики Д ФАН СССР. В ноябре 1968 Р.А. Левкович был избран по конкурсу на должность заведующего лабораторией сейсмологии Института физики Д ФАН СССР.

Еще до официального открытия лаборатории сейсмологии было создано ее ядро. Среди первых сотрудников лаборатории были Асманов О.А., ныне кандидат физико-математических наук, заведующий отделом ДФФИЦ ЕГС РАН, Быстрицкая Ю.В., перешедшая в лабораторию с должности заведующей сейсмостанции «Махачкала», Ш.Г.Идармачев, ныне доктор физико-математических наук, известный специалист в области геоэлектрических наблюдений, в том числе и в области прогноза техногенных землетрясений, заведующий отделом института геологии ДНЦ РАН.

Х.И. Амирханов, как научный руководитель направления геофизических исследований, предложил лаборатории сейсмологии на базе имеющегося материалов создать на первом этапе исследований геолого-геофизическую модель земной коры Дагестана. В качестве первоочередного объекта исследования была выбрана толща осадочных отложений Дагестана и прилегающих территорий, достигающая в предгорной зоне мощности 10-12 км. В лаборатории был собран и обработан огромный по объему (одних только данных по объемному весу, пористости и проницаемости горных пород более 5000) материал по литологии, термобарическим условиям залегания, региональной тектонике, гидрогеологии Восточного Предкавказья. Проводились исследования по определению скорости упругих волн по образцам осадочных горных пород, изверженных из скважин и по естественным разрезам Дагестана.

При обработке материала применяется оригинальный методический приём: закономерности в поведении того или иного параметра рассматривались внутри определенного одновозрастного лито-стратиграфического комплекса в зависимости от глубины его залегания и пространственного положения.

Это дало возможность, подбирая однотипные по какому-то параметру образцы пород (литология, возраст, глубина залегания и другие) выяснить основные закономерности формирования физических свойств пород осадочной части земной коры Восточного Предкавказья и приступить к созданию пространственных (трехмерных) моделей ее по тому или иному параметру. Первой была создана плотностная модель строения осадочной толщи Дагестана. На базе выявленных закономерностей формирования теплофизических свойств пород в зависимости от литологии, плотности, РТ-условий образца в эксперименте, были рассчитаны теплофизические свойства пород осадочного разреза в естественном залегании и построены их пространственные модели.

Все работы и графики выполнены сотрудниками лаборатории сейсмологии под руководством Р.А.Левковича.

На базе плотностной модели и материалов сейсморазведочных работ Восточного Предкавказья были начаты работы по созданию объемных скоростей модели осадочной толщи Дагестана. Кроме этого была сконструирована и успешно работала система регистрации сейсмозврывов на переносной сейсмической аппаратуре на удалении от профилей МОВ на расстоянии от 3-10 км \perp к профилю, что позволило определить скорости при поверхностной части осадочной толщи 1-2 км. Работа была отмечена на ВДНХ медалью.

Наряду с проведением научных изысканий лаборатории сейсмологии взяла под контроль и вопросы организации сейсмических станций в Дагестане. Были получены решения райисполкомов об отводе земель под сейсмостанции.

Формирование сети сейсмостанции Дагестанский филиала АН СССР было ускорено благодаря главному сейсмическому событию XX столетия девятибальному землетрясению 14 мая 1970 года в Дагестане. Эта сейсмическая катастрофа с массовым разрушением населённых пунктов и человеческими жертвами, оставила неизгладимый след в памяти. Различным аспектам этого события посвящены многочисленные, в том числе и научные публикации.

15 мая Х.И. Амирханов напоминает Р.А. Левковичу, что лаборатория сейсмологии должна возглавить весь комплекс работ по изучению землетрясений. Первоочередной задачей ставится детальное изучение последствий землетрясения.

Одновременно Р.А. Левкович с сотрудниками лаборатории должен был обследовать эпицентральную зону.

Для координации всех работ, и главное, сохранения материалов наблюдений, при президиуме Дагестанского филиала АН СССР, был создан Научный совет по изучению природы и последствий Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года. По предложению Х.И. Амирханова председателем совета был назначен известный учёный сейсмолог Н.В.Шебалин, заведующий лабораторией сильных землетрясений ИФЗ АН СССР, ученым секретарем - Рэм Александрович Левкович.

Результатом деятельности этого совета стала 2-томная монография «Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 года» под редакцией Х.М. Амирханова, вышедшая в издательстве «Наука» в 1980 году под эгидой МССС при президиуме АН СССР, ИФЗ АН СССР и Дагестанского филиала АН СССР.

Наряду с началом строительства зданий для двух сейсмостанций в г. Дербенте и с. Ахты личные контакты с руководством республики по вопросу развития сети инструментальных наблюдений землетрясений привели к тому, что, опережая это строительство были выделены помещения для организации полигонных сейсмических станций, которые впоследствии оформились в стационарные. Для продолжения инструментальных наблюдений в эпицентральной зоне под руководством Р.А.Левковича были открыты сейсмостанции «Буйнакск» и «Дружба» в 1974 году, сейсмостанции «Дылым» и «В. Каранай». К 1975 году завершается строительство зданий под стационарные сейсмостанции в г. Дербенте, вс. Ахты и пос. Дубки.

Таким образом, к 1975 году заканчивается первый этап формирования сети инструментальных сейсмологических наблюдений Института физики Дагестанского филиала АН СССР.

Необходимо отметить, что организация полигонных сейсмостанций в эпицентральной зоне землетрясения 1970 года позволило не только проконтролировать весь афтершоковый период, но и зафиксировать инструментальные процессы подготовки сильных землетрясений, возникших по периферии очаговой зоны основного землетрясения. Особый интерес в прогнозном отношении представляло поведение зоны будущего очага Буйнакского землетрясения, позволившие Р.А.Левковичу прогнозировать место и, в какой-то мере, сроки этого землетрясения. Директивные органы в лице заместителей председателя Совета Министров ДАССР М.Ш. Абуева и Д. Давлетханова при личном контакте с Р.А. Левковичем были информированы о возможности сильного землетрясения в районе города Буйнакска менее чем за сутки до этого землетрясения.

Кроме того, полигонные сейсмостанции позволили изучить и такой феномен, как возбужденная сейсмичность. К моменту заполнения водохранилища Чиркейской ГЭС, расположившегося на периферии очага Дагестанского землетрясения 1970 года, вокруг водохранилища уже работала сеть сейсмостанций. Это позволило изучить влияние заполнения крупного (2,8 млрд. м³) водохранилища на сейсмический режим этого района. Серия землетрясений, сопровождавших заполнение водохранилища (землетрясение в Каранайском районе, Салатавское землетрясение 23 декабря 1974 года и Буйнакское землетрясение 9 января 1975 года) обладала целым набором аномальных признаков, позволяющих говорить об их возбужденном (техногенном) характере. Для изучения природы техногенного возбуждения сейсмичности недр в районе Чиркейского водохранилища был организован полигон. В комплексе геофизических исследований следует особо отметить геоэлектрический исследования (метод дипольного зондирования), которые проводились на базе созданной в лаборатории мощной установки, питающейся от промышленного тока Чиркейской ГЭС и позволявшей контролировать недра на глубине до 5 км.

В период с 1970 по 1976 годы отмечалась аномально высокая сейсмичность территории Дагестана и Чечни (одно девятибалльное, два 8-балльных, два 7-балльных и три 6-балльных землетрясений). Эти землетрясения явились хорошей школой для формирования профессионализма сотрудников лаборатории сейсмологии. На материалах всестороннего и детального изучения этой серии землетрясений формируются оригинальные представления об очаге землетрясения, в первую очередь о закономерности геологической локализации очага землетрясения и активной роли глубинного флюида в сейсмогенезе. Уточняются закономерности формирования макросейсмического поля сильного землетрясения в зависимости от тектонического строения района, уточняется каталог землетрясений Дагестана, проводится сейсмическое районирование его территории.

В этот период в городе Махачкала Межведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству при президиуме АН СССР проводит два выездных заседания, на которых высказывалось мнение ведущих сейсмологов страны о формировании своеобразной дагестанской школы сейсмологов, особенностью которой была сильная геологизация сейсмологических построений и исследований по прогнозу землетрясений. Последние получили широкое развитие в Институте геологии Дагестанского филиала АН СССР (гидрохимия, газохроматография, масс-спектрометрия, атмосферное электричество и другие), результаты этих исследований были изложены на совещаниях разного, в том числе и международного уровня и получили одобрение. Исследования по прогнозу землетрясений проведенные в лаборатории сейсмологии, были представлены на ВДНХ и отмечен золотой медалью ВДНХ (Д.Г. Осика с группой сотрудников); исследования техногенной сейсмичности, проводимые лабораторией сейсмологии, также отмечены медалью ВДНХ. Видимо, спонтанное сближение сотрудников разных институтов на исследовании различных аспектов такого геологического феномена, как

землетрясение и послужило основанием для решения Х.И. Амирханова о передаче лаборатории сейсмологии в Институт геологии.

Мощным толчком развития не только сейсмологических, но и исследований других геофизических явлений, послужило решение директивных органов (Постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР от 23 февраля 1978 года) направленное на усиление исследований, связанных с разработкой методов прогноза землетрясений. Во исполнении вышеупомянутого постановления Президиума Дагестанского филиала АН СССР от 17 апреля 1979 года была организована Опытно-методическая партия (ОМП) ДФАН СССР на инструментальной базе сейсмических станций в лаборатории. Этой организацией позже проведена большая работа – это расширение сети сейсмических станций, их оснащение современной аппаратурой и внедрение новых методов обработки материалов сейсмологических наблюдений. Наряду с полученными от Лаборатории сейсмологии Института геологии 5 региональными сейсмостанциями: Буйнакск, Дубки, Дылым, Дербент и Ахты, начиная с 1984 года были открыты полигонные наблюдения в 33-х точках. Для обеспечения нормального охвата инструментальных наблюдений сильных землетрясений в ближайшее время постоянно менялись места наблюдений полигонных сейсмических станций вокруг стационарных.

В настоящее время вместо ОМП образован Дагестанский филиал Федерального исследовательского центра Единой геофизической службы РАН (ДФ ФИЦ ЕГС РАН).

На территории Дагестана в настоящее время работает 16 цифровых сейсмостанций. Центр обработки – город Махачкала (ул. Белинского 16). Вместе с ростом числа станций и их оснащённостью современными приборами, усовершенствовались и методы обработки и записи землетрясений, с целью более точного определения координат эпицентров и глубин залегания очагов землетрясения. Определение параметров очагов землетрясений до 1990 года в основном проводилось вручную по методу засечек. Иногда применялся метод изохрон, подготовленный Д.Н. Рустановичем по экспериментальным данным 14.5.1970 г. и Кавказский годограф Т.М. Лебедева.

В это же время Р.А. Левкович, как научный руководитель ОМП, рекомендовал работы по созданию местных годографов, улучшению методики обработки записей землетрясений. В 1980 году О.А. Асманов построил осредненный годограф сейсмических волн для территории Дагестанского клина по экспериментальным данным повторных толчков Дагестанского землетрясения 1970 года для глубин 3-24 км; в 1990 году построил осредненный годограф сейсмических волн Дагестана для глубин 30 км с интервалом 3 км. В 1998 году определение координат гипоцентров землетрясений Дагестана производилось на ЭВМ, используя местный годограф составленный в 1990 году.

В последующие годы дагестанскими сейсмологами (О.А. Асманов, З.А. Адилов, Р.А. Левкович) делались попытки построения более точных и пригодных для массовой обработки годографов для Дагестана до глубин 90 км через 5 километровый интервал. Годограф опубликован в сборнике: «Землетрясения северной Евразии 2008 год». Р.А. Левкович большое внимание уделял вопросам исследования сейсмичности и сейсмического режима территории Дагестана и смежных районов. Систематически проводились макросейсмические исследования сильных землетрясений в исследуемой территории, а также большое внимание он уделял вопросам сейсморайонирования, составлению соответствующих карт. Он является одним из авторов всех карт сейсмического районирования на территории Северо-Восточного Кавказа начиная с 1970 года.

Разрушительное землетрясение 1970 года в Дагестане повлияло на формирование направления сейсмологических исследований, где наряду с инструментальной сейсмологией получено развитие и изучение предвестников землетрясений с выходом на их прогноз. Поэтому основным объектом своей деятельности он избрал изучение этого геологического феномена.

1972 году он защитил диссертацию на звание кандидата геолого-минералогических наук. За последний период (1968-2018 годы) Р.А.Левкович подготовил модели сейсмогенерации в рамках долгосрочного и среднесрочного прогноза землетрясений, сейсмического режима, и сейсморайонирования, техногенной сейсмичности, термобарических условий недр и др. Им сделано несколько удачных прогнозов сильных землетрясений, в том числе краткосрочных - Буйнакского 9. 01. 1975 год с $M=5,4$ с интенсивностью 8 баллов в эпицентре (прогноз в течение суток), долгосрочных - Кизилюртовское 31 января 1999 год, $M=5,6$ интенсивность 7 баллов (прогноз за 8 месяцев).

Под редакцией Р.А. Левковича с его соавторством, выпущены сборники, подготовлены более 100 научных трудов, в том числе 4 монографии, посвященные сейсмичности и геодинамике Дагестана и Восточного Предкавказья. В числе его последних опубликованных работ – «Общий каталог землетрясений на территории Дагестана. Макросейсмические инструментальные данные о землетрясениях за период с VII века н.э. до 2005 года» изданный в 2007 году и «Сейсмический мониторинг изучения геодинамики территории Дагестана и акватории Средне-го Каспия».

В свои 90 лет Р.А. Левкович полон активной жизненной энергии, трудолюбив, дисциплинирован. Воспитал 4 детей, пользуется большим уважением в коллективе и среди научной интеллигенции, заслуживает достойные правительственные награды и звание «Заслуженный геолог России».

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 ДНЦ 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 № 1 (76) 2019

Издаются по решению ученого совета ИГ ДНЦ РАН

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

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

Подписано в печать 25.03.2019 г. Формат 60x84¹/₈.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 12,1. Уч.- изд. л. 6,5. Тираж 200 экз. Заказ №19-06-076.



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