



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт геологии
Дагестанского федерального
исследовательского центра РАН
"ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН"

ISSN: 2541-9684

№ 1 (88), 2022
Ежеквартальный
научный журнал

Издается по решению Ученого совета
Института геологии ДФИЦ 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
член-корреспондент НАН Азербайджана
д.ф.-м.н., профессор, Геофизический институт ВНЦ РАН,
д.г.-м.н., профессор, ИГиИС НАН Армении
д.ф.-м.н., Чеченской академии наук
член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н., профессор, ДФИЦ РАН
член-корреспондент РАН, ОНЗ РАН
д.ф.-м.н., профессор, ДГУ
академик РАН, ГИН РАН

Редакционная коллегия:

д.г.-м.н., г.н.с., ДФИЦ РАН

к.т.н., в.н.с., ДФИЦ РАН

к.ф.-м.н., в.н.с., ДФИЦ РАН
д.т.н., профессор, ДГТУ
д.т.н., профессор, ДГУ
д.ф.-м.н., профессор, ДГУ
к.г.-м.н., в.н.с., ДФИЦРАН
д.г.-м.н., г.н.с., ИПГ ВЭ – ИВТАН РАН
д.б.н., г.н.с., профессор, ДФИЦ РАН
к.ф.-м.н., ДФИЦРАН
д.ф.-м.н., г.н.с., ДФИЦ РАН
к.г.н., в.н.с., ДФИЦ РАН
к.с.-х.н., с.н.с., ДФИЦ РАН
д.ф.-м.н., профессор, ДГУ
к.г.-м.н., в.н.с., (научный редактор), ДФИЦ РАН
д.г.-м.н., г.н.с., профессор, ИПГ ВЭ – ИВТАН РАН
к.г.-м.н., с.н.с., ДФИЦ РАН
к.ф.-м.н., ДФИЦ РАН
к.г.-м.н., ДФИЦ РАН
д.т.н., г.н.с., профессор, ДФИЦ РАН
к.г.-м.н., в.н.с., ДФИЦ РАН
к.ф.-м.н., доцент, ДГУ
н.с., (ответственный секретарь), ДФИЦ РАН
н.с., (технический редактор), ДФИЦ РАН
инж., (составитель), ДФИЦ РАН

Алхасов А.Б.
Асхабов А.М.
Богущ И.А.
Гаврилов Ю.О.
Глико А.О.
Алиева Э.Г.-М.
Заалишвили В.Б.
Карапетян Д.К.
Керимов И.А.
Муртазаев А.К.
Морозов Ю.А.
Рабаданов М.Х.
Федонкин М.А.

Черкашин В.И.
(главный редактор)
Мамаев С.А.
(зам. главного редактора)
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.
Кондаков В.М.
Курбанисмаилов В.С.
Магомедов Р.А.
Маммаев О.А.
Мацапулин В.У.
Таймазов Д.Г.
Темирбекова У.Т.
Тотурбиев Б.Д.
Юсупов А.Р.
Якубов А.З.
Гусейнова А.Ш.
Мамаев А.С.
Ахмедов А.С.

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

При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.

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

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

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

Научный журнал "Труды Института геологии ДНЦ РАН" издается Институтом геологии ДФИЦ РАН с 1956 г.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ПРИВОДОРАЗДЕЛЬНОЙ И САМУРО-БЕЛОРЕЧЕНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ЗОН (на примере Горного Дагестана) <i>Гусейханов С.М.</i>	4
СЕЙСМОТЕКТОНИКА И СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА <i>Магомедов Р.А.</i>	16
СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЙОНА СУЛАКСКОГО КАСКАДА ГЭС ЗА ПЕРИОД 1974 – 2020 гг. <i>Мусаев М.А.</i>	37
ВЛИЯНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГОРНЫХ ПОРОД В РАЗЛОМНОЙ ЗОНЕ <i>Идармачев Ш.Г., Алиев И.А., Магомедов А.Г., Идармачев А.Ш.</i>	44
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ПОИСКА ПРЕСНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ТЕПЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ В РАВНИННОМ ДАГЕСТАНЕ <i>Идармачев¹ И.Ш., Марченко² М.Н., Магомедов¹ А.Г., Идармачев¹ А.Ш.</i>	51
МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ХУЧНИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2 ЯНВАРЯ 2021 Г. С $M_s=4.6$ <i>Асманов О.А., Адилев З.А.</i>	58
АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ в 2000-2020 гг. <i>Алиева А.В.</i>	65
ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ДАГЕСТАНА <i>Маммаев О.А., Маммаев Б.О.</i>	74
СТРАТИГРАФИЯ – ОСНОВА ПОИСКОВЫХ И ГЕОЛОГО РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ЮГА РОССИИ <i>Баркуева Л.С., Темирбекова У.Т.</i>	77
КОНЦЕПЦИИ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ: ЕДИНСТВО ВЗГЛЯДОВ И ПРОТИВОРЕЧИЙ <i>Меликов М.М.</i>	80
СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ, МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ ОБЛАСТИ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА И ПЕРЕДОВЫХ ТРЕТИЧНЫХ ХРЕБТОВ <i>Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Ахмедов А.С., Юсупов З.А., Мамаев А.С.</i>	89

УДК 551.24;553.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-4-15

О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ПРИВОДОРАЗДЕЛЬНОЙ И САМУРО-БЕЛОРЕЧЕНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ЗОН (на примере Горного Дагестана)

*Гусейханов С.М.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Статья посвящена механизмам формирования рудных ловушек Самуро-Белореченской и Приводораздельной металлогенических зон Горного Дагестана. Показано, что в обеих зонах рудолокализирующими структурами являются дизъюнктивно - пликативные деформации, которые в первом случае образовались во фронтальных частях надвиговых перемещений, которые были обусловлены горизонтальным сжатием и порожденным им образованием складок в начале формирования Большого Кавказа. Формирование этих деформаций происходило последовательно от севера к югу по фронтальным частям надвиговых перемещений. Во втором случае рудолокализирующие структуры в Приводораздельной металлогенической зоне возникли в южном крыле формировавшегося междуантиклинориями Большого Кавказа синклинория сдвиговыми перемещениями, которые возникли в результате постепенного наращивания сжимающих усилий в юго-восточном направлении и этот процесс был обусловлен не параллельностью приближающихся краев Аравийской и Скифской плит. Он на завершающих этапах формирования Большого Кавказа вызвал юго-восточного направления выжатие замковой части синклинория.

Ключевые слова: геосинклинальный прогиб Кавказа, антиклинории Главного и Бокового Кавказских хребтов, Кизил-Деринская синеклиза (синклинорий), Кизил-Деринская рудоносная структура, рудомигрирующие, рудолокализирующие структуры, пластичное течение пород, сдвиговые перемещения.

FORMATION OF ORE TRAPS IN PRIVODORAZDELNAYA AND SAMURO-BELO-RECHENSK METALLOGENIC ZONES (on the example of Gorny Dagestan)

*Guseikhanov S. M.
Institut of Geology, DPRC RAS*

The article is devoted to the mechanisms of the formation of ore traps in the Samuro-Belorechenskaya and Privodorazdelnaya metallogenic zones of Gorny Dagestan. It is shown that in both zones rudolocalizing structures are disjunctive - plicative deformations, which in the first case were formed in the frontal parts of thrust displacements, which were caused by horizontal compression and the formation of folds generated by it at the beginning of the formation of the Greater Caucasus. These deformations were formed sequentially from north to south along the frontal parts of thrust displacements. In the second case, ore-localizing structures in the Privodorazdelnaya metallogenic zone arose in the southern wing of the synclitorium formed between the anticlinoria of the Greater Caucasus by shear displacements that arose as a result of a gradual increase in compressive forces in the southeastern direction, and this process was not due to the parallelism of the approaching edges of the Arabian and Scythian plates. At the final stages of the formation of the Greater Caucasus, it caused the squeezing of the castle part of the synclitorium in the southeastern direction.

Key words: geosynclinal trough of the Caucasus, anticlinoria of the Main and Lateral Caucasian ridges, Kizil-Derinskaya syncline (synclitorium), Kizil-Derinskaya ore-bearing structure, ore-migrating, ore-localizing structures, plastic flow of rocks, shear displacements.

Краткий очерк по изучению колчеданных рудных объектов

Основной целью предлагаемой работы является выяснение механизмов формирования рудных ловушек в металлогенических зонах, в которых в одном случае (Приводораздельной) из гидротермальных растворов при их миграции осаждались промышленной значимости (по запасам), в других (Самуро-Белореченской) из-за «малой объемности образующихся пустот» рудных ловушек - не промышленной значимости руды [7]. В этой работе было показано что Горный Дагестан не складчато-глыбового, ограниченные глубоким заложением уходящими в фундамент разломами сооружение, а представляет собой часть аккреционной призмы, которая возникла

между устойчивой (неподвижной, явившимся упором) СП и мобильной при коллизионных процессах АП. Эта призма возникла под воздействием северного направления коллизионной СП природы сжимающих усилий. СП при этом явился воспрепятствовавшим северному дрейфу Аравийской плиты упором. Такая модель геологического строения Горного Дагестана как складчато-надвиговое строение, образованное при надвиговых только северного направления перемещениях без учета надвиговых перемещений в южном боку Большого Кавказа, где надвиговые перемещения по данным азербайджанских исследователей происходили в южном направлении [9], геологическую историю Большого Кавказа (БК) отражала частично, не в полной мере. По ней не ясен был механизм формирования антиклинория Главного Кавказского хребта (АГКХ). Она также не отражала геологические причины разделения БК на различающиеся по геологическому строению Западный, Центральный и Восточный сегменты. Из этой модели не ясна была геологическая природа Приводораздельной и Самуро-Белореченской металлогенических зон, механизм формирования в них рудных ловушек. Комплексное изучение геологического строения БК с привлечением данных по геологическому строению его южного бока по данным азербайджанских исследователей у складчатого сооружения БК северные и южные части имеют обратно зеркальные строения. В южном боку БК вергенция пород южная, а в северном – северная. Горный Дагестан (ГД) пространственно полностью располагается в северной части складчатого сооружения БК. Складчатые структуры вдоль северного края Закавказского срединного массива и антиклинория Бокового Кавказского хребта (АБКХ) являются возникшими при сжатии дизъюнктивными деформациями из серий, надвинутых с южной стороны к югу, с северной к северу деформациями с фронтальной последовательностью их формирования. АГКХ (или Сперозо - Туфанская зона на территории Азербайджана) является вытолкнутой кверху при сжатии автохтона частью аллохтона, у которого южный край надвигался к югу, а северный к северу.

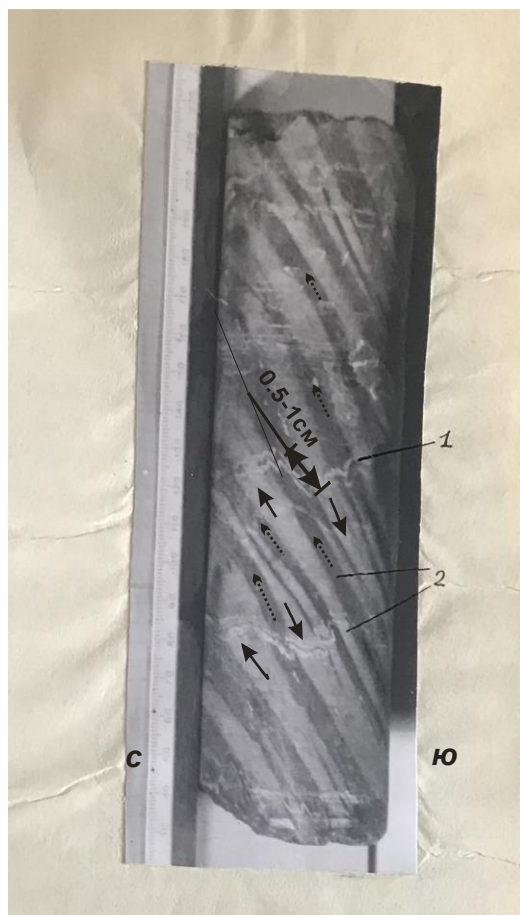
Образование структурных сооружений БК, его антиклинорий, как ранее было показано [8], имеет долгую историю, они начались на Центральном Кавказе и их образование в полихронном режиме перемещались к северо-западу и юго-востоку. Полихронность формирования структурных единиц БК были обусловлены коллизионной природы сжимающими, обусловленными дрейфом АП к северу в сторону менее мобильной СП и которые напротив острия АП намного превышали чем таковые к северо-западу и к юго-востоку от него. Это обусловило полихронность развития всех геологических процессов как складкообразования, так и рудогенеза. Неравномерное же сжатие по простиранию обусловило не только послойные перемещения, но и сдвиговые, приуроченные к сланцеватости частые сдвиги. Образование АГКХ, происходило не только путем его выталкивания кверху, но и путем сдвиговых перемещений полого кверху в юго-восточном направлении. На это указывают многочисленные тектонические нарушения со следами перемещений по приуроченным к сланцеватости плоскостям перемещений в виде штрихов, борозд скольжения, которые при первичной геологической документации керн буровых скважин, горных выработок были зафиксированы при геологоразведочных работах на месторождении Кизил-Дере. Это также широко развиты и в рудном районе. При этом по штрихам, бороздам скольжения сдвиговые перемещения происходили полого вверх к юго-востоку. Однако это явление как в период геологоразведочных работ на месторождении, так и при проведении поисковых, съемочных работ осталось не изученным. Прямые признаки развития юго-восточного направления сдвиговых перемещений в виде пластичного течения пород по сланцеватости к северо-западу от горы Базардюзь приведены в отчете Гусева А.И. 1982 года по крупномасштабному картированию масштаба 1: 25000 в Хнов – Борчинском рудном поле [11]. Явления пластического течения пород, как здесь отмечено, происходили по сланцеватости, но их геологическая природа, механизм его реализации остались не раскрытыми (см. рис.1) и ими не рассматривались. Явление пластического течения пород осталось не изученным и при проведении

разведочных работ на месторождении Кизил-Дере, хотя при первичной геологической документации керна буровых скважин и горных выработок оно отмечалось многими исполнителями.

Как видно из рисунка в темных рассланцованных полосках маломощные прослои алевролитов деформированы в виде их «растягивания» одним направлением и их «растяжение» происходит только в пределах рассланцованных полосок. В примыкающих к ним такой же размерности светлых, но не рассланцованных полосках прослои алевролитов не растянуты, наоборот поперечно укорочены путем их деформирования и образования мелкой складчатости. В полосках с обеих сторон рассланцованных полосок прослои на разных уровнях (через 0.5-1 см) сохраняют параллельность друг к другу. Это доказывает возникновение сланцеватости путем микросдвигов (микросмещений), которые возникли при пластических течениях пород в направлении из сильно сжатых частей в менее сжатые. Этот процесс обусловлено полихронным режимом развития геологических процессов на ВК от севера к юго-востоку. При этом суммарные микросдвиги на отдельных интервалах переходили в совпадающие со сланцеватостью крутые разрывные нарушения, у которых южные блоки относительно северных полого и кверху смещались к юго-востоку. Явления пластического течения пород при проведении «Крупномасштабного картирования ...» Гусевым А.И. отмечены на расстоянии 5 км от балки Лавинная (северо-западный) и балки Снежная (юго-восточный) фланги месторождения Кизил-Дере. При проведении поисковых работ на золото явления пластического течения пород были выявлены к юго-востоку от месторождения Кизил-Дере на расстоянии 29 км в верховье Чехычай (левый борт), по реке Муларчай, по левому борту левого притока Мазачая Туларчай и по реке Фийчай. Все эти участки строго, как и в Кизил-Деринском рудном поле, приурочены к смежной части АГКХ к синклинали между антиклинориями БК. К юго-востоку от верховья реки Чехычай выталкивание АГКХ с надвиганием его северного борта на север прекращается и на продолжении этой зоны к юго-востоку развиты частые мелкие складки с северной vergence и с не нарушенной целостностью слоев в них.

Суммарное увеличение пластического течения пород и значительное увеличение выталкивания АГКХ кверху к концу складкообразовательных процессов произошедших после образования карбонатных комплексов привело к тому, что юго-восточная часть ВК относительно его северо-западной оказалась на более высоких уровнях. Вследствие этого образование складчатых осложнений в терригенных отложениях массива горы Базардюзю происходило на более высоких гипсометрических уровнях на одном уровне с карбонатными комплексами современного массива горы Шахдаг. Это способствовало к более сильному геодинамическому воздействию при их формировании на карбонатные комплексы массива горы Шахдаг, к их более сильному сжатию, что привело к формированию в них синформной асимметричной (опрокинутой к северу) складки в результате их продольного изгиба. У этой складки северное крыло полого падающее на юг, а южное крутое, осложненное более низкого порядка складками. Такое же, как и на Шахдаге складчатое строение имеют и карбонатные комплексы Шалбуздага. Литологически карбонатные комплексы Шалбуздага представлены более глубоководными нежели по северо-западному торцу Шахдага (массивы гор Ерыдаг, Сельды) характерными для юго - восточной половины Шахдага карбонатными комплексами, которые согласно залегают на более ранние мелководные карбонатные комплексы. При этом карбонатные комплексы согласно налегают на эродированные отложения гепцайской свиты средней юры. Это прямо свидетельствует о наступлении мелководных условий образования карбонатных комплексов на меридиане горы Шалбуздаг уже в среднеюрское время, тогда как карбонатные комплексы Шахдага формировались в средневерхнеюрское время, так как на Шалбуздаге к этому времени начались эрозионные процессы. Характерной особенностью титонских отложений Шалбуздага является присутствие в их составе крупных обломков – ксенолитов оксфорд - киммериджских отложений. Это указывает на полный выход северо-западной части горы Шалбуздаг к концу киммериджа из под уровнем моря, наступлению здесь эрозионного режима и образованию за счет продуктов их эрозии титонского

яруса карбонатных комплексов горы Шалбуздаг. Береговая линия моря в титонское время между горами Шалбуздаг и Сельды в титонское время проходила между ними, о чем свидетельствуют оксфорд-киммериджские мелководные рифовые известняки в основании Горы Сельды и в основании северного обрыва массива горы Шахдаг до так называемой Каладжухской седловины.



1- слоистость истинная; 2- псевдослоистость- (в темных полосах сланцеватость параллельная полосам, а в светлые – сланцеватость не проявлена). Ориентировка зерна определена на основании регионального южного падения сланцеватости. (Сплошными стрелками – относительно друг к другу смещения не рассланцованных полосок, пунктирными – направление микросмещений при формировании сланцеватости)

(Из отчета: крупномасштабное картирование масштаба 1:25 000 в Хнов-Борчинском рудном поле в 1982 г).

Рис. 1. Зоны пластического течения пород.

Зафиксированное в карбонатных комплексах массива горы Шахдаг оруденение – это не экзотика (как это отмечено при съемочных работах [14]), а вполне закономерный процесс при наложении гидротермальных процессов на карбонатные комплексы. Таким путем в штате Вермонт США образовано крупнейшее месторождение золота Карлин. По данным пробирных анализов штучных образцов в зоне «Ефремовская» в пределах Скалистого хребта в Горной Осетии (РСО-Алания) содержание золота по отдельным штучным образцам достигают 1.4-1.6 г/т. Зоны минерализации в карбонатных комплексах горы Шахдаг по материалам GoogleEarth четко дешифровываются и к юго-востоку от Каладжухского перевала на территории Азербайджана. Тем не менее вопрос золотоносности карбонатных комплексов по всему Кавказу остался не изученным.

Из 818 известных на 2010 год рудопроявлений ГД [12] в юго-восточной части Приводораздельной металлогенической зоны известны лишь 2-3 рудных объекта и, как оказалось, весь огромный объем оценочных работ, которые завершились к 90 - им годам прошлого столетия, были проведены в не перспективной на формирование промышленной значимости рудных объектов Самуро-Белореченской металлогенической зоне. Хотя разведка месторождения Кизил-Дере давно завершена и его запасы утверждены в ГКЗ СССР еще в 1988 году, она до сих пор не введена в эксплуатацию и основной причиной этому является отсутствие достаточной минерально-сырьевой базы для будущего горно-обогатительного комбината месторождения. После подсчета запасов месторождения Кизил-Дере, их защиты, утверждения в ГКЗ все работы по выявлению аналогичных ему рудных объектов в ГД были свернуты, хотя в тот период так и не был разрешен вопрос о рудогенетических процессах, приведших к образованию промышленной значимости рудных объектов. Оценка рудных объектов в обеих металлогенических зонах проводилась по одной и той же методике, которая была основана на господствовавшей в тот период концепции о крутых секущую складчатую структуру положений рудных тел и их прослеживании на более глубоких горизонтах буровыми работами. При этом львиная доля поисково-оценочных работ, как оказались, были проведены в неперспективной на образование промышленной значимости рудных объектов Самуро-Белореченской металлогенической зоне, но сами объекты были броскими, выходящими на дневную поверхность. Рудные объекты Самуро-Белореченской металлогенической зоны, как ранее было отмечено [8], приурочены к рудным ловушкам в южном крыле АБКХ. Они формировались при поперечном сжатии, укорочении, приведший к формированию БК, к образованию послойных перемещений в комплексе с взбросо-складками, в которых при миграции рудных растворов осаждались рудные компоненты. Здесь же отмечены переходы послойных перемещений с одного пласта на другой. Шарниры взбросо-складок в этой зоне пологие.

Предположение приуроченности рудных тел месторождения Кизил-Дере к возникшим при складкообразовании рудным ловушкам (полостям отслаивания) в секущей складчатую структуру рудоносной его зоне автор впервые выдвинул еще в 1982 году. Оно было сделано на основании морфологических особенностей всех типов складок рудного поля месторождения, определенной по взаимоотношениям сланцеватости и слоистости, параллельности слоистости и полосчатости массивных руд между собой к являющимися осевыми поверхностями складок сланцеватостью, определенные как по керну скважин, горных выработок, так и на поверхности, морфоструктурным анализом. Образование как складчатого сооружения рудного поля, а также рудных ловушек месторождения Кизил-Дере в его рудоносной зоне автор связывал северо-восточного направления сжимающими усилиями. Природа этих усилий в тот период автору не была ясна [1,2]. Эти усилия, как вытекает из изданной в 2001 году схемы тектонического районирования России масштаба 1:5 000 000, обусловлены коллизионными процессами при субдукции Аравийской плиты (АП) под Скифскую плиту (СП). По этой схеме Кавказ отнесен к аккреционно - коллизионной области.

Анализ явлений пластического течения пород по сланцеватости, которые широко развиты в Кизил-Деринском рудном поле, которые не нашли должного внимания в окончательном отчете по одноименному месторождению с подсчетом запасов и утверждением его запасов в ГКЗ в 1988 году, позволяет определить решающую роль ориентированной по сланцеватости пластического течения пород в образовании промышленной значимости рудных залежей этого месторождения, которые пространственно приурочены к Приводораздельной металлогенической зоне.

На основании этих данных автор предлагает следующую геодинамическую модель формирования металлогенических зон, где при различных этапах (фазах) формирования структурного сооружения БК в разных его тектонических единицах образовались разной промышленной значимости рудные объекты.

Геодинамика формирования складчатого сооружения Большого Кавказа и его металлогенических зон. Позиция рудного поля месторождения Кизил-Дере в рудоносной структуре

В генезисе рудных залежей месторождения Кизил-Дере- единственного пока промышленной значимости рудного объекта в Горном Дагестане на Восточном Кавказе, имеются различные точки зрения начиная от гидротермально-метасоматического, гидротермально-осадочного, осадочного органогенно-хемогенного происхождения его рудных тел до их образования в океанических впадинах в «черных курильщиках», где из-за лавинного характера осадко-накопления в конседиментационном режиме происходило захоронение образующихся в «жерлах черных курильщиков» рудных тел. Сторонники гидротермально-метасоматической теории рудообразования формирование рудных залежей месторождения связывают с осаждением из привнесенных по глубинным разломам гидротерм по секущим складчатую структуру зонам трещиноватости. Сторонники образования полигенных рудных тел месторождения Кизил-Дере гидротермально-осадочным путем [12] связывают с внедрением по глубинным разломам гидротерм и их осаждения в палеовпадинах. По их взглядам массивные рудные тела при складкообразовании в силу гетерогенности среды проскальзывали по зонам пластического течения пород. Сторонники этой концепции пластическое течение пород связывают с ламинарного типа ориентированными по сланцеватости сдвиговыми пластическими течениями под действием бокового сжатия и одновременных сдвиговых смещений. Однако при таком механизме перестройки рудных тел, когда массивного строения и разного состава рудные тела, которые по падению имеют несколько сотен метров, в ширину (толщину) десятки метров в плоскости разреза развернулись больше 90 градусов и как они остались цельными, как это произошло логически представить очень трудно.

Сторонники формирования рудных залежей месторождения Кизил-Дере в океанических впадинах по принципу «черных курильщиков» Кизил-Деринскую синклиналь-синформу считают наиболее глубоко погруженной частью ааленской рифтогенной зоны, куда по зоне растяжения в ее осевой его части одновременно с осадконакоплением внедрялись и гидротермальные растворы, за счет которых в разных секущих складчатую структуру зонах трещиноватости формировались отдельные рудные тела. Однако при таком механизме формирования рудных тел месторождения логически трудно объяснить резкие режущего типа контакты рудных тел месторождения с вмещающими их осадочными отложениями и почему последние хоть как-то не обогатились рудными компонентами и при допуске, как считают сторонники этой концепции, лавинном с формированием «черных курильщиков» осадконакоплении. Кроме того, не ясен механизм перехода от режима рифтогенеза (растяжения) к режиму сжатия (по принципу гармошки) уже после образования «черных курильщиков» и почему наступившего послерифтогенеза режиме сжатия массивные, сплошь состоящие из сульфидов рудные тела не подверглись каким-либо изменениям (дробление или другие их преобразования). Геологическое строение месторождения Кизил-Дере приводится по материалам детальной его разведки по отчету за 1984 г. и крупномасштабного картирования в Хнов-Борчинском рудном района по отчету за 1982 г [12].

По этим данным рудное поле месторождения Кизил-Дере с северной стороны ограничивается Северным, с южной стороны Южным разломами. Между этими разломами рудовмещающие терригенные отложения рудоносной структуры месторождения Кизил-Дере приурочены к синклинальной складке, замковая часть которой в юго-восточной части ГД непрерывно с северо-запада на юго-восток прослеживается по всем правым притокам реки Ахтычай на расстоянии почти 40 километров от речки Галагатхет на северо-западе до устья реки Вахчагчай. Эта идея была предположена в 1982 и была подтверждена при проведении поисковых работ на золото в юго-восточной части Горного Дагестана в 2010-2015 годах. Результаты этих исследований изложены в материалах 2020-2021 годов, где показаны что рудные залежи месторождений как Кизил-Дере, так и Филизчай в складчатом сооружении БК пространственно приурочены к смежным

крыльям синклиналей между АГКХ и АБКХ в Горном Дагестане и синклинали между южным крылом АГКХ и Карабчайской антиклиналью южнее месторождения Филизчай и размещены в образовавшихся при складкообразовании полостях отслаивания. Эти работы позволили более детально определению пространственных границ металлогенических зон, определению их границ как в поперечном, так и в продольном планах, определить геологическую природу их формирования.

С северо-запада размещающаяся месторождение Кизил-Дере синклинальная структура «упирается» в Галагатхетскую выходящую на дневную поверхность, вписывающуюся в складчатую структуру интрузию. В ее основании в 1988 году во вмещающих интрузию (силл) терригенных отложениях в замковой части синклинали, в которую вписана эта интрузия, был зафиксирован переход этой согласной интрузии в секущую складчатую структуру уходящее на глубину интрузивное образование. Этот факт стал возможным проследить только после полного размытия коллювиально – делювиальных, перекрывавших интрузию в нижней части, отложений вдоль правого борта реки Галагатхет паводками после прошедших в тот год катастрофически обильных осадков. На юго-востоке она становится широкой с обоими пологими крыльями и в ядерной части в бассейне реки Вахчагчайона не осложнена более высокого порядка мелкими складками. В промежутке между верховьем реки Усучай (Чехычай) с юго -востока и северо-западнее реки Даличай южное крыло хорошо картируемой по простиранию синклинали крутое, надвинутое на северное по Северо-Даличайскому надвику.

Северную границу развития рудных залежей месторождения Кизил-Дере проводится по одноименному разлому, который при крупномасштабном картировании квалифицирован как *долгоживущий* вязкий разрыв с крутым (70-85°) южным падением, который по морфологии представляет собой в верхней части переходящий в надвиг сбросо-сдвиг. О том что Северный разлом является долго формировавшейся структурой свидетельствуют зафиксированные на северо-западном фланге Левобережной залежи по горным выработкам штольни № 12, которая пересекала всю северную часть рудного поля месторождения, пересекала рудоносную зону, в позиции Северного разлома были зафиксированы состоящие из отдельных тектонических пластин кварца и глины совпадающие со слоистостью сложного строения (типа слоеного пирога) пакеты (до двух десятков пластин в пакете) мощностями до первых сантиметров. По обеим поверхностям составляющих пакеты тектонических пластинок были развиты очень четкие не совпадающие с падениями слоистости пологие штрихи, борозды скольжений, которые на всех тектонических пластинках параллельны друг другу. Это свидетельствует о том, что Северный разлом представляет собой долгоживущее сдвиговое нарушение, смещения по которому происходили поступательно, но скачкообразно. Несовпадение штрихов, борозд скольжения с падениями слоистости в рудоносной зоне месторождения Кизил-Дере, их пологие падения свидетельствуют о режиме формирования складчатого сооружения Большого Кавказа не только путем выталкивания аллохтона кверху, как считают Никишин А.М., Лаврищев В.А. [11], но и о пологом продольном выталкивании АГКХ к юго-востоку.

Продольное выталкивание путем пластичного течения пород вдоль замковой части Кизил-Деринской синформы началось уже после ее образования, оно было обусловлено постепенным с северо-запада на юго-восток наращиванием сжимающих геосинклинальный прогиб Кавказа коллизионной природы усилий из-за более раннего проявления этих усилий напротив выступа Аравийской плиты. Коллизионные процессы, соответственно и сжимающие (сдавливающие аллохтон усилия) по мере дрейфа Аравийской плиты к северу также постепенно перемещались к юго-востоку, что привели к большой разнице градиента сжатия вдоль БКв северо-западные и юго-восточные части Восточного Кавказа. Это привело и к выталкиванию на завершающих этапах (фазах) формирования – при образовании АГКХ к его пологому выталкиванию к юго-востоку.

В Самуро-Белореченской металлогенической зоне рудные ловушки приурочены к образовавшимся под воздействием северного направления сдавливающими усилиями пликтивно-разрывным нарушениям по фронтальным частям послойных перемещений взбросо-складок, образование которых по мере стабилизации напряженного состояния в этих частях также постепенно перемещались к югу. Как показал огромный объем проведенных в этой зоне работ, рудные ловушки в этой зоне отличаются своей «малой объемностью» и осевшие в них руды к настоящему времени практической ценности не представляют.

В Кизил-Деринском рудном поле решающую роль в образовании рудных ловушек сыграли образовавшие совместно с послойными перемещениями, возникшие при пологом выталкивании из-за преобладания горизонтального сжатия в западных частях при формировании БК в виде приуроченной к сланцеватости пластического течения пород, которые привели к значительному увеличению «вместимости» образовавшихся здесь рудных ловушек. Рудные ловушки месторождения Кизил-Дере пространственно приурочены к смежному крылу АГКХ и синклинали между ним и АБКХ. *Формирование этих рудных ловушек обусловлены возникшими при образовании АГКХ пологими юго-восточного направления сдвиговыми, приуроченными к сланцеватости микросдвигами, которые в комплексе с послойными привели к увеличению «объемности» образующихся ловушек во фронтальных их частях, но уже взбросо – складок с крутыми шарнирами.* Предположительно рудные ловушки Левобережной залежи образовались после рудных ловушек Правобережной залежи в более позднюю фазу сложения структурного сооружения рудного поля месторождения Кизил-Дере (требуется дополнительных исследований).

Рудомигрирующие, рудо локализирующие пликтивно-разрывные нарушения Самуро-Белореченской металлогенической зоны формировались на начальных этапах образования Большого Кавказа в результате «поперечного укорочения» аллохтона, а в Приводораздельной металлогенической зоне их образование связано с дальнейшим с дальнейшим формированием над осевой частью АГКХ путем выталкивания аллохтона кверху при продолжении прогибания автохтона. При этом в южном боку выталкиваемой кверху части АГКХ при поперечном укорочении преобладали надвиговые перемещения на южное крыло геосинклинального прогиба, которое с начала формирования все время прогибалось, а с северной же стороны из-за того эта часть геосинклинального прогиба была приурочена к наклоненному на юг краю Скифской плиты, выталкивание сопровождалось пологим надвиганием этой части по склону Скифской плиты. так как она являлась воспрепятствовавшим к перемещению жестким упором, на южный край которого и происходило надвигание при выталкивании.

Кизил-Деринская рудоносная структура, которая приурочена к замковой части синформы - синеклизы между антиклинориями Главного и Бокового Кавказских хребтов, к которой приурочена Приводораздельная металлогеническая зона, так и миогеосинклиналь в южном боку Большого Кавказа между Сперозо-Туфанским поднятием (осевая структура вдоль Большого Кавказа или антиклинорий Главного Кавказского хребта) и Аджаро-Триалетской зоной по северному краю причисленной к обломку тектонической плиты - шолы Закавказского срединного массива к которой приурочено месторождение Филизчай) возникли на завершающих этапах формирования складчатого сооружения Кавказа из-за преобладания скорости выталкивания вдоль его осевой части, что привело к образованию в обоих боках выталкиваемой части синклинальных структур, их рудных ловушек. Образование синклинальных (синформных, миогеосинклинальных) структур в обоих склонах Большого Кавказа обусловлено формированием вдоль осевой части геосинклинального прогиба Кавказа антиклинория Главного Кавказского хребта путем выталкивания. При этом в южной миогеосинклинали ее южным крылом становится Закавказский срединный массив, который отнесен к инертному типу плит тектонической единицы. Он первоначально явился южным крылом геосинклинального прогиба Кавказа. Северным крылом миогеосинклинали становится вытолкнувшая южная часть АГКХ. Северным крылом Кизил-

Деринской синформы (синеклизы) становилась вытолкнутая при образовании АГКХ северная его часть. Складкообразование Большого Кавказа и всех его тектонических единиц происходило в полихронном режиме от Дзирульского массива к северо-западу и к юго-востоку [8]. Южное крыло мегасинклинали с месторождением Филизчай и ряда других рудных объектов является аналогом северного крыла Кизил-Деринской синформы (синеклизы), где к дизъюнктивным нарушениям (послойным перемещениям, взбросо-складкам с комплексом разрывных нарушений) приурочены рудные объекты Самуро-Белореченской металлогенической зоны. Однако масштабность развития здесь этих нарушений в связи с наличием с северной стороны жесткого упора - южного края Скифской плиты несравнительно меньше чем в южном боку Большого Кавказа в северо-западной части Азербайджана из-за более масштабного надвигания Загатало-Ковдагской флишевой зоны на отнесенное к Закавказскому массиву северное крыло геосинклинального прогиба Кавказа. Поэтому приуроченные к Самуро-Белореченской металлогенической зоне рудные объекты не представляют практической ценности. Практически оказалось, что весь огромный объем поисково-оценочных работ в Горном Дагестане, кроме месторождения Кизил-Дере и к северо-западу от него на рудопроявлении Лавинная, проведены в этой не перспективной части рудного района.

Морфоструктурный анализ размещения сплошного колчеданного состава рудных тел массивного строения, часто с элементами флюидального течения, рудных тел в рудоносной зоне месторождения Кизил-Дере, проведенный по соотношениям слоистости и обусловленный флюидальным течением полосчатости сплошных массивного строения рудных тел к сланцеватости (который является сланцеватостью осевой плоскости), проведенный по замеренным углам этих элементов при первичной геологической документации керна буровых скважин показывает что массивные части рудных тел месторождения занимают не текущее положение к складчатой структуре рудоносной зоны месторождения положение. Они хорошо вписываются в параллельные слоистости «пустоты» - полости отслаивания. При этом полосчатость рудных тел, где ее удалось регистрировать в ненарушенном с рудовмещающей толщей при бурении в деталях, повторяют их контакты с вмещающими их терригенными отложениями. Принятое при проведении разведочных работ понятие «рудное тело» как природное компактное скопление сульфидного материала, которое содержит удовлетворяющие кондиционным требованиям полезные компоненты и имеющие четкие геологические границы с вмещающими породами (за исключением контактов жильковых руд с вмещающими породами) не отражает геологическую природу рудогенических процессов образования месторождения Кизил-Дере. При таком понятии «рудного тела» из него исключаются сплошного строения мощные разного состава колчеданы без не удовлетворяющих кондиционные требования рудным металлам, и они как бы остаются «за бортом» рудогенических процессов. А как указано выше, они (сплошные массивные колчеданы) занимают полости отслаивания в возникших при сдвиговых перемещениях пликтивных нарушениях и основной «поток» гидротермальных растворов совпадает со сплошными рудами. Характерной же особенностью массивного строения рудных тел (особенно на халькопирит-пирротиновой основе) является параллельность обусловленной флюидальным течением гидротермальных растворов полосчатости контактам массивного строения руд слоистости.

Судя по морфологии пликтивных деформаций Самуро-Белореченской зоны (складки срыва, взбросо-складки), так и северного крыла мегасинклинали в южном боку Большого Кавказа в Загатало-Ковдагской флишевой зоне, к которым только и приурочены рудные объекты, возникли путем набегания тыловых частей послойных надвигов на фронтальные их части. *Это, по мнению автора, обусловлено торможением перемещения во фронтальных частях надвиговых перемещений и подпиранием этих частей тыловыми.* Масштабность оруденения, в итоге промышленная ценность рудных объектов (месторождения Филизчай и Кизил-Дере), зависела от «вместимости» образовавшихся при послойных перемещениях в комплексе

ориентированными по сланцеватости пластического течения пород пликтивно-разрывными нарушениями, но уже крутопадающими, контролируемые сланцеватостью взбросо-складками. Надвиговые перемещения в обоих боках Большого Кавказа возникли при выталкивании осевой части геосинклинального прогиба кверху, и оно было спровоцировано внедрением первичных интрузивов при поперечном укорочении геосинклинального прогиба Кавказа коллизионными усилиями при дрейфе Аравийской плиты к северу, которые в комплексе привели к двухъярусному строению Кавказа с разделением его на автохтона и аллохтон. После этого поперечное укорочение Кавказа (формирование современного складчатого сооружения БК) происходило с продолжением прогибания автохтона. Аллохтон при прогибании автохтона начал поперечно укорачиваться путем складкообразования и выталкиваться кверху с набеганием южной части к югу, северной - к северу. Этот процесс завершился образованием формирования АГКХ, формированием современного складчатого сооружения БК.

При этом с южной стороны антиклинория Большого Кавказа преобладали направленные к югу надвиговые перемещения, а с северной надвигание происходило на наклоненный к югу южный край Скифской плиты кверху. Скифская плита с самого начала формирования Кавказа, складкообразовательных в нем процессов явился воспрепятствовавшим к перемещению АП к северу жестким упором.

Формирование пликтивных деформаций (взбросо-складок, складов срыва) поперек Самуро-Белореченской зоны и аналогичной ей зоны в миогеосинклинали в южном борту БК по мере возрастания сжимающих усилий и из-за стабилизации напряженного состояния по фронтальным частям надвиговых перемещений постепенно смещались в сторону осевой части геосинклинального прогиба Кавказа. На более поздних стадиях складкообразования вдоль осевой части прогиба в результате выталкивания этой части кверху начал формироваться антиклинорий Главного Кавказского хребта у которого с обеих сторон образовались более низкого порядка синклинорные структуры между южным и северными крыльями прогиба и АГКХ.

Продольное удлинение АГКХ в виде пологого пластического течения пород из-за превышения сжимающих усилий в северо-западных его частях в юго-восточном направлении по сланцеватости из-за полихронности его формирования в комплексе с послонными срывами привело к образованию по фронтальным частям сдвиговых контролируемых сланцеватостью смещений привело к формированию в их фронтальных частях в приграничных частях АГКХ с синклинорными структурами с обоих его боков как и в Самуро-Белореченской металлогенической зоне рудных ловушек, решающую роль в образовании сыграли крутые сдвиги. Эти приуроченные к пликтивно-разрывным нарушениям рудные ловушки отличались своей объемностью, где и отлагались рудные тела месторождения Кизил-Дере, Филизчай. Рудные растворы к таким рудным ловушкам подводились по системе контролируемых сланцеватостью трещинам, плоскостями рассланцовки. Явные признаки наложения оруденения металлогенических зон друг на друга не выявлены.

Заключение

Так как одной из основных причин не освоения месторождения Кизил-Дере является отсутствие достаточной минерально-сырьевой базы для будущего ГОК месторождения, актуальное значение приобретает открытие аналогичных ему объектов. Так как львиная доля оценочных работ за всю историю, как сказано выше, были проведены в неперспективной на формирование промышленной значимости рудных объектов, а специальных работ именно вдоль Кизил-Деринской рудоносной структуры, где смогут формироваться промышленной значимости рудные объекты, не проводились, важна оценка известных в этой зоне единичных рудных объектов. Одним из них является совпадающее и с геофизической аномалией МЗТ (метод заряженного тела) расположенное северо-западу от месторождения Кизил-Дере рудопоявление Лавинное. Но на нем

вскрытая штольневый горизонт рудоносная зона мощностью 3.9 м с кондиционными содержаниями меди в дальнейшем буровыми скважинами была оценена по неверной методике [3].

Вторым представляющим практический интерес рудным объектом в Кизил-Деринской рудоносной структуре является рудопоявление Туларчай-2, которая расположена в бассейне правого притока реки Ахтычай речки Мазачай. Она приурочена к средней части ручья Туларчай, которая впадает в речку Мазачай слева напротив развалин селения Маза [4]. Массивного строения квар-полиметаллического состава рудная жила этого объекта с максимальной мощностью до 20 см здесь строго приурочена, как и на месторождении Кизил-Дере, к полости отслаивания. Как и на месторождении Кизил-Дере жила с четкими элементами флюидального течения. Колчеданов в жиле порядка 85-90 процентов.

Для его предварительной оценки автор предлагает первоначально в левом борту Туларчай (в правом борту полная закрытость и широкое развитие оползневой природы отложений) по простиранию рудопоявления на поверхности проверить наличие дизипликативных деформаций, у которых шарниры составляющих их складок имеют крутые, почти вертикальные падения. (При геологической съемке из-за отсутствия подъездных путей эти участки были обследованы путем высадки десанта с вертолѐта). Поэтому площадное изучение путем определенного количества точек на единицу площади в те периоды по объективным причинам не было достигнуто. В настоящее время в связи с проложенной дорогой по долине реки Мазачай при прокладке водопровода имеется возможность изучения этого рудопоявления путем строительства временного лагеря и с него детально изучить структурные особенности соотношения оруденения этого рудопоявления с вмещающей его толщей и зная роль сдвиговых деформации при формировании рудных ловушек залежей месторождения Кизил-Дере в рудоносной структуре, в которой расположено и данное рудопоявление, оценить его перспективы с этих позиций.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН рег. номер 1021060808457-2-1.5.6.

Литература

1. Гусейханов С.М. Структурные условия локализации медно-пирротинового месторождения Кизил-Дере // Труды Института геологии Даг. ФАН СССР, вып. 25, 1982
2. Гусейханов С.М. Структура рудного поля месторождения Кизил-Дере. Механизм ее формирования и условия локализации рудных тел // Труды Института геологии Даг. ФАН СССР, вып.29,1984
3. Гусейханов С.М., Юсупов А.Р., Абдуллаев М.Ш., Черкашин В.И. Геологическое строение юго-восточной части Горного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, вып.66, с.34-40, 2016.
4. Гусейханов С.М., Черкашин В.И., Юсупов А.Р. Палеорекострукция геодинамических процессов образования карбонатных комплексов юго-восточного Кавказа // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, вып. 2 (69), 2017. С.47-51,
5. Гусейханов С.М., Юсупов А., Магомедов Р.А. Предложение по созданию минерально - сырьевой базы цветных металлов в юго-восточной части Горного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН вып.1 (72), 2018. С. 24-30.
6. Гусейханов С.М. Геодинамическая модель формирования массива горы Шахдаг и некоторые с ней связанные вопросы рудогенеза // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН вып.2 (77) 2019, С.4-14.
7. Гусейханов С.М. Образование рудоматеринских пород и гидротермальных растворов при формировании Кавказа // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, вып.1 (80), 2020. С.32-51
8. Гусейханов С.М. Большой Кавказ в системе Кавказа и рудогенические процессы (на примере Горного Дагестана) // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, вып.1 с. 2021.
9. Кенгерли Т.Н. Тектоника юрского структурно-вещественного комплекса в северо-западном Азербайджане // Известия Бакинского университета, № 3, с.116-123,2007.

10. Курбанов М.М., Богуш И.А., Рылов В.Г. Колчеданное месторождение Кизил-Дере в Горном Дагестане. Москва, Научный мир, 2014.

11. Никишин А.М., Лаврищев В.А. Динамика формирования кайнозойского орогена Большого Кавказа и сопряженных с ним краевых прогибов // В кн: Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. М.: ГЕОС, 2005, С.44-46.

Литература (фондовая)

12. Гусев А.И. Крупномасштабное картирование масштаба 1: 25000 в Хнов-Борчинском рудном поле. 1982.

13. Курбанов М.М. Оценка ресурсного потенциала благородных и цветных металлов терригенных и вулканогенных комплексов Горного Дагестана 2010.

14. Паниев Э.С. и др. Геологическая карта Кавказа. Масштаб 1: 50000. Листы К-38-96-Б, К-38-96-Г, К-38-108-Б.

УДК 551.24

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-16-36

СЕЙСМОТЕКТОНИКА И СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

*Магомедов Р.А.**Институт геологии ДФИЦ РАН*

Показана геодинамическая позиция Восточного Кавказа с точки зрения концепции неомобилизма. Исследованы геотектонические условия и современная сейсмичность региона. По результатам проведенных исследований выявлено, что, наиболее вероятными местами возникновения сильных землетрясений, в исторической перспективе, являются зоны субкавказских и поперечных к ним разломов, а также их пересечения - так называемые «дизъюнктивные узлы». Составлена схема зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ).

Ключевые слова: Восточный Кавказ, сейсмотектоника, неотектоника, геодинамика, сейсмичность, разломно-блоковая тектоника, очаг землетрясения, магнитуда, зона ВОЗ.

SEISMOTECTONICS AND MODERN SEISMICITY EASTERN CAUCASUS

*Magomedov R.A.**Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences*

The geodynamic position of the Eastern Caucasus from the point of view of the concept of neomobilism is shown. Geotectonic conditions and modern seismicity of the region are investigated. According to the results of the conducted studies, it was revealed that the most likely places of occurrence of strong earthquakes, in the historical perspective, are the zones of Subcaucasian and transverse faults to them, as well as their intersections - the so-called "disjunctive nodes". A scheme of zones of possible earthquake foci (WHO) has been compiled.

Keywords: East Caucasus, neotectonics, seismotectonics, geodynamics, seismicity, fault-block tectonics, earthquake focus, magnitude, WHO zone.

Введение

Исследуемый регион в геолого-геофизическом отношении считается наиболее изученным [1-5,7,8,18,21,23,25-28,30-32 и др.]. Тем не менее, проведенный анализ фондового геолого-геофизического материала разных авторов с целью восстановления истории геодинамического и геотектонического развития Восточного Кавказа показал, что нет однозначного взгляда на «сложившуюся» ситуацию в регионе. Множество геодинамических и тектонических концепций говорит о том, что геологическая среда является сложнейшей динамичной системой требующая более пристального внимания всех научных направлений естествознания. Очевидно, предстоит создание всеобъемлющей теории, которая объединит все наблюдаемые и еще непознанные исследователями закономерности в развитии и эволюции геологической среды в стройную систему. Сложное геолого-тектоническое строение отражается соответствующим образом и на сейсмическом режиме региона. Последнее усложняется еще и тем, что исследуемый регион расположен в зоне сочленения крупных блоков земной коры с разнотипными мощностями его консолидированного комплекса. Здесь выделяются три системы разломов различного простирания: продольного (общекавказского), поперечного (северо-восточного) и диагонального (северо-западного). Восточный Кавказ характеризуется самой высокой сейсмической активностью в европейской части России. Характер протекания тектонических процессов, частным проявлением которых является сейсмичность, практически неизменен в сравнительно короткие отрезки времени имеющейся сейсмостатистики. А с периодом инструментальной регистрации в десятки или сотню лет - тем более. В связи с этим допускают, что существует некий долговременный средний сейсмический режим, отображающий в геологическом масштабе времени современный момент и зависящий только от места в пространстве, а не от времени. За эти промежутки времени может увеличиваться и уменьшаться активность, однако общие средние характеристики сейсмического

процесса данной территории не должны сильно меняться, их условно считают приближенно постоянными. Это считается основной предпосылкой возможности сейсморайонирования [7].

Конечно, многие узловые вопросы геотектоники и сейсмотектоники региона до сих пор являются дискуссионными. Тем не менее, на основе анализа, опубликованного и фондового материалов, а также современных представлений концепции неомобилизма и собственных результатов исследований в работе сделана попытка изложения нашего видения тектоно-геодинамической ситуации и современной сейсмичности Восточного Кавказа в системе Иран-Кавказ-Анатолийского региона.

Материал и методы. Глубинное строение докембрийского фундамента Восточного Кавказа под осадочным мезо-кайнозойским чехлом пока еще остается слабоизученным. По данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) [13] Восточный Кавказ и Предкавказье характеризуется следующими особенностями строения земной коры. Мощность земной коры для Восточного Кавказа оценивается в среднем в 45-55 км, а для Восточного Предкавказья она составляет 20-30 км. Мощность осадочного чехла, залегающего на платформенном герцинском основании, колеблется от 2 до 10 км. Вследствие погружения платформенного склона Восточного Предкавказья к югу и к востоку, мощность осадочного чехла увеличивается соответственно от 4 до 5-6 км в сторону Терско-Каспийского передового прогиба и до 8 км в районе Каспия. Осадочный чехол этой части региона сложен слабо дислоцированными осадками пермо-триасового, мезозойского, третичного и четвертичного возрастов.

Через Восточный Кавказ, к сожалению, профили ГСЗ не проводились, за исключением Нахичевань-Волгоград, который лишь частично захватывает эту геоструктуру. Достоверно известно лишь то, что мощность гранитного слоя максимальна под орогеном (до 30 км) - так называемые корни гор. В то же время в смежных прогибах гранитный слой резко сокращен (до 10 км), соответственно верхняя кромка поверхности Мохо приближается к дневной поверхности по типу мантийных диапиров. Осадочный чехол Восточного Кавказа сложен мощной толщей пород от нижнеюрского до антропогенного возраста включительно [3,25 и др.] (рис. 1).

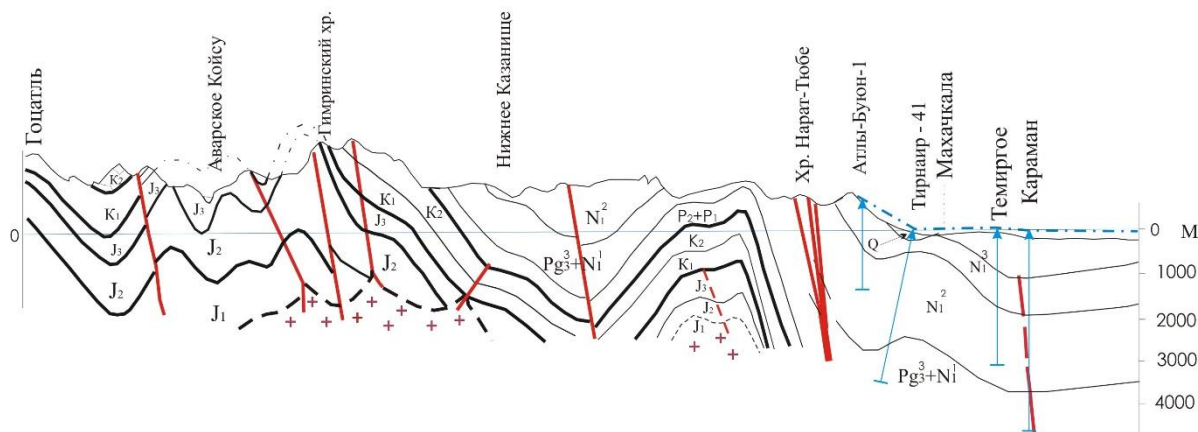


Рис. 1. Геологический разрез через Дагестанский сегмент Восточного Кавказа (по М.К. Курбанову, Д.А. Дибирову, с дополнениями Р.А. Магомедова)

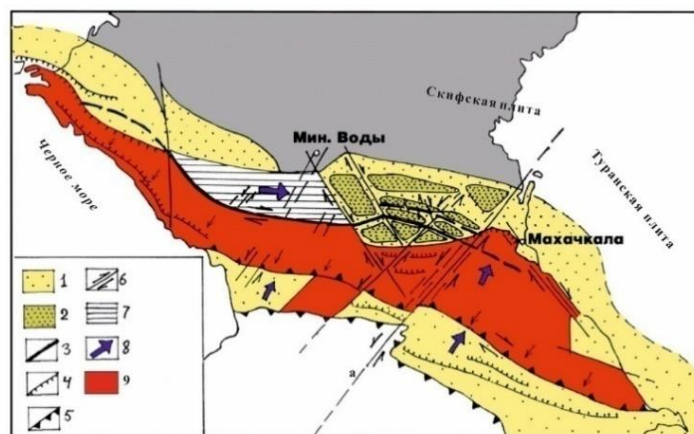
Восточный Кавказ представляет собой горно-складчатое сооружение, который не претерпел полной инверсии, как это имело место на Западном Кавказе. На границе доггера и мальма (Адыгейская фаза складчатости) произошла инверсия геотектонического режима в пределах геосинклинальных зон Большого Кавказа, в том числе и Восточного Кавказа. Нами проведен анализ исследований по истории геологического развития Восточного Кавказа, в результате которого составлена схема его развития в альпийском цикле тектогенеза [16] где представлена почти вся история геотектонического развития региона. Современные геодинамически активные зоны

региона в условиях позднеальпийского тектогенеза характеризуется иными геодинамическими условиями по сравнению с герцинской и киммерийской [12,13,16,23,25,34].

Альпийский этап тектогенеза характеризуется значительным максимумом своей активизации, с которым связаны современные геодинамические процессы и повышенная современная сейсмическая активность региона. Наибольшая тектоническая и сейсмическая активность наблюдается в районе пересечения современной активной зоны (к западу от г. Махачкала) с Черноморским, Пшекыш-Тырныаузским и Срединным разломами во фронтальной части Дагестанского выступа, подтвержденная долговременной сейсмической активностью.

Современная тектоническая ситуация на Восточном Кавказе - результат взаимодействия на конвергентной границе континентальных литосферных плит, сопровождающихся расслаиванием и сложной деформацией в верхней части литосферы и дальнейшего эволюционного развития региона в крупных фазах складчатости: Предолигоценовой (*Пиренейской*), Преакчагыльской (*Ронская, Кобринская*) и Предплейстоценовой (*Восточно-Кавказской*). Образование современной складчатости Восточного Кавказа произошло в Предплейстоценовой фазе складчатости, в период значительного максимума альпийской активизации, с которой связана и повышенная современная сейсмическая активность региона.

Глубинные разломы выделяются по геофизическим и геологическим данным как крупные нарушения фундамента с дизъюнктивно-пликативными осложнениями, фациальной изменчивостью осадков в чехле. Основным исходным материалом, послужившим для выявления и прослеживания нарушений и шовных зон в фундаменте, определяющих мозаику блокового строения Восточного Кавказа, явились гравиметрические данные аномального поля в комплексе с результатами дешифрирования космоснимков различного уровня генерализации. Апризнаками, определяющими эти тектонические структуры, явились граничные линейные структуры аномального поля, выражающиеся гравитационными ступенями, пережимами и изломами изолиний, цепочками ориентированных локальных аномалий и смещениями в рисунке аномалий гравитационного поля.



1. Неоген-четвертичные Предкавказские прогибы и Закавказские межгорные впадины;
2. Наиболее прогнутые участки Терско-Каспийского прогиба;
3. Пшекыш-Тырныаузская зона; 4. Перемещение по надвигам и вергентность складок;
5. Надвиги рудного тела;
6. Сдвиги: *a* - Аграхано-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона I порядка;
7. Лабино-Малкинская моноклираль; 8. Основные перемещения масс;
9. Горно-складчатое сооружение Большого Кавказа.

Рис. 2. Блочное строение докембрийского фундамента (по Н.В. Короновскому)

Анализ материала показывает, что блоки докембрийского фундамента отделены друг от друга рифтогенноподобными мобильными шовными зонами и, проявляются в верхних

структурных этажах зонами повышенных деформаций. В рельефе поверхности Мохоровичича (рис. 2) отчетливо выделяется *Пшекыш-Тырныаузская шовная зона*, пересекающаяся поперечной *Аграхано-Тбилиско-Левантийской левосдвиговой зоной* I порядка Н.В. Короновского [12], которая является новейшим структурным элементом Кавказа и западной границей Дагестанского выступа.

Наибольшая геодинамическая активность наблюдается в районе пересечения этой зоны с Черногорским, Пшекыш-Тырныаузским и Срединным разломами во фронтальной части Дагестанского выступа, подтвержденная долговременной сейсмической активностью. Срединный (*Терский, Махачкалинский*) и Пшекыш-Тырныаузский разломы, выделенные Г.Д. Ажгиреем и Е.Е. Милановским [23] являются крупнейшими разломами Восточного Кавказа.

Пшекыш-Тырныаузский разлом является одним из наиболее хорошо изученных разломов. Он прослеживается на 300 км и представляет собой зону узких пластин с преимущественным падением под складчатое сооружение. Ограничивающие их разрывы сближаются на глубине в единый вертикальный разлом. В пределах Дагестана Пшекыш-Тырныаузский разлом рассекает фронтальную часть Дагестанского выступа. Здесь, в районе Экибулака в нем преобладают раздвиговые движения с образованием миндалевидной структуры. Средняя его ветвь представлена Нараттюбинской зоной разрывов, переходящих на западе в Гилянский надвиг, а южная – в Кизил-Булакскую зону разрывов. Этот разлом является самым сейсмоактивным. С миндалевидной структурой связан очаг Дагестанского землетрясения 1970 г. ($M = 6.6$, $H = 12$ км, $J_0 = 9$ б).

Срединный (Терский, Махачкалинский) глубинный разлом северо-западной ориентировки в чехле представлен пликативно-дизъюнктивной зоной с Гудермесской антиклиналью на западе и флексурой на востоке (Нараттюбинская ступень). В гравитационном поле он выражен линейно-вытянутой структурой (рис. 3) и ступенью в 20-30 мГл, относимых к фундаменту.

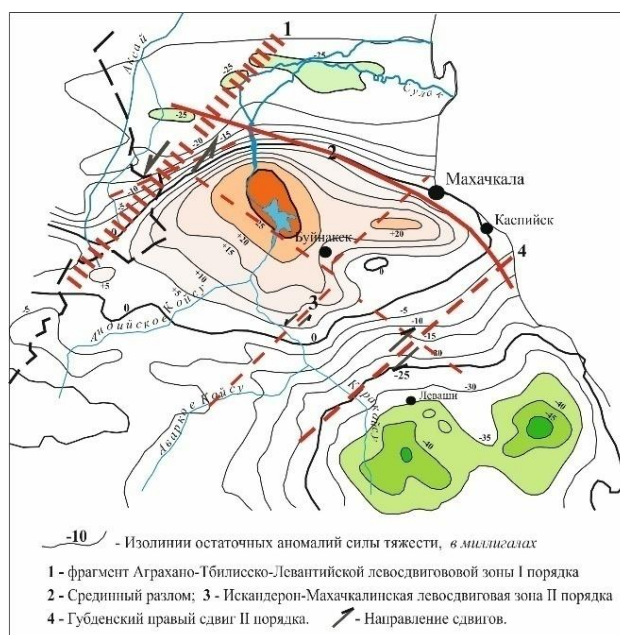
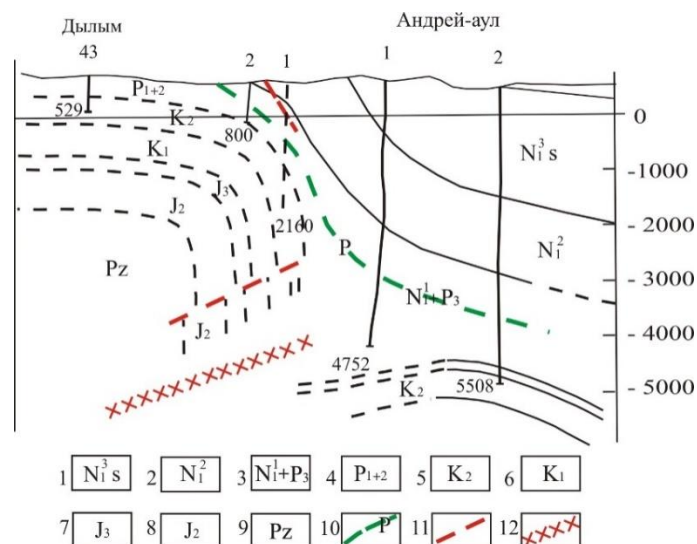


Рис. 3. Карта остаточных аномалий силы тяжести

(по Г.В. Литовко, А.Г. Шемпелеву, Л.А. Ломовой, с дополнениями Р.А. Магомедова)

Разлом сейсмичен, трассируется многоярусными нефтегазовыми месторождениями, термальными и минеральными источниками, зачаточным грязевым вулканизмом. По данным сейсмических и гравиметрических исследований, в свою очередь, подтвержденных на многих площадях поисковым бурением, вдоль внешнего обрамления Дагестанского выступа под моноклинально залегающими миоценовыми слоями Нараттюбинской зоны меловые отложения

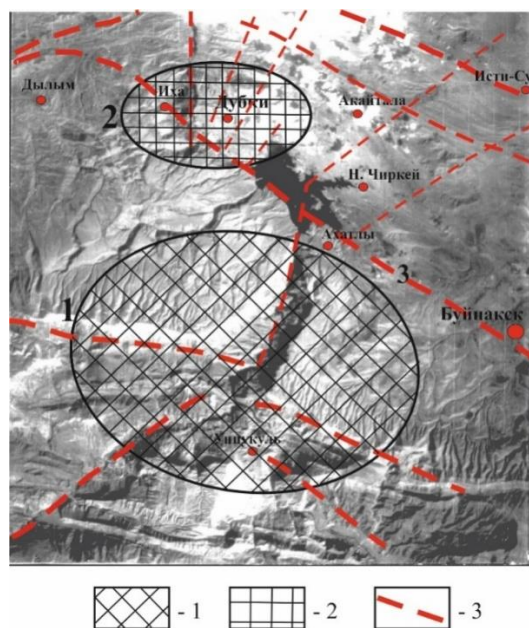
дислоцированы в узкие линейно-вытянутые антиклинальные по форме блоки, ступенчато погружающиеся к осевой части Терско-Каспийского прогиба. Под крутозалегающей толщей миоценовых слоев верхнемеловые отложения нарушены погребенными разрывами и образуют систему ступенчато погружающихся на север блоков. Разрывные нарушения фиксируются перемятием пород и крутыми залеганиями слоев (до 80-90°) (рис. 4).



1 – сарматский ярус; 2 – средний миоцен; 3 - майкопская серия; 4 – фораминиферовая серия; 5 - верхний мел; 6 - нижний мел; 7 - верхняя юра; 8 - средняя юра; 9 - палеозой; 10 - реперный пласт в кровле миатлинского горизонта; 11 – разломы; 12 - зона главного надвига.

Рис. 4. Геологический профиль «Дылым-Андрей-аул»
(Буторин, Галин, 1972 г., по материалам бурения)

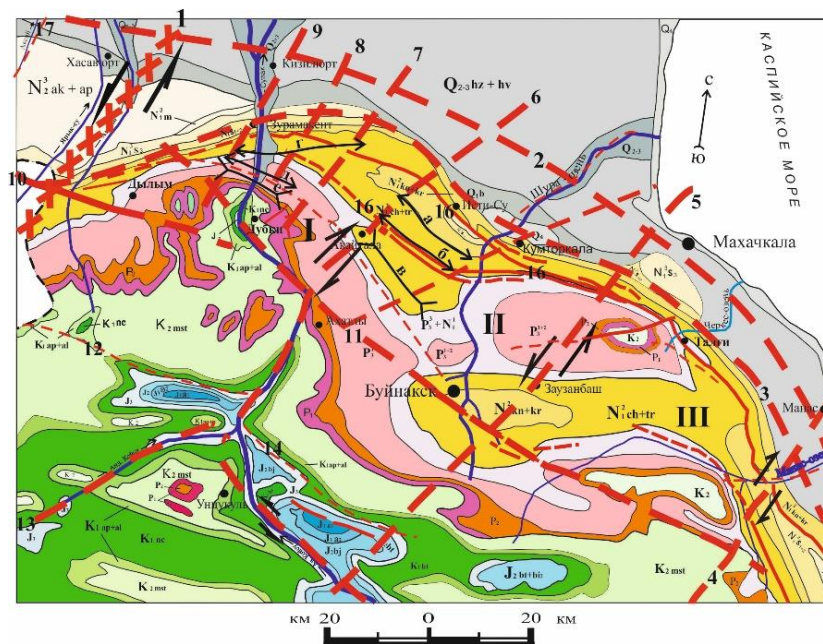
Разрывная тектоника во многом предопределила и геоморфологические условия области. Большеамплитудные сейсмотектонические сдвиги (срывы) образовались на участках рек, где русло характеризуется резким (до 90°) поворотом, строго подчиняясь простираанию разрывных нарушений (зона интенсивного новейшего вреза долины р. Сулак) (рис. 5).



1 – Сулакский шток; 2 – Хадумский купол; 3 – дешифрованные зоны разломов.
Рис. 5. Космический снимок Сулакского выступа

Сравнение высотного положения террас в продольном профиле долины Сулака указывает на интенсивное новейшее поднятие Салатауской моноклинали и Хадумского купола. Крупнейшими неотектоническими структурами района являются Хадумский и Кукуртауский (Талгинский) своды, дешифрованные как кольцевые структуры [4]. Эльдама-Иргартбашский выступ также имеет кольцевой облик. Образование структур Бунин Г.Г. связывает с активизацией новейших тектонических движений. Наиболее сейсмоактивной является область, контролируемая двумя кольцевыми структурами. Дешифрирование космоснимка подтверждает и наше предположение [17] о наличии активной глубинной структуры (*Сулакского штока*), в куполе которого и в настоящее время активно врезаются долины Аварское и Андийское Койсу и река Сулак, отделяя друг от друга Гимринский и Салатауский хребты. Сулакский шток приурочен к высоко-мобильной зоне тектоносферы и является одним из косвенных индикаторов активных глубинных деформаций земной коры.

Составленная нами по результатам анализа фоновочного материала схема дизъюнктивно-пликативной тектоники (рис. 6), позволила установить блоковое строение северо-восточного сегмента Восточного Кавказа, которая хорошо согласуется с сейсмологическими, геолого-геофизическими и геодезическими данными и объясняет отмеченные ранее, особенности геодинамического режима и современной сейсмичности изучаемой территории. В основу схемы положен фрагмент изданной геологической карты горной части Дагестанской АССР 1:200 000, составленная Голубятниковым.



Зоны разрывных нарушений и глубинных разломов:

1 – фрагмент Аграхано-Тбилиско-Левантийской левосдвиговой зоны I порядка; 2 – Срединный глубинный (Терский, Махачкалинский); 3 – Пшекыш-Тырныауская шовная зона; 4 – Губденский; 5 – Искандерон-Махачкалинская левосдвиговая зона II порядка; 6 – Чиркей-Экибулакский; 7 – Какаюртовский; 8 – Пирауский; 9 – Зурамакентский; 10 – фрагмент Черногорского разлома; 11 – продолжение Черногорского разлома (зона повышенной трещиноватости в виде линеаamenta протягивается от пос. Иха до г. Буйнакса и далее на юго-восток, где подтверждается закартированным разрывом); 12 – Салатауский; 13 – Андийско-Сулакский; 14 – Гимринский; 15 – Ахатлы-Кумторкалинский; 16 – Нарат-Тюбинская зона разломов (в осадочном чехле), 17 - Аксайский.

Оси антиклиналей и синклиналей:

а – Экибулакская; б – Кизил-Булакская; в – Тепсели-Тауская; г – Шамхал-Булакская; д, з – Миатлинские.

Тектонические элементы:

I – Сулакский выступ; II – Капчугайский грабень; III – Эльдамо-Кукуртауский выступ (Талгинский).

Рис. 6. Схема дизъюнктивно-пликативной тектоники Дагестанского выступа (по Р.А. Магомедову)

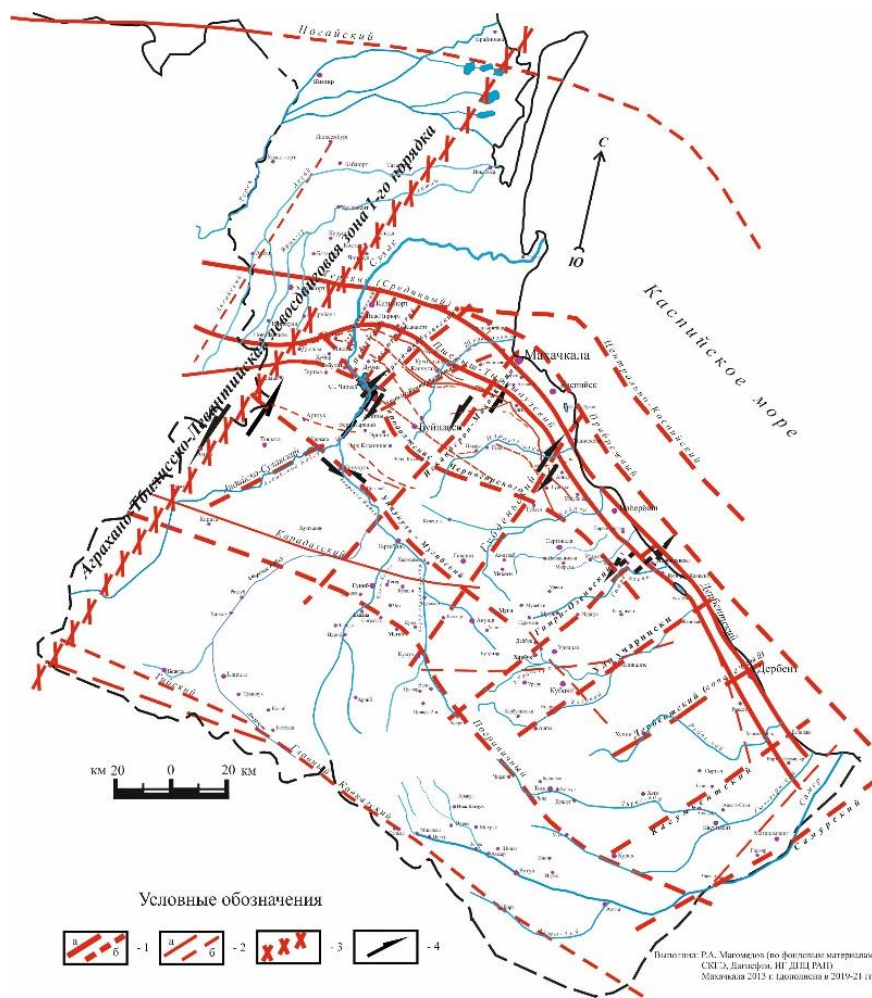
Как известно, в сейсмическом режиме любого региона дизъюнктивные нарушения в фундаменте и осадочном чехле играют одну из определяющих ролей, источником энергии которых являются внутриземные процессы протекающие в меняющемся гравитационном поле Земли в результате своего движения в космическом пространстве (ротационно-пульсационный режим и т.д.).

Результатом продолжения исследований по Восточному Кавказу явились составленные нами две тектонические схемы: новая обобщенная схема разломно-блоковой тектоники и обобщенная схема тектонического районирования Дагестанского сектора Восточного Кавказа с элементами разломно-блоковой тектоники, в масштабах 1:500 000. При составлении схем учтены: крупномасштабные геологические, тектонические, геолого-структурные карты И.О. Брода, Л.А. Варданянца, В.П. Ренгартена, Н.Н. Ростовцева, Ю.Г. Леонова и других, а также мелкомасштабные карты А.И. Летавина, В.Л. Галина, Д.Г. Шарафутдинова, Г.Д. Буторина, Г.Г. Гасангусейнова, Д.А. Мирзоева, В.М. Пирбудагова и многих других, детальный анализ накопленных геолого-геофизических материалов производственных предприятий «Дагнефть», Дагнефтегаз, «Дагестангеология», ИГ ДНЦ РАН и др. В разное время разными авторами были составлены структурно-тектонические схемы региона, его отдельных частей, отражающие отдельные вопросы региональной геотектоники или узкоспециальные вопросы промысловой геологии [5,14,31,32 и др.]. Единой картины геотектонического строения Дагестанского сектора Восточного Кавказа на современном этапе его изученности до сих пор нет, как нет и общей картины тектонического районирования региона с элементами разломно-блоковой тектоники. Видимо, отсутствие или недостаток геофизической информации о глубинном строении и строении осадочного чехла не позволили авторам различных схем региона предложить «законченные» его модели. Многие узловые вопросы геотектоники региона до сих пор являются дискуссионными. С учетом вышеизложенного в работе сделана попытка собрать разрозненную геолого-геофизическую информацию в единую схему разломно-блоковой тектоники и обобщенную схему тектонического районирования с элементами разломно-блоковой тектоники региона. При составлении схем во многом учитывались идеи наших предшественников и старались, по возможности, составить их наиболее наглядно, а кроме того, приспособленными для целей наших исследований в рамках научно-исследовательской темы Института.

Разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле региона, по данным сейсморазведки, настолько многочисленны, а изучены за редким исключением так слабо, что задача приведения в систему представлений о разломно-блоковой тектонике приобретает принципиальное значение. Сочетание разноранговых разрывов образует разломно-блоковые структуры литосферы и ее деструктивные зоны, развитие которых происходит эволюционно от мелких к крупным. Анализ разномасштабных геологических, тектонических и структурно-тектонических карт дают представление о широкие развития разноранговых разрывов и разломов практически в любом участке земной поверхности. Тектоническая активизация, как геологический процесс, существенно влияет на густоту сетки разломов. А сейсмические события, контролируемые разломами, несут самую достоверную информацию об их активизации. Активизация разломов на современном этапе геодинамического развития литосферы определяется движениями ограничивающих их блоков, зависящими от трех главных (из многих не менее важных) энергетических источников и прочностных характеристик: а) подлитосферных движений в верхней мантии и астеносфере; б) реологических свойств межблоковой геологической среды; в) энергии триггерных механизмов, способствующих возбуждению метастабильного состояния разломно-блоковой среды литосферы (гравитационные возмущения, деформационные волны, лунно-солнечные влияния и прочие космические факторы).

В исследовании использовался метод структурного анализа, основанный на изучении геологических карт и разрезов. Основные принципы построения схемы заключались в объединении разломно-блоковых структур литосферы и ее деструктивных зон (разрывных нарушений) на

двух масштабно-временных уровнях с учетом их возраста и структурно-исторических особенностей (рис. 7).



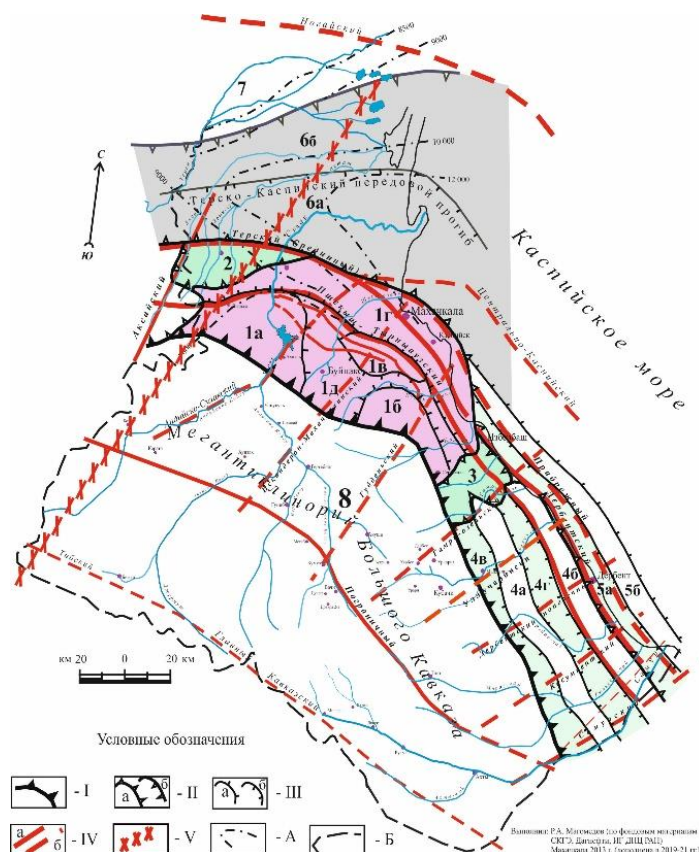
1 - границы разломно-блоковых структур и деструктивные зоны первого масштабно-временного уровня – доюрского фундамента (а – достоверные, б – предполагаемые). 2 - границы разломно-блоковых структур и деструктивные зоны второго масштабно-временного уровня – осадочного чехла (а – достоверные, б – предполагаемые). 3 – фрагмент Аграхано-Тбилисско-Левантийской левосдвиговой зоны первого порядка. 4 – граница республики. 5 – направление движения блоков.

Рис. 7. Схема разломно-блокового строения Дагестанского сектора Восточного Кавказа.

Выделенные на схеме тектонические элементы с трассирующими главными субкавказскими глубинными разломами, секущимися вкрест их простирания поперечными разломами, являются основными элементами, формирующими современный субкавказский облик структурно-тектонического плана осадочного чехла рассматриваемой территории и обуславливает ее высокую современную сейсмичность.

Новая обобщенная схема отражает почти все известные крупные дизъюнктивные нарушения и блоки фундамента и осадочного чехла Дагестанского сектора Восточного Кавказа на современном этапе его изученности. Схема служит необходимым основанием для изучения процессов взаимодействия блоков, локализации источников напряжений, исследования движений по границам блоков, для выявления потенциальных сейсмических очагов, долгосрочный прогноз их очередной активизации и адекватной оценки сейсмической опасности и сейсмического риска в этом густонаселенном и промышленно развитом регионе страны.

Обобщенная схема тектонического районирования Дагестанского сектора Восточного Кавказа элементами разломно-блоковой тектоники в масштабе 1:500 000. Основные принципы тектонического районирования заключались в объединении геотектонических элементов по структурно-вещественным признакам с учетом возраста складчатости, структурно-исторических особенностей и глубины залегания кристаллического фундамента. Обобщенная схема тектонического районирования с элементами разломно-блоковой тектоники (рис. 8) масштаба 1:500 000, на котором отражены почти все основные известные геологические структуры и тектонические элементы, является одним из возможных вариантов модели тектонического развития Дагестанского сектора Восточного Кавказа на современном этапе его изученности.



I – Крупнейшие тектонические элементы. II – Крупные тектонические элементы: IIa – положительные, IIб – отрицательные. III – Средние тектонические элементы: IIIa – положительные, IIIб – отрицательные.

IV – Региональные глубинные разломы: IVa – достоверные, IVб – предполагаемые. V – фрагмент Аграхано-Тбилисско-Левантийской левосдвиговой зоны первого порядка.

А – изогипсы поверхности фундамента. Б – граница республики.

1 – Дагестанский выступ: 1a – Сулакский выступ; 1б – Эльдама-Иргартбашский выступ; 1в – Талгинское поднятие; 1г – Нараттюбинская складчато-надвиговая зона; 1д – зона внутренних депрессий.

2 – Акташ-Аксайская депрессия. 3 – Каранайская депрессия.

4 – Южно-Дагестанская область линейных складок: Антиклинальные зоны: 4a – Западная, 4б – Восточная. Синклинальные зоны: 4в – Утемиш-Карчагская (Алхаджикентская депрессия), 4г – Каранай-Бильгадинская (Бильгадинская) депрессия.

5 – Дербентская ступень: 5a – Дербентская депрессия, 5б – Морская антиклинальная зона.

6 – Терско-Каспийский передовой прогиб: 6a – Сулакская впадина (осевая зона прогиба), 6б – Аграханская моноклинал (платформенный склон прогиба).

7 – Прикумская область поднятий (северный борт передового прогиба), (1+2+3+4) – южный борт передового прогиба.

8 – Дагестанский сегмент мегантиклинория Большого Кавказа (Горный Дагестан).

Рис. 8. Обобщенная схема тектонического районирования Дагестанского сектора Восточного Кавказа с элементами разломно-блоковой тектоники

Несмотря на многообразие взглядов и различных точек зрения на геологическое строение Дагестанского сектора Восточного Кавказа, все сходится на том, что в пределах Дагестана чётко выделяются следующие тектонические элементы: Дагестанский сегмент мегантиклинория Большого Кавказа (Горный Дагестан); Дагестанский выступ, включающий Сулакский, Эльдама-Иргартбашский и Талгинский выступы; Нараттюбинская складчато-надвиговая зона; зона внутренних депрессий, включающая Буйнакскую и Катынтаускую, переходящую в Каранайскую депрессию; Акташ-Аксайская депрессия; Южно-Дагестанская тектоническая ступень, включающая Западную, Восточную и Приморскую (Морскую) антиклинальные зоны; Дербентская ступень с одноименной депрессией. Южно-Дагестанская ступень как самостоятельный структурный элемент, осложняющий юго-западный борт Терско-Каспийского передового прогиба, была выделена В.П. Ренгартеном и В.Д. Голубятниковым в 1930 году. Связующим структурным элементом Южно-Дагестанской ступени и Дагестанского выступа является Каранайская депрессия. Южная граница Восточной антиклинальной зоны проводится по Самурскому глубинному разлому, а некоторые исследователи (Хаин В.Е., 1958, Галин В.Л., 1965 и др.) продолжают её в пределы Кусаро-Дивичинского синклинория Азербайджана. Антиклинальные зоны ограничены системой синклинальных прогибов: Утемиш-Карчагский (Алхаджикентская депрессия), Каранай-Бильгадинский и Дербентский. Мезо-кайнозойские отложения, участвующие в строении Восточной зоны, смяты в складки, линейно вытянуты в субкавказском направлении и почти параллельны берегу Каспийского моря.

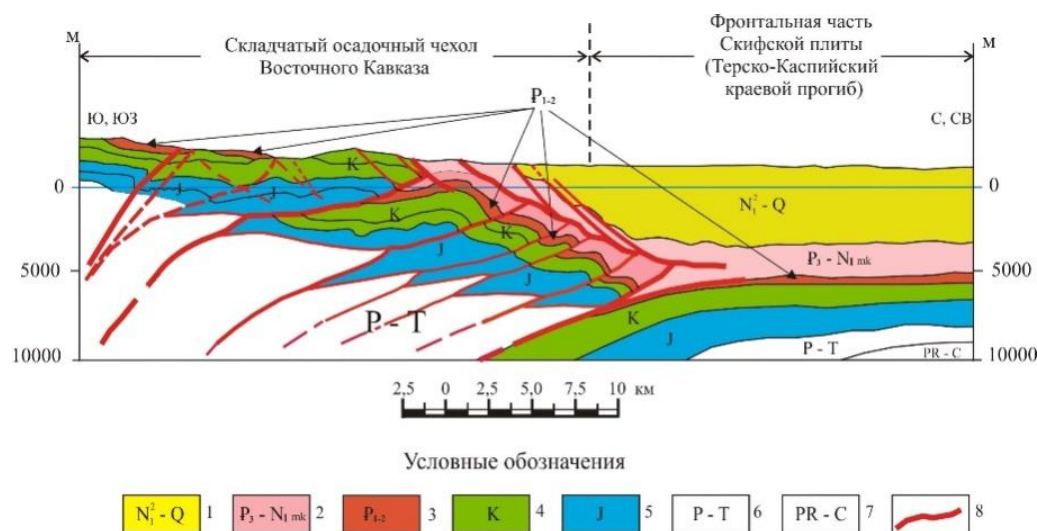
Обсуждение и результаты

Геодинамическая позиция. В сейсмогеодинамическом отношении Восточный Кавказ принадлежит Иран-Кавказ-Анатолийскому региону Средиземноморско-Гималайского пояса, которому свойственны очень крупные землетрясения.

В кайнозойской истории развития Восточного Кавказа выделяется крупная Предакчагыльская (Кобристанская) фаза складкообразования с последующим развитием ее в плиоцен-антропогене на фоне углубления Терско-Каспийского краевого прогиба и усложнением структурного строения осадочного чехла глубоко проникающей разрывной тектоникой. Восточный Кавказ отличается резко дифференцированным характером новейших движений. Большая дифференцированность движений и повышенная сейсмичность Восточного Кавказа согласуется с его более высокой подвижностью в течение всего альпийского цикла. В результате тангенциального, субмеридионального сжатия, имевшего место в предакчагыльскую фазу складчатости, произошло резкое усложнение ранее сформированных структур. Надвигание складчатого осадочного чехла происходило по разломам глубокого заложения с южным падением смесителей, не выходящих в приповерхностные участки к северу, в сторону Терско-Каспийского прогиба (рис. 9). Именно здесь, в зоне коллизии (сопряжения) крупных структурных подразделений на глубинах от нескольких км до нескольких десятков километров, происходит сжатие пород с образованием складок и разрывов, смещение по ним и формирование очагов землетрясений.

Неотектонические данные по Восточному Кавказу наиболее полно укладываются в неомобилистские представления, объясняющие формирование складчатых деформаций горизонтальными сжатиями, являющимися результатом резкого увеличения скорости сближения Аравийской и Евразийской плит (Скифской и Туранской), что приводит в свою очередь к горизонтальному сжатию и развитию структур скалывания в пределах сооружения Восточного Кавказа, и естественно, к всплеску сейсмической активности в регионе. Усиление темпа неотектонических поднятий предгорий в среднем - позднем плейстоцене фиксируется изменением высотных отметок морских верхнехазарских террас, испытавших активное воздымание, резкие наклоны ниже-среднеплейстоценовых террас в левобережье р. Сулак на Бавтугайской возвышенности.

Для этого этапа характерен активный рост структур в пределах южного края Терско-Каспийского краевого прогиба (Хадумский купол, Эльдамо-Кукурттауская складка, Карабудахкент-Селлинское поднятие, Западная и Восточная антиклинальные зоны). Рост структур и сопутствующие смещения по радиально расположенным к Дагестанскому выступу разрывам, совпадающим с долинами рек Сулак, Шура-озень, Черкес-озень, известны и в пределах Дагестанского побережья к югу от Махачкалы по деформациям хвалынских береговых линий [27].



1 – квартер-средний миоцен; 2 – олигоцен-нижний миоцен, майкоп; 3 – палеоцен-эоцен; 4 – мел; 5 – юра; 6 – пермо-триас; 7 – протерозой-карбон; 8 – разрывные нарушения.

Рис. 9. Зона коллизии Восточного Кавказа со Скифской плитой – модель сочленения складчатого сооружения Восточного Кавказа со Скифской плитой по [18] дополнениями в 2020 г.)

Об активизации современных геодинамических процессов, выраженной в усилении горизонтального тектонического напряжения земной коры, свидетельствуют результаты высокоточных линейно-угловых геодезических измерений, проводившихся в 1991 г. [10,11]. Установлено относительное смещение в плане на северо-восток восточной части Дагестанского выступа, а величина средних скоростей горизонтальных перемещений геодезических пунктов за 24-летний период (1967-1991 гг.) достигает 2 см/год. Дагестанский выступ (особенно его северо-восточная часть) характеризуется и высокими скоростями современного подъема земной поверхности. В то же время Приморская равнина, являющаяся собственно побережьем Каспийского моря, испытывает на большей площади погружение. Современные скорости вертикальных опусканий здесь варьируют в пределах 2-5 мм/год [9,10]. Следует отметить, что указанные значения скоростей несколько занижены, так как они усредняются за весьма длительный период, а это приводит к недоучету знакопеременной направленности движений. За 1979-1987 гг. средние скорости современных вертикальных движений земной поверхности по Терско-Сунженской антиклинальной зоне составили 4-8 мм/год, в то время как по данным инструментальных наблюдений только за шесть месяцев 1979 г. – 30-60 мм/год [28]. Такой знакопеременный режим движения земной поверхности отдельных участков побережья Каспийского моря обусловлен, по-видимому, пространственно-волновым характером передачи тектонических напряжений. Результаты нивелировок земной поверхности в 1914, 1936, 1949, 1972, 1989 гг., проведенных вдоль западного побережья Каспийского моря, свидетельствуют о подобном волновом характере движений земной коры с периодичностью – 10-20 лет и более [29,37].

Анализ результатов высокоточных линейно-угловых геодезических измерений свидетельствуют о пульсационном продвижении к северу и северо-востоку блоков Восточного Кавказа,

вероятно, под влиянием роста аккреционной призмы Большого Кавказа в результате встречных движений трех крупных плит.

Для объяснения особенностей современного сейсмического режима предложена «клавишная модель» механизма реализации геодинамических и геотектонических процессов в регионе:

упругая сейсмическая энергия в очаге потенциального сильного землетрясения (блоке земной коры или на стыке смежных блоков) накапливается за счет сжатия, создаваемого пододвигающимися под Кавказское сооружение с севера и СВ Евроазиатской (Скифской и Туранской), с юга - Аравийской плитами. В определенный критический момент блок коры, накопивший предельное тангенциальное напряжение, «отскакивает» в сторону Евроазиатской плиты, что сопровождается сильным землетрясением. В следующий «промежуток времени» (в период образовавшейся зоны растяжения) вероятны субвертикальные движения горст-грабенов (за счет скачкообразной «сработки» энергии вертикальной составляющей тектонической напряженности, в местах сцепления торцов взаимодействующих блоков земной коры). Как известно, сопротивление горных пород на растяжение примерно на порядок (в 6-15 раз) меньше их сопротивлению сжатия, и разрушения начинаются в области растяжений. Чередования фаз сжатий и растяжений земной коры при прохождении тектонической волны (чередование подъемов, связанных со сжатиями и опусканий блоков земной коры, связанных с растяжениями), вероятно, приводят к сильным сейсмическим событиям. Критическими в области Дагестанского сектора Восточного Кавказа являются три блока (рис. 7): Сулакский, Капчугайский и Эльдамо-Кукуртауский (Талгинский), а также узкие (шириной несколько км) линейно-вытянутые в субкавказском направлении, межблоковые зоны (участки новейших поднятий и опусканий земной коры) - район Миатлов, Шамхал-Булака и Экибулака, где в майкопское время отмечалось интенсивное грабенообразование, в которых мощность осадков в 2 и более раз превышали значения в сопряженных блоках. При изменении геодинамической обстановки в сопредельных территориях или при прохождении очередной тектонической волны очаг на этих участках может «сработать» первым. Подобно клавишам пианино.

Для лучшего понимания современных геодинамических процессов и механизма тектогенеза в регионе, обсуждаемую проблему лучше рассмотреть в связи с глобальными геодинамическими процессами. Данные, полученные (Жадин В.В. 1984, Андронов И.В., и др. 1989), показывают, что пространственно-временная структура миграции землетрясений в тектонических поясах имеет планетарную природу и указывает на существование прямой связи между сейсмическим процессом, с одной стороны, и мантийной конвекцией – с другой. Такой результат, с точки зрения тектоники плит, очевидно, равносителен выводу о том, что волны миграции сейсмичности имеют тектоническую природу вследствие подъема наверх огромных масс сильно нагретого мантийного вещества. Большая часть этого вещества не доходит до поверхности земной коры, а растекается вдоль поверхности плит, частично внедряясь в литосферу и, тем самым, вызывая рост тектонических напряжений. В условиях достаточно быстро вращающейся Земли движение магматического вещества от места его подъема к поверхности вследствие действия силы Кориолиса должно иметь вихревой характер. Поскольку Восточный Кавказ располагается к северу от экватора, предполагается, что в его пределах могла возникнуть вихревая структура с вращением против часовой стрелки. Поступательное движение сильно нагретого мантийного вещества вдоль поверхности вращающейся планеты имеет ротационную составляющую. Изменение режима вращения планеты неизбежно приводит к накоплению в ее относительно упругой части – литосфере – значительных напряжений. При этом *специфика напряжений, возникающих при неравномерном вращении планеты*, определяется тем, что земная кора неоднородна и большое количество слагающих ее относительно однородных блоков по разделяющим их границам (глубинным разломам) слабо сцеплены между собою. Как известно, литосферные плиты, как панцирь покрывающие планету, поворачиваются друг относительно друга, что и находит свое

отражение в процессах, протекающих в районах сейсмических поясов Земли. Любое изменение режима вращения планеты, вероятно, должно приводить к тому, что относительно однородные блоки будут стремиться повернуться друг относительно друга.

Нам представляется, что современный геодинамический режим Восточного Кавказа определяется пододвигающимися под Кавказское сооружение с юга Аравийской плиты, с севера – Скифской, а с СВ – Туранской плитами и субвертикальными подвижками блоков (горст-грабенов) земной коры по зонам тектонических нарушений в периоды ослабления горизонтальных напряжений в зоне коллизии трех крупных плит.

Таким образом, современный геодинамический режим региона в свете изложенных теоретических положений – это результат и реакция геологической среды на встречные движения трех крупных тектонических плит, источником энергии которых является внутренняя энергия Земли и ее ротационно-пульсационный режим как планеты.

Современная сейсмичность. Восточный Кавказ характеризуется самой высокой современной сейсмической активностью в Кавказ-Анатолийском регионе. Здесь зарегистрировано довольно много сильных землетрясений, в том числе: Дагестанское – 14.05.1970 г. (8-9 баллов); Буйнакское – 9.01.1975 г. силой в эпицентре равной 8 баллам; Кумторкалинское – 31.01. силой в 7 баллов; Закаталинские землетрясения (Грузия) – 2012 г. силой 7-8 баллов, 2014 г. – силой 8 баллов и 2018 г. – силой в эпицентре 8 баллов; в окрестности г. Лагодехи 2012 г. – силой 7-8 баллов; в окрестности г. Шеки (Азербайджан) 2015 г. – силой 8 баллов и многие другие; разрушительные для города Шемаха землетрясения 1806 и 1859 годов, а также 13.11 (31.01.) 1902 г. магнитудой 7.0 (6,9); Горийское землетрясение (Грузия) 20 ноября 1920 года с магнитудой 5.1; Зангезурское землетрясение 27 апреля 1931 года (Армения) с магнитудой 6.7; Чхалтинское землетрясение 16 июля 1963 года (Грузия) с магнитудой 6.2; катастрофическое Спитакское землетрясение 8 декабря 1988 года с магнитудой 6,8-7,2 и многие другие.

Исследователи Кавказа неоднократно отмечали признаки древних землетрясений в регионе. В пределах антиклинальных структур Сланцевого Дагестана отмечено широкое проявление признаков палеосейсмичности [6,19,20. и др.]. Но оценкой площадей распространения признаков палеосейсмичности не занимались за исключением Ф.Ш. Шарафутдинова [35,36], который впервые составил карту распространения олистостромовых толщ и установил общие закономерности распространения олистостромов в палеоцен-эоценовых отложениях и клиноформных образований майкопа, которые образуют своеобразные горизонты, прослеживающиеся через всю территорию региона на 250-300 км вдоль простирания и на 30-40 км в направлении падения слоев. По свидетельству данных сводного Каталога сильных землетрясений, составленного по совокупности исторических и инструментальных данных, еще в древние времена, в пределах исследуемой территории происходили сильные землетрясения. В доинструментальный период (VII-XIX вв.) имеются макросейсмические данные о 18 землетрясениях, весьма существенно отличающихся по своей информативности [15]. По описаниям они отражают последствия сильных и разрушительных землетрясений (рис. 10).

Для исследования современного сейсмического режима Восточного Кавказа нами проведен анализ каталога землетрясений ЕГС РАН и его Дагестанского отделения с 1960 по 2021 гг. По результатам анализа составлена карта эпицентров сильных землетрясений с $M \geq 5$ на основании которой и с учетом разломно-блоковой тектоники выделены зоны повышенной тектонической активности (рис. 11).

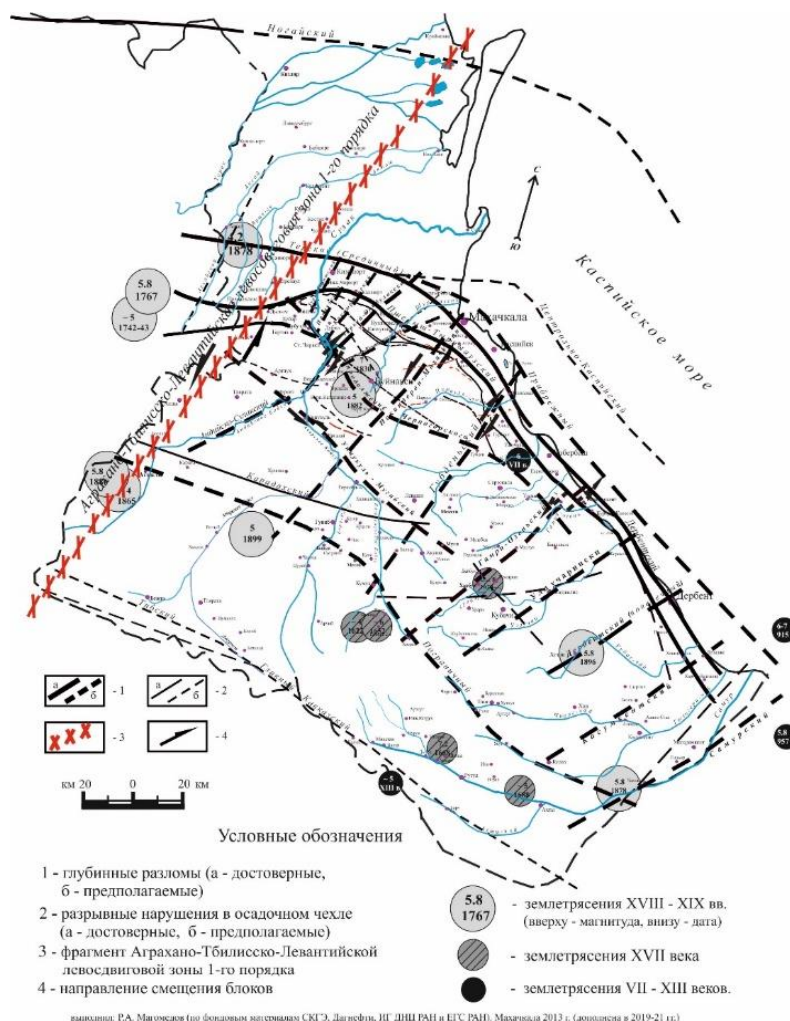
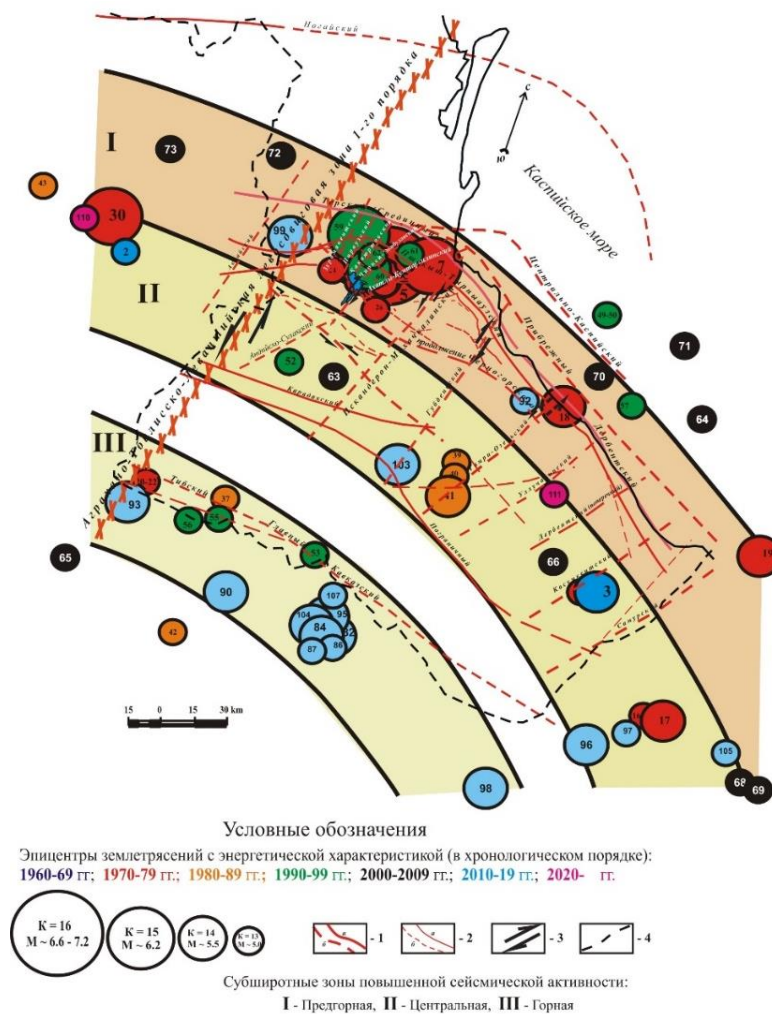


Рис. 10. Карта эпицентров исторических землетрясений с магнитудами более 5 на разломно-блоковой структуре северо-восточного сегмента Восточного Кавказа (Р.А. Магомедов)

Распределение эпицентров землетрясений отражает, как было отмечено выше, сложное геолого-тектоническое строение региона с разнотипными мощностями его консолидированного комплекса. Наибольшая их концентрация наблюдается в зонах пересечений субкавказских и поперечных к ним разломах. Отчетливо выделяется современная сейсмоактивная зона на пересечении Сулакского выступа и Капчугайского грабена. Карта эпицентров землетрясений за короткие промежутки времени, ввиду большой изменчивости сейсмического процесса, не может непосредственно служить надежной характеристикой сейсмичности рассматриваемого района. Трудность количественной оценки сейсмичности, той или иной территории, заключается в том, что сейсмический процесс представляет собой сочетание непрерывного накопления упругих напряжений в земной коре и верхней части мантии и дискретного процесса их сбрасывания. Поэтому наиболее важной характеристикой сейсмического поля были бы количественные показатели напряжения и прочности, дающие нам представление о вероятности возникновения землетрясений. Однако, пока характеристикой напряженного состояния геосреды остается распределение землетрясений в ней. Анализ пространственного распределения эпицентров сильных землетрясений показывает, что, помимо отмеченной современной высокосейсмичной зоны, в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа выделяются еще четыре сейсмоактивные зоны: Аргун-Гудермес-Хасавюртовская, Лагодехи-Белоканы-Закаталинская, Дербентская и Дейбук-Харбук-Уркарахская. Потенциально новой очаговой зоной землетрясений является место сочленения Талгинского выдвинутого блока с Капчугайским грабеном и Губденским блоком.



1 – глубинные разломы (а – достоверные; б – предполагаемые); 2 – разломы осадочного чехла (а – достоверные; б – предполагаемые); 3 – направление движения блоков по данным GPS-наблюдений и повторного нивелирования; 4 – граница республики Дагестан.

Рис. 11. Карта эпицентров сильных землетрясений с $M \geq 5$ с выделением зон повышенной тектонической активности на территории СВ сегмента Восточного Кавказа за период 1960-2021 гг. (по Р.А. Магомедову, Махачкала 2021 г.).

Анализ распределения сейсмичности за инструментальный период наблюдений (1960-2021 гг.) выявил 3 субширотные зоны повышенной тектонической активности в предгорной и горной частях региона контролируемые известными крупными разломами субширотного (кавказского) простирания: I – Предгорная, II – Центральная, III – Горная (рис. 11).

Первая, наиболее активная – контролируется Терским (Срединным), переходящим в юго-восточном направлении на Прибрежный и Дербентский разломы, а также, Пшекыш-Тырныаузским, которая ориентирована параллельно первому. Вторая зона контролируется Унцукуль-Мугибским предполагаемым глубинным разломом с продолжением в юго-восточном направлении в сторону Азербайджана и Пограничным, которые также ориентированы параллельно первому. Третья зона контролируется так называемым Главным Кавказским разломом.

Все три зоны отмечены высокой современной тектонической и сейсмической активностью (рис. 11) и согласуются с исторической активностью (рис. 10). На этом основании зонам повышенной тектонической активности присвоена потенциальная сейсмическая активность. Проекция гипоцентров современных и исторических землетрясений с магнитудами более 5 на дневную поверхность отражают их пространственные положения на смесителях глубинных разломов

при глубинах от ~ 20 до 80 км, что соответствуют инструментальным данным и моделям сочленения Скифско-Туранской плиты и Кавказского складчатого сооружения [24,25,33,34 и др.].

Первая зона повышенной тектонической активности выделяется среди остальной своей активности. Здесь отмечается наибольшее количество глубинных поперечных активных разломов, таких как Чиркей-Экибулакский, Ахатлы-Кумторкалинский, Какаюртовский, Пираузский, Зурамакентский, Искандерон-Махачкалинский, Губденский, Гамри-Озеньский, Уллучаринский, Дербентский (поперечный), Касумкентский, Самурский и др. Эпицентры землетрясений с магнитудами более 5 тяготеют к зонам пересечений этих разломов с субширотными. Высокая концентрация эпицентров землетрясений с M более 5 и современную активность отмечается на стыке Сулакского выступа и Капчугайского грбена по Чиркей-Экибулакскому глубинному разлому. Здесь же простираются узкие (шириной несколько км) линейно-вытянутые в субкавказском направлении, межблоковые зоны (участки новейших поднятий и опусканий земной коры) – район Миатлов, Шамхал-Булака и Экибулака, где в майкопское время отмечалось интенсивное грабенообразование, в которых мощность осадков в 2 и более раз превышали значения в сопряженных блоках. Глубины гипоцентров в горстах в среднем составляют 25 км, а в смежных грабенах – около 10 км, что однозначно соответствует их принадлежности к наклонным сейсмофокальным пластинам, о чем свидетельствует и интенсивность сотрясаемости до 9 баллов при разных глубинах гипоцентров. Таким образом, вышеизложенное, а также, распределение современной сейсмичности позволяет нам принять эту область за потенциальную зону ВОЗ (рис. 11).

Следующей активной зоной является Дербентская, с приграничной с Азербайджаном областью, где также отмечается повышенная современная и историческая сейсмическая активность. Помимо отмеченных зон выделяются еще две потенциальные зоны ВОЗ: Лагодехи-Белоканы-Закаталинская и Чеченская (Аргун-Гудермес-Хасавюртовская), где также отмечается высокая современная и историческая сейсмическая активность.

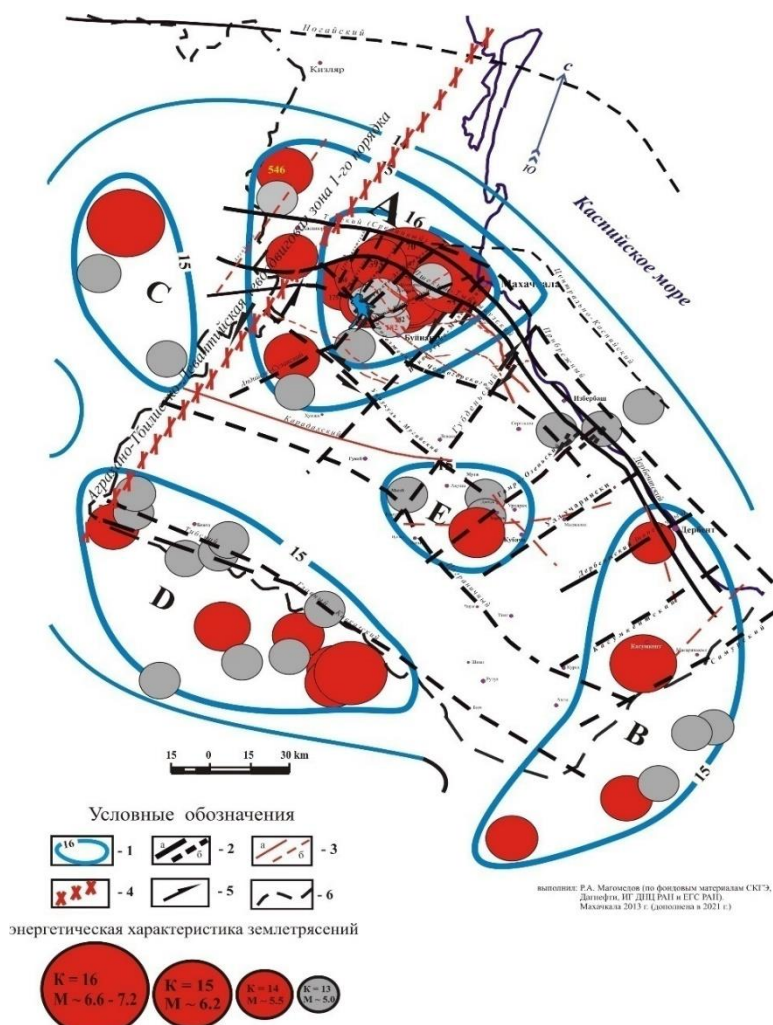
Следует обратить внимание и на область пересечения Гамри-Озеньского глубинного разлома с предполагаемым Унцукуль-Мугибским (Дейбук-Харбук-Уркарахская зона), где концентрируются активные разломы осадочного чехла и отмечается повышенная сейсмическая активность в инструментальный период наблюдений, которая не наблюдалась, по историческим данным, за последние 400 лет (зона сейсмического затишья). В 1620-е гг. в данной зоне произошли сейсмические события с $M=5$ и выше [22].

Таким образом, проведенные исследования позволили выделить зоны ВОЗ (рис. 12) и установить особенности связи между пространственно-временным распределением современной сейсмичности и разломно-блоковой тектоникой региона заключающиеся в том, что области с повышенной современной сейсмической активностью хорошо коррелируются с зонами, где отмечена историческая активность.

Повышенная сейсмичность Восточного Кавказа согласуется с его более высокой подвижностью в течение всего альпийского цикла. Как известно «сейсмическую погоду» определяют сильные землетрясения, периодичность которых (точнее - квазипериодичность) по историческим данным превышают сто лет. Инструментальный период для определения периодичности сильных и сильнейших землетрясений слишком мал. Он пригоден, с некоторыми допущениями, для определения пространственно-временного и энергетического распределений очагов средней силы землетрясений.

Для исследований современной напряженности и направленности геотектонических процессов в регионе, выявления повторяемости сильных землетрясений, миграции и пространственной локализации их очагов нами проведен анализ каталога землетрясений Восточного Кавказа за инструментальный период наблюдений (1960-2022 гг.). Для анализа использовались данные более чем 900 землетрясений с магнитудой $M \geq 3,8$, происшедших на территории площадью около 73.5 тыс. км² (координаты: С.Ш. $41^{\circ} 00' - 44^{\circ} 00'$; В.Д. $45^{\circ} 30' - 48^{\circ} 30'$). Представительной

магнитудой среди ощутимых землетрясений за данный период является М 4 (табл. 1). В качестве минимальной выбрана магнитуда 3.8, так как при относительно более низких значениях предстательность ощутимых сейсмических событий резко падает.



Зоны ВОЗ: А – Чиркей-Буйнакск-Махачкалинская. В – Дербентская. С – Чеченская. Д – Лагодехи-Белоканы-Закаталинская. Е – Дейбук-Харбук-Уркарахская. 1 – изолинии K_{max} , 2 – глубинные разломы (а – достоверные, б – предполагаемые), 3 – разрывные нарушения в осадочном чехле (а – достоверные, б – предполагаемые), 4 – фрагмент Аграхано-Тбилиско-Левантйской левосдвиговой зоны 1-го порядка, 5 – направление смещения блоков, 6 – граница республики.

Рис. 12. Схема зон ВОЗ СВ сегмента Восточного Кавказа на разломно-блоковой основе с учетом максимальной наблюдаемой магнитуды (по Р.А. Магомедову).

Таблица. 1.

Распределение землетрясений по магнитудам		
Магнитуда	Количество землетрясений	%
4 (3.8 – 4.4)	759	82,59
5 (4.5 – 5.4)	144	15,67
6 (5.5 – 6.4)	15	1,63
7 (6.5 – 7.4)	1	0,11
8 (7.5 – 8.4)	-	
Σ	919	100

График временного распределения землетрясений показывает наличие за последние полвека снижения сейсмической активности по максимальным магнитудам (рис. 13), что может быть связано с периодичностью сильных землетрясений Восточного Кавказа.

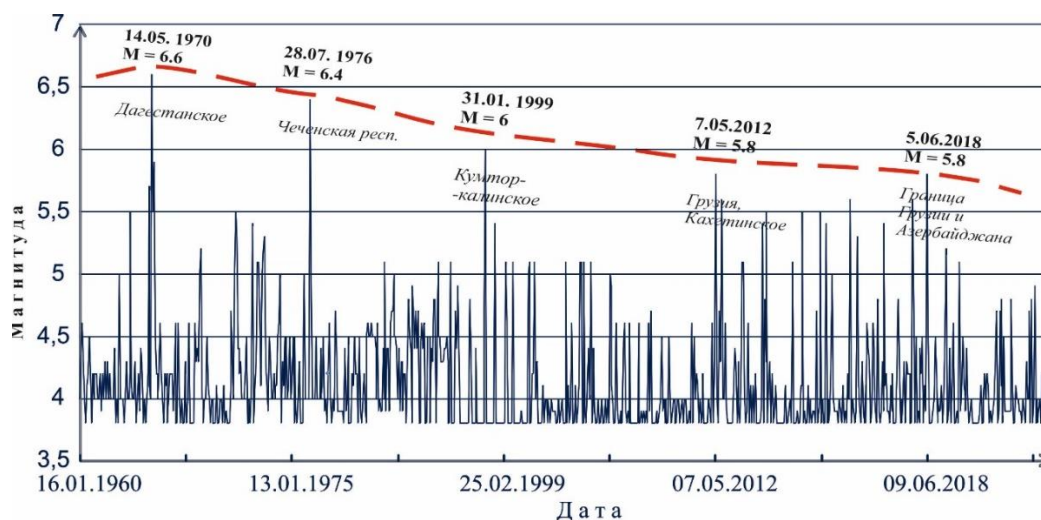


Рис. 13. График временного распределения землетрясений с $M \geq 3.8$.

В данном случае снижение активности связано с периодом ее спада продолжительностью 50-60 лет. Периодичность (квазипериодичность) сильных землетрясений для территории Восточного Кавказа по данным анализа исторических событий составляет примерно $90-120 \pm 10$ лет. Таким образом, следующее сильное землетрясение на территории региона, вероятно, следует ожидать в 2070 ± 10 лет. Это не означает, что в ближайшее десятилетие не может случиться подобное событие. Здесь действуют много факторов, в том числе, не познанные глубинные и не до конца осознанные исследователями космические и, нелинейность самых процессов протекающих в вечно меняющейся геологической среде. Все эти и другие, еще не познанные механизмы, действуя вместе, превращают литосферу в хаотичную нелинейную, вечно меняющуюся систему. В такой системе, как известно, прошлое не определяет будущее. В нашем понимании **«очагземлетрясения - одна из бесчисленных форм существования вечно меняющейся геологической среды»**. Как говорят в народе: *«дважды в одно и то же реку не войдешь»*. Отсюда и трудности с прогнозом времени свершения землетрясения.

Конечно, многие узловые вопросы геотектоники и сейсмо тектоники региона до сих пор являются дискуссионными. По результатам наших исследований, сейсмические события в регионе являются следствием повышенной голоценовой и современной тектонической активности. Следствием тектонической активности является накопление тектонических напряжений и их сброс как вдоль основных субкавказских разломов (Пшекыш-Тырныаузского, Срединного (Терского), Черногорского и др.), так и вдоль поперечных к ним разломов (Чиркей-Экибулакского, Искандерон-Махачкалинского, Губденского, Гамри-Озеньского, Аграхано-Тбилиско-Левантийского и др.).

Выводы

В результате проведенных исследований выявлено что, наиболее вероятными местами возникновения сильных землетрясений, в исторической перспективе, являются зоны пересечений субкавказских и поперечных к ним разломов – так называемые «дизъюнктивные узлы». Изучена связь разломно-блоковой тектоники с пространственно-временным распределением современной сейсмичности региона. Установлены особенности связи, заключающиеся в том, что области

с повышенной современной сейсмической активностью хорошо коррелируются с зонами, где отмечена историческая активность.

Пшекыш-Тырныаузский разлом является самым сейсмоактивным в регионе в современный период. Из поперечных разломов в смысле оценки сейсмической опасности региона следует выделить Зурамакентский, Пираузский, Какаюртовский Чиркей-Экибулакский, Ахатлы-Кумторкалинский и Искандерон-Махачкалинский разломы. Наибольшая тектоническая и сейсмическая активность наблюдается в районе пересечения современной активной зоны (к западу от г. Махачкала) с Черногорским, Пшекыш-Тырныаузским и Срединным разломами во фронтальной части Дагестанского выступа, подтвержденная долговременной сейсмической активностью.

Современный и последний (50-летний) всплеск сейсмической активности на Восточном Кавказе отражает естественный ход геологических процессов в регионе (входит в альпийскую геосинклинальную область, в которой еще не закончились процессы формирования складчатых структур) с «расконсервацией» генетически обретенных (*в процессе длительного литогенеза и истории его геологического развития*) и накопленных в современный период геонапряжений под влиянием глубинных перемещений масс, результатом (следствием) которых являются встречные движения Аравийской и Евроазиатской (Скифской и Туранской) плит, вызывающие образование или оживление разрывов и разнонаправленные блоково-глыбовые перемещения, затронувшие земную кору на всю мощность, источником которых является внутренняя энергия Земли и ее ротационно-пульсационный режим как планеты.

Составлена новая схема зон ВОЗ северо-восточного сегмента Восточного Кавказа с учетом максимальной (наблюденной) магнитуды. Выделены следующие зоны: Чиркей-Буйнакс-Махачкалинская; Дербентская; Аргун-Гудермес-Хасавюртовская; Грузинская (Лагодехи-Белоканы-Закаталинская) и Внутренняя (Дейбук-Харбук-Уркарахская). Выделенные зоны ВОЗ в уточненном варианте могут послужить основанием для постановки дополнительных геофизических и GPS (ГЛОНАС)-наблюдений, а также геодеформационных наблюдений (совместно с наблюдением за ГГД-полем) в режиме мониторинга и полевых работ по картированию следов палеосейсмических событий. Применение дополнительных геолого-геофизических методов позволит уточнить выделенные зоны ВОЗ, оценить максимально возможные магнитуды, дать адекватную оценку сейсмической опасности и, тем самым, снизить риск экологических последствий современной сейсмичности в этом густонаселенном и промышленно развитом регионе страны.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН рег. номер 1021060808491-6-1.5.6.

Литература

1. Ажгирей Г.Д. О некоторых важных закономерностях тектонического строения и движения Земной коры //Изв. АН СССР, Серия геол., 1960, № 8. - С. 21-36.
2. Артюшков Е.В. Геодинамика. - М.: Наука, 1979. - 327 с.
3. Брод И.О. Тектоника и нефтеносность Восточного Предкавказья //Сов. геол., т. VIII, 1938, № 7. - С. 3-23.
4. Бунин Г.Г. Результаты геолого-структурного дешифрирования космоснимков Предгорного Дагестана в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности //Нефтегазоносность мезозойских отложений Кавказа. Махачкала. 1986.- С. 117-123.
5. Буторин Г.Д., Галин В.Л. Тектоника передовой складчатой зоны Дагестанского выступа в связи с поисками залежей нефти и газа //Сов. геол., 1972, № 9. - С. 127-133.
6. Гаврилов Ю.О. Отражение сейсмических палеособытий в мезозойско-кайнозойских терригенных толщах Северного Кавказа //Литология и полезные ископаемые. 2017, № I. С. 3-24
7. Джибладзе Э.А. Энергия землетрясений, сейсмический режим и сеймотектонические движения Кавказа. - Тбилиси: Мецниереба, 1980. 255 с.

8. Ежов Б.В. О связях кольцевых морфоструктур с геофизическими оболочками Земли. - В кн.: Геолого-геоморфологические конформные комплексы Дальнего Востока, Владивостока. ДВНЦ АН СССР, 1980. - С. 71-80.
9. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М 1:2500000. М.: ГУГК СССР, 1973.
10. Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территории СССР. М 1:5000000. М.: ГУГК СССР, 1989.
11. Касьянова Н.А., Абрамова М.А., Гайрабеков И.Г. О горизонтальных деформациях Восточного Кавказа на основе высокоточных геодезических измерений //Геотектоника. –1995. - № 2. - С. 86-90.
12. Короновский Н.В. Аграхан-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона - важнейшая структура Кавказского региона //Докл. РАН. 1994. Т. 337, № 1. - С.83-89.
13. Краснопевцева Г.В. и др. Результаты глубинного сейсмического зондирования земной коры Кавказа. - В кн.: Глубинное строение Кавказа. М.: Наука, 1966. - С. 43-56.
14. Криволицкий Н.В. Тектонические характеристики области Известнякового Дагестана //Тр. ВНИГРИ, 1954, № 4. - С. 148-193.
15. Левкович Р.А., Магомедов А.М., Асманов О.А. К сейсмическому районированию Дагестанской АССР//Сб.Сейсмический режим территории Дагестана.ИГ Даг. ФАН СССР, № 1. 1977 г. С.31-40.
16. Магомедов Р.А. Геодинамический режим области Дагестанского клина в альпийском цикле развития Восточного Кавказа //Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. Труды ИГ ДНЦ РАН. 2010. – Вып. 56. - С. 66-80.
17. Магомедов Р.А. Гидрогеодинамический режим области Дагестанского клина и сопредельных территорий в связи с сейсмичностью. Диссертация на соискание уч. ст. к.г.-м.н. по специальности 25.00.07-гидрогеология. Москва. МГУ, 2001. 183 с.
18. Магомедов Р.А. Дизъюнктивная тектоника и современная сейсмичность территории Восточного Кавказа //Отечественная геология, № 3. -2014. - С. 69-77.
19. Магомедов Р.А. К поиску следов палеосейсмических событий в осадочных формациях юры и мела Восточного Кавказа //Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Седьмое Всероссийское совещание. 18-22 сентября 2017 г., Москва. Научные материалы /В.А. Захаров, М.А. Рогов, Е.В. Щепетова (ред.). Москва: ГИН РАН, 2017. С. 123-128
20. Магомедов Р.А. Следы палеосейсмических событий в разрезах осадочного чехла Восточного Кавказа //Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Седьмое Всероссийское совещание. 18-22 сентября 2017 г., Москва. Научные материалы /В.А. Захаров, М.А. Рогов, Е.В. Щепетова (ред.). Москва: ГИН РАН, 2017. С. 119-122.
21. Магомедов Р.А. Современная геодинамика и особенности дизъюнктивной тектоники области Дагестанского выступа Восточного Кавказа //Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения. Материалы XLVI Тектонического совещания. Том I. М: ГЕОС, 2014. - С. 240-244.
22. 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. Ресурсы подземных вод Юга России и меры по их рациональному использованию, охране и воспроизводству. Материалы научно-практической конференции, посвященной 75-летию заслуженного деятеля науки РД, отличника разведки недр СССР Курбанова М.К. 15-17 сент. 2009 г. //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 55 Махачкала, 2009 г.- С. 279-281
23. Маркус М.А. Долгоживущие структуры Восточного Кавказа //Сов. геология. 1986. № 10. С.63–69.
24. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории земли: рифтогенез в подвижных поясах. - Москва: Недра, 1987. 295 с.
25. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. «Недра». М., 1968. 484 с.
26. Овсяченко Н.И. Изучение современной активности тектонических нарушений в сейсмоопасных районах //Геопрофи. 2006. № 1. - С. 51-55.
27. Рычагов Г.И. Позднеплейстоценовая история Каспийского моря //Комплексные исследования Каспийского моря. М., Изд-во МГУ, 1976. Вып. 4. - С. 18-29.

28. Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О. Современные движения земной коры осадочных бассейнов. М.: ИГИРГИ, 1989. 183 с.
29. Синягина М.И., Орленка Л.П. //Геодезия и картография. 1959. № 8. - С. 22.
30. Скарятин В.Д. Применение метода многоступенчатой генерализации при изучении геологических структур разного масштаба (на примере Северного Кавказа) //Исследование природной среды космическими средствами: Геология и геоморфология. - М.: 1976. - Т.5. - С. 123-141.
31. Соборнов К.О. Формирование складчато-надвиговой структуры Дагестанского клина //Геотектоника. 1991. № 3. - С. 34-46.
32. Схема тектонического районирования Дагестана. Составители: Сабанаев К.А., Шалбузова Л.В. по материалам ОАО «НК «Роснефть-Дагнефть»», ООО «Каспийгазпром». Масштаб 1: 500 000. Махачкала, 2005.
33. Труды Геологического института /Геол. ин-т. - М.: Изд-во АН СССР, 1932-1964. - М.: Наука, т. 28 1964. ISSN 0002-3272 Вып. 593: Консолидированная кора Каспийского региона: опыт районирования /Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Антипов М.П., Быкадоров В.А., Хераскова Т.Н.; Отв. ред. Ю.Г. Леонов. - М: ГЕОС, 2010. - 64 с.
34. Хаин В.Е. Общая геотектоника. М., Недра, 1973. 512 с
35. Шарафутдинов В.Ф. Геологическое строение и закономерности развития майкопских отложений северо-восточного Кавказа в связи с нефтегазоносностью. Диссертация на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. Москва – 2003. 431 с.
36. Шарафутдинов В.Ф. Геологическое строение и закономерности формирования палеогеновых олистостромовых толщ Северо-Восточного Кавказа. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва - 1991. 17 с.
37. Шило Н.А. Природа колебаний уровня Каспия //ДАН СССР. 1989. Т. 305. № 2. - С. 412-416.

УДК 550.34.06.013.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-37-43

СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЙОНА СУЛАКСКОГО КАСКАДА ГЭС ЗА ПЕРИОД 1974 – 2020 гг.

Мусаев М.А.
Институт геологии ДФИЦ РАН

В предыдущих работах нами исследованы влияния заполнения Чиркейского и Ирганайского водохранилищ на сейсмичность прилегающих к ним территорий. В данной работе рассматривается изменение сейсмичности всего района Сулакского каскада ГЭС, с учётом заполнения остальных водохранилищ, за период 1974 – 2020 гг.

Ключевые слова: Сулакский каскад ГЭС, водохранилище, эпицентры землетрясений, класс землетрясений, сейсмическая активность, суммарная энергия землетрясений.

SEISMICITY OF THE SULAK CASCADE HPP AREA FOR THE PERIOD 1974 – 2020

Musaev M.A.
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences

In previous works, we have investigated the effects of filling the Chirkeysky and Irganaysky reservoirs on the seismicity of the territories adjacent to them. This paper considers the change in seismicity of the entire area of the Sulak cascade of hydroelectric power plants, taking into account the filling of the remaining reservoirs, for the period 1974 – 2020.

Keywords: Sulak cascade HPP, reservoir, earthquake epicenters, earthquake class, seismic activity, total earthquake energy.

Введение

В мире известны техногенные землетрясения, связанные с заполнением водохранилищ ГЭС [1, 5, 12-13, 16]. Но не каждое заполнение водохранилища приводит к увеличению сейсмической активности – ее проявление зависит от многих факторов, в первую очередь от высоты плотины и площади водохранилища, и потом, от типа пород, слагающих ложе водохранилища, тектонической активности района, близости расположения разломных зон.

В работе [15] показано, что из существующих, примерно, 11000 водохранилищ, образованных плотинами с высотой от 10 м до 90 м, только 0,63% послужили причиной возбуждения сейсмичности; при высоте платин от 90 м до 140 м – в 10%, и при высоте более 140 м – в 21% водохранилищ возникла наведенная сейсмичность. Следовательно, высокая плотина с большей вероятностью может индуцировать землетрясение, чем низкая, что, впрочем, не является неожиданностью.

На реке Сулак в Дагестане построены и запущены уже семь ГЭС (табл. 1, рис. 1.) из них самыми крупными являются Чиркейская и Ирганайская.

Нами ранее были исследованы влияния заполнения Чиркейского и Ирганайского водохранилищ на сейсмичность прилегающих к ним территорий [2, 6–11]. Было установлено, что заполнение Чиркейского водохранилища привело к значительному увеличению сейсмической активности прилегающего района. При достижении уровня воды 120 м сейсмическая активность скачком увеличилась более, чем на порядок по сравнению со средней ее величиной до начала заполнения. Аномально высокая сейсмичность продолжалась в течение трех неполных лет, 1974–1976 гг., а заполнение Ирганайского водохранилища в течение периода 1998–2008 гг. не привело к всплеску сейсмической активности исследуемого района. К такому же выводу пришел автор работы [14].

В работе [2] сделан анализ сейсмичности территории Сулакского каскада ГЭС, причем учитывались данные только числа землетрясений без учета их энергетического класса, а в

настоящей работе рассматривается сейсмичность указанной территории с учетом параметров сейсмической активности.

Таблица 1

Плотины Сулакского каскада ГЭС

ГЭС	Высота плотины, м	Объем водохранилища полный, млн. куб. м	Начало заполнения водохранилища, год	Завершение заполнения водохранилища, год
Гергебильская	70	0,1	1937	1940
Чирюртовская	37,5	*	1959	1961
Чиркейская	232,5	2780	1974	1976
Миатлинская	86,5	47/32,7	1985	1986
Ирганайская	101	601	1998	2008
Гунибская	73	10,6	2004	2005
Гоцатлинская	69	48,1	2015	2016

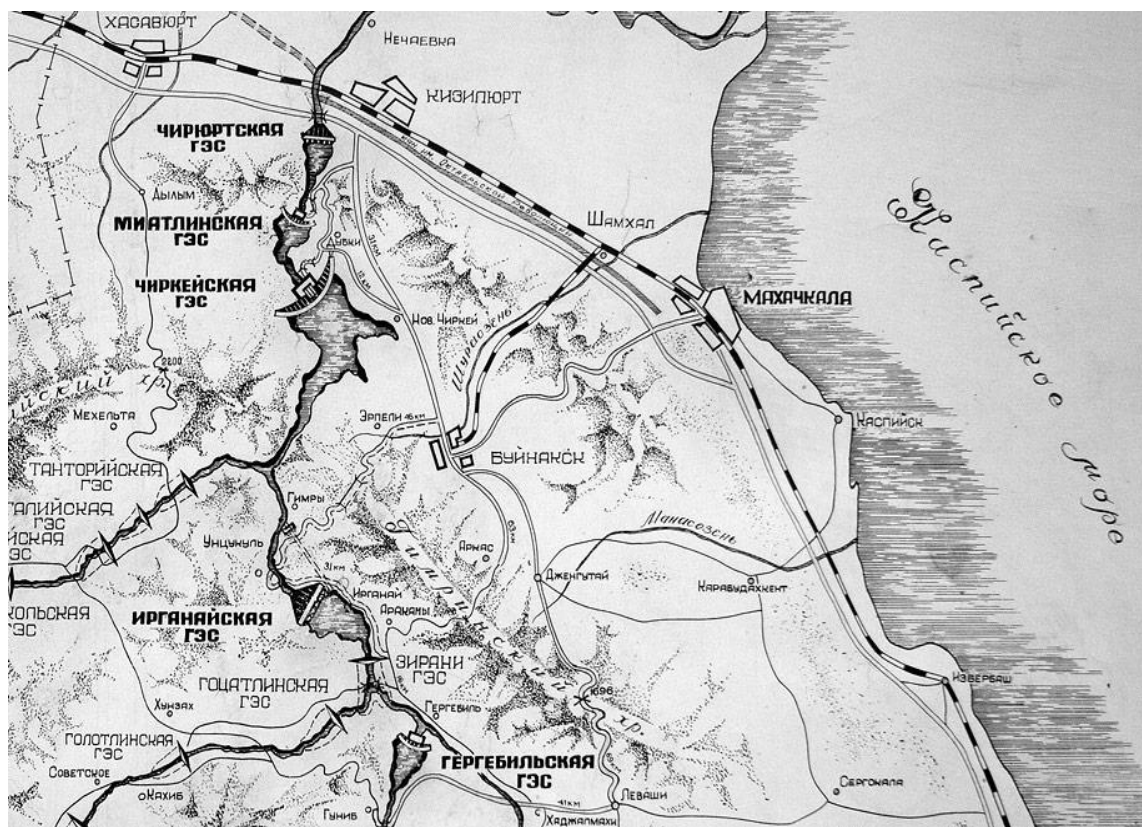


Рис. 1. Карта Сулакского каскада ГЭС

Сейсмическая активность исследуемого района

Для анализа сейсмичности района Сулакского ГЭС за период с 1974 по 2020 гг. нами рассмотрена соответствующая территория с координатами $42,47^{\circ} - 43,16^{\circ}$ с. ш. и $46,58^{\circ} - 47,35^{\circ}$ в. д. Информация о землетрясениях взята из регионального каталога землетрясений Дагестанского филиала Федерального исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ДФ ФИЦ ЕГС РАН). По данным этого каталога построены карты эпицентров землетрясений для энергетического класса К больше 12 и 10, соответственно, рисунки 3 и 4.

Началом рассматриваемого периода исследования взят 1974 год не только как начало заполнения Чиркейского водохранилища – этот год является началом инструментальных сейсмологических наблюдений в Дагестане, когда после разрушительного Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года, причем вблизи строящейся тогда Чиркейской ГЭС, были установлены сейсмостанции «Буйнакск» в 1973 г. и сейсмостанции «Дылым» и «Дубки» в 1974 г. В настоящее время на территории Дагестана функционирует сеть из 17 цифровых сейсмических станций Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН и ещё сейсмостанция Махачкала (с 1951 г.), которая одновременно является станцией Федеральной сети сейсмических наблюдений России [3].

Расчет активности A_{10} проводился по известной формуле [4,11]:

$$A_{10} = \frac{1000}{ST} \frac{\sum_{K_{\min}}^{K_{\max}} 10^{\gamma(K-10)} N_K}{K_{\max} - K_{\min} + 1} \quad (1)$$

где S – площадь выбранной нами области (равная 4860 км^2); T – период наблюдений, равный одному году; $K = \lg E$ – энергетический класс землетрясения (E – энергия землетрясения в Дж); γ – угловой коэффициент графика повторяемости землетрясений; N_K – число землетрясений, соответствующих энергетическому классу K , наблюдаемых на площади S за рассматриваемый год; $K_{\min}$ – уровень представительности, т.е. минимальный энергетический класс землетрясений, регистрируемый на исследуемой территории за рассматриваемый период наблюдения без пропуска; $K_{\max}$ – максимальный класс землетрясений, наблюдаемых на площади S за рассматриваемый год. Причем, в период с 1974 по 2010 гг. угловой коэффициент γ графика повторяемости землетрясений оказался равен 0,46 и уровень представительности $K_{\min} = 8$, а в период с 2010 по 2020 гг. – соответственно, 0,54 и $K_{\min} = 7$.

График изменения во времени сейсмической активности исследуемого района A_{10} построен для скользящего окна длительностью один год с шагом в 0,5 года (рис. 4.).

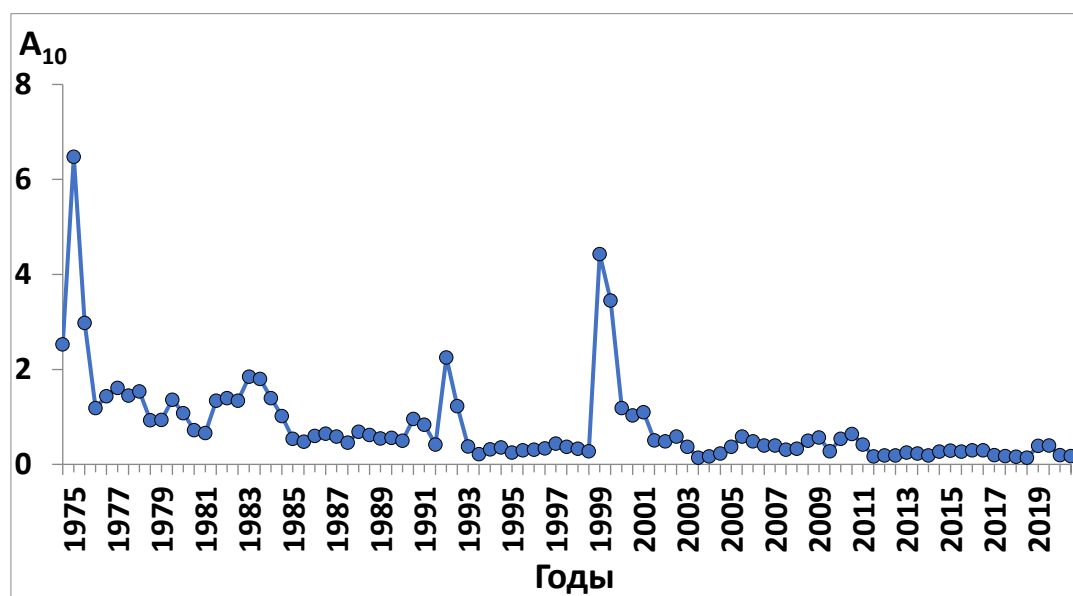


Рис. 2. Изменение сейсмической активности A_{10} исследуемой территории за период 1974 – 2020 гг.

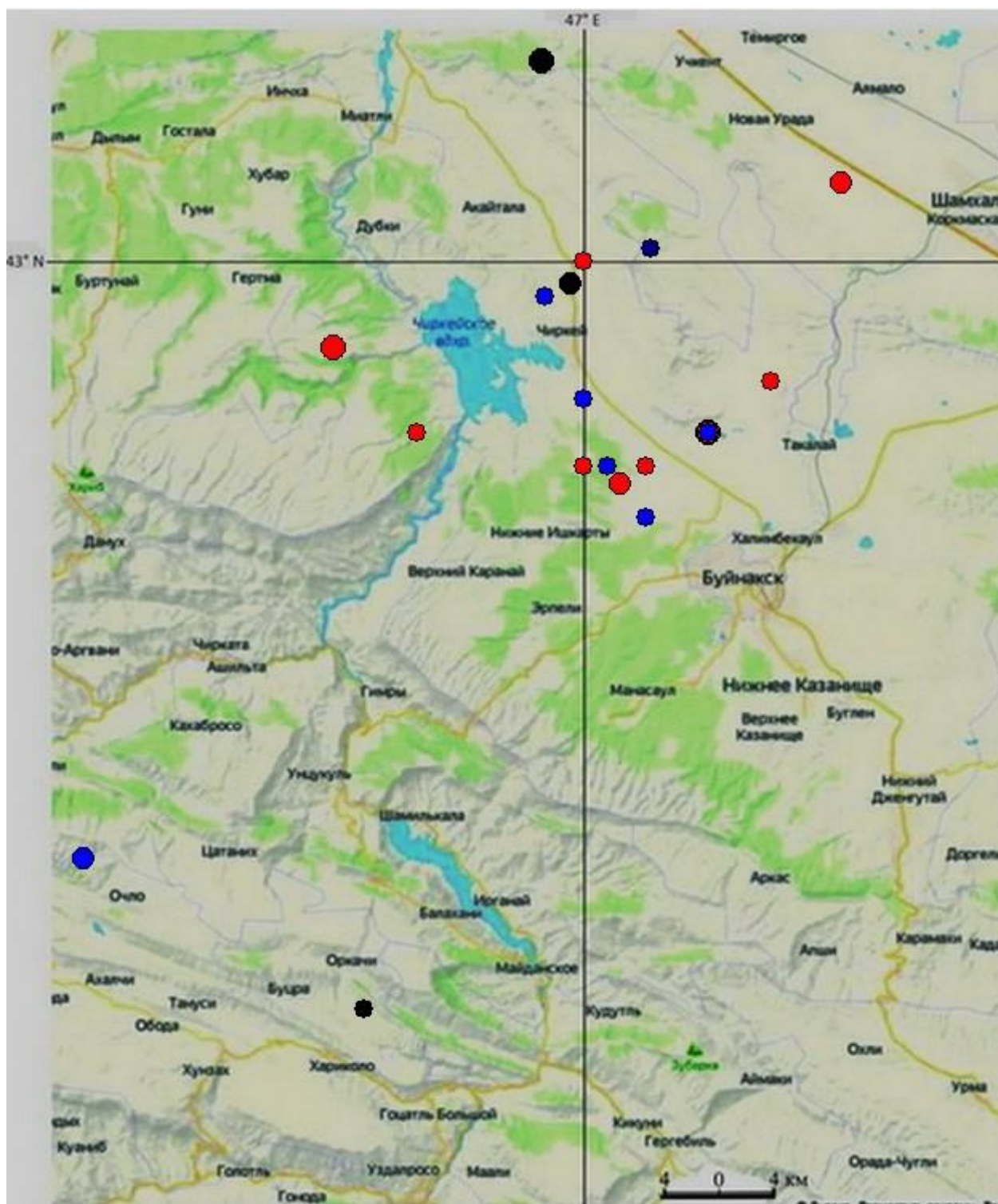


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений энергетического класса $K \geq 12$, произошедших на исследуемой территории за период 1974 – 2020 гг.

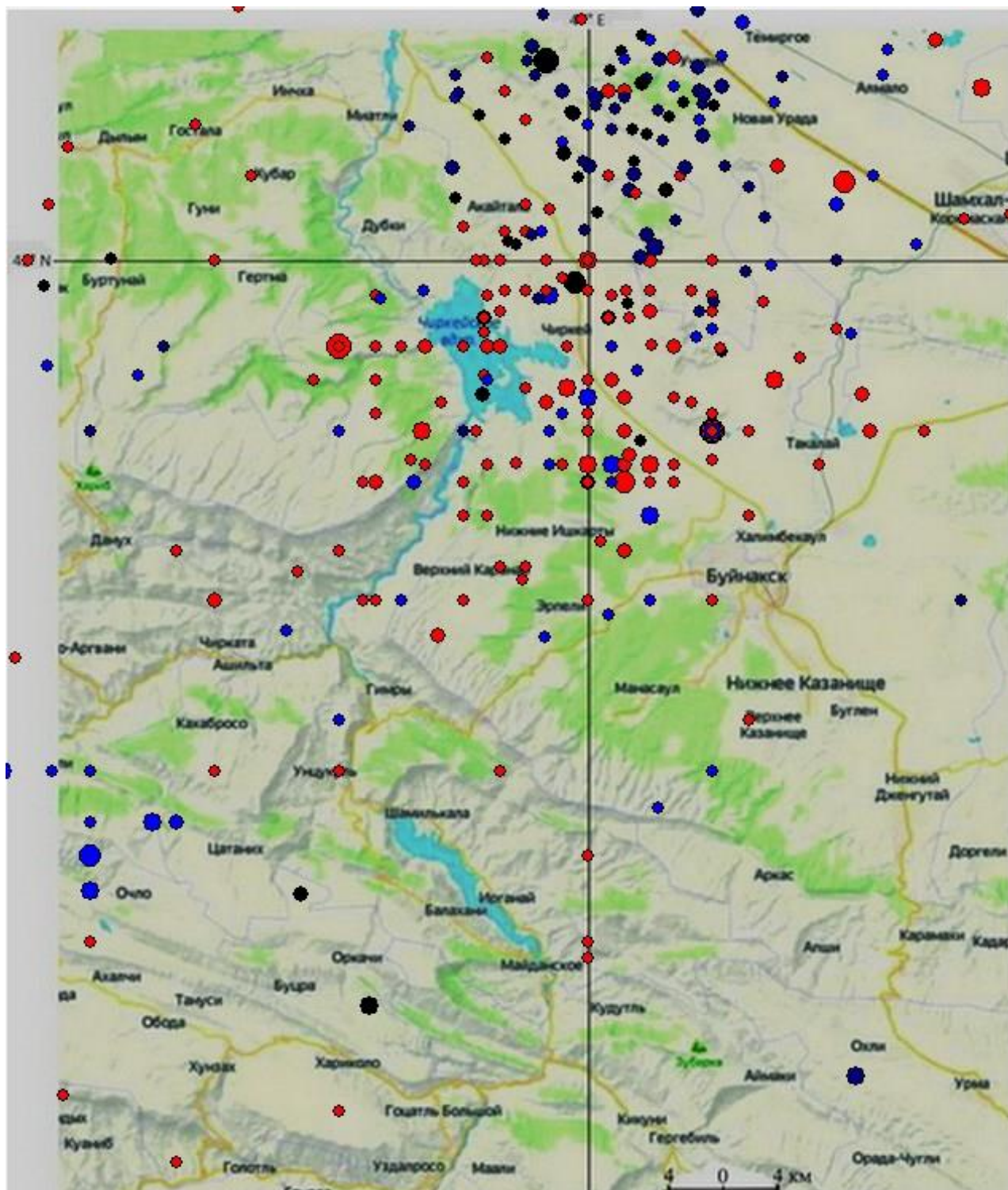


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений энергетического класса $K \geq 10$, произошедших на исследуемой территории за период 1974 – 2020 гг.

На графике изменения сейсмической активности A_{10} выделяются два пика. Первый пик (1975 г.) связан с Салатауским землетрясением энергетического класса $K=13.6$, которое произошло 23.12.1974 г. с координатами эпицентра 42.95° с.ш. и 46.80° в.д. и глубиной очага 6 км, и Буйнакским – $K=14.0$ и 09.01.1975 г. с координатами эпицентра 42.90° с.ш. и 47.10° в.д. и глубиной очага 8 км.

Буйнакское землетрясение, эпицентр которого находился на расстоянии меньше 10 километров от Чиркейского водохранилища, считается наведённым заполнением этого водохранилища на основании анализа результатов многолетних экспедиционных работ в районе Чиркейской ГЭС [9].

Заполнение Чиркейского водохранилища началось в июле 1974 г. и достигло своего проектного уровня 230 м в сентябре 1976 г. Сезонные колебания уровня воды Чиркейского водохранилища составляют в среднем 35–40 м, с максимумом в июле-августе и минимумом в марте-апреле.

С самого начала заполнения водохранилища, когда уровень воды достиг 50 м, начались толчки вокруг водохранилища и под ним. В основном слабые и после достижения уровня воды водохранилища 120 м произошел рой землетрясений в хвостовой части водохранилища, глубины очагов равнялись 3–5 км. Самый сильный толчок имел энергетический класс $K=11$.

Динамику развития сейсмических событий при заполнении Чиркейского водохранилища можно посмотреть на YouTube (<https://youtu.be/OWqQdnkMyn0>) [3].

Второй пик (1999 г.) связан с Кизилюртовским землетрясением энергетического класса $K=14.3$, которое произошло 31.01.1999 г., с координатами эпицентра 42.12° с.ш. и 46.97° в.д. и глубиной очага 33 км.

Как видно из графика изменения сейсмической активности и карт эпицентров землетрясений (рис. 3. и 4.), изменение сейсмической активности вблизи Ирганайского, Миатлинского, Гунибского и Гочатлинского водохранилищ в связи с их заполнением не наблюдалось в рассматриваемый период.

Из графика изменения сейсмической активности (рис. 2.) так же видно, что последнее десятилетие наблюдается снижение сейсмической активности на исследуемой территории. То же самое показывает и график изменения суммарной энергии землетрясений, произошедших на исследуемой территории по десятилетиям, за период 1974 – 2020 гг. (рис. 5.).



Рис. 5. Изменение суммарной энергии землетрясений, произошедших на исследуемой территории по десятилетиям, за период 1974 – 2020 гг.

Выводы

1. Проведенное в данной работе исследование изменение сейсмичности всего района Сулакского каскада ГЭС, с учётом заполнения водохранилищ за период 1974 – 2020 гг., показало,

что кроме Чиркейского водохранилища остальные не оказали заметного влияния на увеличение сейсмической активности на рассматриваемой территории.

2. Последнее десятилетие наблюдается заметное снижение сейсмической активности на исследуемой территории.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН рег. номер 1021060808491-6-1.5.6.

Литература

1. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б., 2005. Техногенные процессы в земной коре (опасности и катастрофы). М.: ИНЭК. 2005. 252 с.
2. Алиев И.А., Черкашин В.И., Мусаев М.А. Анализ сейсмической активности в районе Сулакского каскада ГЭС // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 2. С. 5–13.
3. Асманов О.А., Левкович Р.А. История развития инструментальных наблюдений в Дагестане. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, 2019. № 1 (76), С. 76–80.
4. Бунэ В.И. Сейсмический режим Вахшского района Таджикской ССР. Душанбе: АН Тадж. ССР. 1965. С. 71–128.
5. Гупта Х., Растоги Б. Плотины и землетрясения. М.: Мир. 1979. 251 с.
6. Идармачев Ш.Г., Мусаев М.А. Изменение отдельных параметров сейсмического режима в период наполнения Чиркейского водохранилища // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017. № 2 (69). С. 72–74.
7. Идармачев Ш.Г., Мусаев М.А., Идармачев И.Ш. Параметры сейсмической активности в районе Ирганайской ГЭС // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 1 (72). С. 52–58.
8. Идармачев Ш.Г., Мусаев М.А., Идармачев И.Ш., 2019. Сейсмичность района Чиркейского водохранилища за период 1971–2015 гг. // Геориск, 2019, Том XIII, № 3, С. 18–29. DOI:10.25296/1997-8669-2019-13-3-18-29
9. Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Алиев И.А., Абдулаев Ш.-С.О., Идармачев А.Ш. Возбужденная сейсмичность в районе Чиркейского водохранилища и ее проявления в геофизических полях. Махачкала: «Алеph». 2012. 103 с.
10. Мусаев М.А., Идармачев Ш.Г., Алиев И.А. Ретроспективный анализ вызванной сейсмичности в районе Чиркейской ГЭС. // Тр. Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017. № 1 (68), С. 95–97.
11. Мусаев М.А. Пространственно-временные вариации распределения сейсмичности на территории Дагестана с сопредельными территориями за 2006 – 2019 гг. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1 (80). С. 71–77. DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-70-76
12. Смирнов В.Б. и др. Наведенная сейсмичность в районе водохранилищ Койна и Варна, Индия: Обзор современных данных и гипотез // Физика Земли, 2017. № 4, С. 28–39.
13. Смирнов В.Б. и др. Динамика наведенной сейсмичности при заполнении Нурекского водохранилища // Физика Земли, 2018. № 4, С. 110–120.
14. Саидов О.А. О сейсмичности территории Чиркейско-Ирганайского узла Сулакского каскада ГЭС // Геология и геофизика Юга России, № 4, 2016. С. 111 – 119.
15. Patil D.N., Bhosale V.N., Guha S.K., Powar K.B. Reservoir induced seismicity in the vicinity of Lake Bhatsa, Maharashtra, India // Phys. of the Earth and Planet. Inter. 1986, v. 44, N 2. PP. 73 – 81.
16. Rothe J.P. Seismic Artificials. Tectonophysics. 1970. Vol. 9. No. 2. P. 215–238.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-44-50

ВЛИЯНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГОРНЫХ ПОРОД В РАЗЛОМНОЙ ЗОНЕ

*Идармачев Ш.Г., Алиев И.А., Магомедов А.Г., Идармачев А.Ш.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Рассмотрены результаты режимных электрометрических наблюдений горных пород в скважине в районе простирающихся глубинных разломов Дербентский и Приморский. Получены данные медленных, скачкообразных и ступенчатых изменений разности электрических потенциалов, характеризующих процессы пластического течения пород, объясняющие разнообразие типов деформации в земной коре. Для максимальных значений амплитуд аномальных вариаций и скачков разности потенциалов сделана оценка соответствующих деформаций пород.

Ключевые слова: тектонический разлом, разность электрических потенциалов, коэффициент электрофильтрационной активности пород, коэффициент Кемптона, затрубное давление воды, магнитуда, эпицентр землетрясения.

INFLUENCE OF GEODYNAMIC PROCESSES ON THE ELECTRICAL PARAMETERS OF ROCKS IN THE FAULT ZONE

*Idarmachev Sh.G., Aliyev I.A., Magomedov A.G., Idarmachev A.Sh.
Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences*

The results of regime electrometric observations of rocks in the borehole in the area of the strike of the Derbent and Primorskiy deep faults are considered. The data of slow, abrupt and stepwise changes in the difference of electrical potentials characterizing the processes of plastic flow of rocks, explaining the variety of types of deformation in the Earth's crust, are obtained. For the maximum values of the amplitudes of anomalous variations and jumps of the potential difference, an assessment of the corresponding deformations of rocks is made.

Keywords: tectonic fault, electric potential difference, rock electrofiltration activity coefficient, Kempton coefficient, annular water pressure, magnitude, earthquake epicenter.

Введение

В настоящей работе рассматриваются данные прецизионных наблюдений за электрическими параметрами горных пород на западном побережье Каспийского моря Восточного Кавказа, свидетельствующие о неустойчивом состоянии среды в разломной зоне, простирающейся вдоль берега Каспия.

Последние годы все больше авторов [1, 2] рассматривают геологическую среду как активную диссипативную динамическую систему взаимодействующих между собой блоков земли, а сильные землетрясения происходят в результате потери устойчивого состояния в системе крупных блоков. Существует ряд признаков перехода среды в неустойчивое состояние. Эти процессы имеют аналогию с теорией фазовых переходов [3, 4], когда вблизи критических точек в системе резко возрастают флуктуации различных параметров. В работе [5] показано, что в ряде случаев сильные землетрясения предваряются возникновением квазипериодических флуктуаций различных геофизических полей, которые свидетельствуют о том, что система блоков находится в неустойчивом равновесии, а так как они находятся в поле постоянно меняющихся тектонических напряжений, достаточно даже слабого внешнего (триггерного) воздействия для потери равновесия. Триггерами могут служить лунно-солнечные приливы, нутации вращения оси земли, Чандлеровские колебания Земли, воздействие сильных землетрясений и многое другое.

Тектонический разлом – это зона нарушения сплошности земной коры, деформационный шов между блоками. На современном этапе с вводом в эксплуатацию новой измерительной техники стало очевидным, что земная кора постоянно находится в движении. Эти движения

обладают незначительной амплитудой и не заметны глазу, однако, могут оказывать существенное воздействие, как на массивы горных пород, так и на инженерные сооружения.

Процессы, протекающие в зонах тектонических нарушений сложны и разнообразны. Активный разлом — это зона концентрации тектонических напряжений и зона повышенных деформаций породного массива. Вследствие повышенной трещиноватости тектонический разлом, в большинстве случаев, представляет собой водоносную зону. Движение подземных вод с растворенными в них солями (проводниками) через толщу пород, которые отличаются по своим электрическим свойствам, может формировать электрические поля. В зонах тектонических разломов зачастую наблюдаются аномалии различных природных физических полей. Аномалии широко используются для поиска и выявления зон тектонических нарушений в современной геофизике.

На рис. 1 показаны отдельные разломы на территории Дагестана, относящиеся к нашим исследованиям, взятые из работы [6], а также пункт наблюдений за электрическими параметрами горных пород, расположенный между Дербентским и Приморским разломами. Согласно [7] данная зона является промежуточной ступенью между Терско-Каспийским предгорным прогибом и горным сооружением Большого Кавказа. По материалам сильных землетрясений раннего Средневековья Дербентский и Приморский разломы характеризуются как сейсмогенерирующие. Восточное ограничение Горного Дагестана на участке рассматривается как краевой тектонический шов высокого порядка. Очаги единичных сильных событий раннего Средневековья соотносятся с конкретными активными разломами [8].

Населенный пункт Избербаш расположен в зоне влияния вышеуказанных разломов. Здесь местами вдоль береговой зоны от Дербента до Махачкалы проявляются выходы термальной воды и газов различного химического состава. В районе г. Избербаш рыбаки, время от времени, наблюдали в море появление нефтяных пятен, что послужило поводом открытием нефтегазового месторождения. Известно, что во время разведочных работ в окрестности г. Избербаш буровая установка провалилась под землю, а на его месте образовалось небольшое озеро с термальной водой. Установлено, что дебиты нефти на промысловых скважинах меняются от сейсмической активности района. Так во время сильнейшего землетрясения Кавказа 14 мая 1970 г. наблюдалось аномальное изменение дебитов нефти как до, так и после основного толчка и его афтершоков [9, 10]. Подобные аномалии наблюдались на других скважинах на территории Дагестана по берегу Каспия: Каякент, Берикей, Дузлак, Дагестанские Огни и другие.

Исходные данные

В работе использованы данные электрического потенциала осадочных пород в скважине, полученные авторами на станции «Избербаш» с координатами $\varphi=42,5$; $\lambda=47,8$ за период наблюдений 2007-2008 гг. Расположение пункта наблюдений показано на рис. 1.

Для измерения разности потенциалов использовалась специально разработанная для прецизионных наблюдений установка непрерывного действия, которая состоит из следующих основных узлов: 24-х разрядного АЦП, сопряженного с ПК и программного обеспечения. Для этого использовался зонд со свинцовыми электродами, установленный в скважине глубиной 50 м. Расстояние между электродами равно 3 м. Относительная погрешность суточных данных не превышает 0,5 %.

Осадочные породы (сарматские отложения) области расположения измерительного зонда полностью водонасыщены и имеют низкое значение удельного электрического сопротивления, $\rho=2,56$ Ом·м. Для измерений используется специально пробуренная не обсаженная скважина, которая после установки зонда была заполнена глинистым раствором, для того, чтобы изолировать зонд от влияния атмосферных осадков, давления и других экзогенных помех. Анализ данных рядов кажущегося сопротивления показал отсутствие связи с метеофактами. Коэффициенты корреляции с осадками, температурой и давлением атмосферы не превышают значения 0,17 [11]

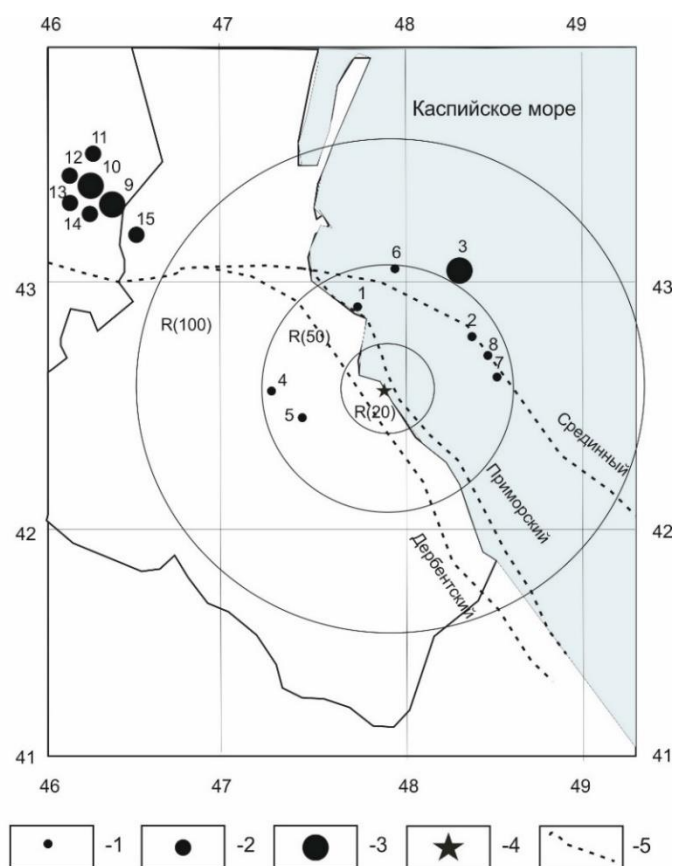


Рис. 1. Карта западного Каспия: 1 - эпицентры землетрясений магнитудами $M \geq 3,0$; 2 - $M \geq 4,0$; 3 - $M \geq 5,0$; 4 - расположение пункта наблюдений; 5 – разломы

На рис. 2 представлен график разности потенциалов (ΔU), на котором также отмечены землетрясения магнитудами $M \geq 3$, зарегистрированные в радиусе до 150 км.

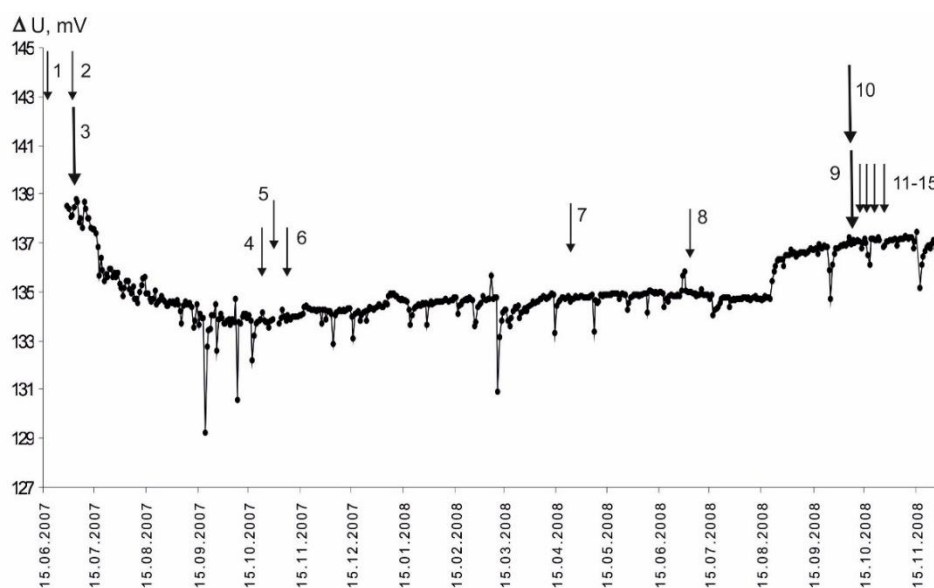


Рис. 2.

Эпицентры землетрясений показаны на рис.1, а данные из каталога [12] приведены в таблице 1. Окружности вокруг пункта наблюдений показывают площади ограниченные радиусом $R=20, 50$ и 100 км.

Таблица 1.

Параметры землетрясений, зарегистрированных в радиусе 150 км от измерительного пункта

№	Дата	с.ш	в.д	h	M
1	04.06.2007	42.79	47.76	10,0	3,0
2	30.06.2007	42.63	48.31	50,0	4,0
3	30.06.2007	43.08	48.37	33,0	5,1
4	06.10.2007	42.50	47.28	20,0	4,1
5	18.10.2007	42.40	47.42	10,0	3,1
6	06.11.2007	43.10	47.97	10,0	4,5
7	25.04.2008	42.64	48.43	10,0	4,1
8	04.07.2008	42.78	48.41	10,0	3,6
9	11.10.2008	43.37	46.35	10,0	5,7
10	11.10.2008	43.42	46.22	10,0	5,4
11	13.10.2008	43.63	46.25	10,0	4,9
12	14.10.2008	43.54	46.33	10,0	4,9
13	18.10.2008	43.55	46.17	10,0	4,3
14	19.10.2008	43.39	46.16	10,0	4,6
15	20.10.2008	43.43	46.17	10,0	4,5

За период наблюдений в районе исследований произошло три землетрясения $M \geq 5,0$. Первое под №3 произошло в море на расстоянии 55 км от измерительного пункта и располагается вблизи Срединного разлома. Глубина гипоцентра составляет 33 км. Учитывая, что погрешность определения эпицентра может достигать 5 и более километров, можно предположить, что землетрясение имеет связь с разломной зоной Срединный. На него хорошо ложатся еще три землетрясения №2, 6, 7 и 8. Все они расположены на удалении 40 км от измерительного пункта.

На рис. 2 максимальное изменение разности электрического потенциала в скважине произошло после землетрясения под №3. Уменьшение происходило медленно в течение двух с половиной месяцев. Амплитуда изменения составляет 4,5 мВ. Он имеет вид подобный ходу релаксационного снятия упругих напряжений в геологической среде, например, после сильного землетрясения. Последующий период после снятий упругих напряжений земная кора приобрела устойчивое состояние. В течение периода 15.10.2007-15.08.2008 изменение ΔU не превышает значения 1 мВ. Землетрясения $M=3,0-3,5$ на расстояниях 40-45 км заметных изменений ΔU не вызывают.

За исследуемый период 11.10.2008 на расстоянии 150 км от пункта наблюдений, на границе Дагестана и Чеченской Республики, произошло сильное землетрясение $M=5,7$, названное Курчалойским. Афтершоковый период длился более года, было зарегистрировано до 1000 толчков $M \geq 2,0$ на площади равной 3400 км². Эти землетрясения отмечены на рис. 2 стрелками под №9-15. За два месяца до сильных толчков произошло ступенчатое увеличение $\Delta U = 2$ мВ. Продолжительность его составляет около 3-х месяцев.

Одним из возможных механизмов аномалий разности потенциалов в земле является деформация разломной зоны в поле меняющихся тектонических напряжений в земной коре, которые могут проявляться как медленно, так и скачкообразно. Подтверждением могут служить многочисленные скачкообразные изменения разности потенциалов амплитудами до 6,5 мВ продолжительностью до 4 суток. Подобного рода скачкообразные изменения электрических параметров

пород в скважине, связанные с сильными землетрясениями были обнаружены в различных сейсмоактивных районах [13-17]. Все вышеуказанные аномалии характеризуют процесс деформирования разломной зоны в результате ее сжатия-растяжения или сдвиговыми подвижками по разлому. Сжатие-растяжение пород создает градиент гидростатического давления, при этом движение воды приводит к возникновению электрического поля [18].

По коэффициенту электрофильтрационной активности осадочных пород можно оценить величину гидростатического давления в области расположения измерительной установки. Он определяется по формуле [19]:

$$\Delta P = E / K_{\phi} \quad (1)$$

где ΔP – градиент гидростатического давления; E – напряженность электрического поля; K_{ϕ} – коэффициенту электрофильтрационной активности осадочных пород. В нашем случае для максимально амплитуды разности потенциалов $\Delta U = 4,5$ мВ, зарегистрированной в скважине зондом с разномом электродов 3 м, величина $E = 1,5$ мВ/м. Подставляя численные значения $K_{\phi} = (10^{-2} - 10^{-3}) \text{ В} \cdot \text{см}^2 / \text{м} \cdot \text{кГ}$ имеем $\Delta P = (1,5 - 0,15) \text{ кГ} / \text{см}^2$ или $0,15 - 0,015 \text{ МПа}$.

В свою очередь градиент давления воды, как реакция от объемной деформации породы определяется уравнением [20]:

$$\Delta P = -(2GB/3) [(1+\nu)/(1-2\nu)] \Delta \varepsilon / \varepsilon \quad (2)$$

где G – модуль сдвига породы в пласте; ν – коэффициент Пуассона, B – коэффициент Кемптона. Подставляя в (2) значения $G = 3 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, $B = 0,8$, $\nu = 0,3$, $\Delta P = 0,15 \div 0,015 \text{ МПа}$ определяем величину относительной деформации породы $\Delta \varepsilon / \varepsilon = 5,8 \cdot 10^{-7} \div 5,8 \cdot 10^{-6}$.

Для сравнения оценим величину относительной деформации для отдельно взятого землетрясения №3 по известной формуле [21]:

$$\Delta \varepsilon / \varepsilon = \frac{10^{1,5M - 9,18}}{r^3}, \quad \text{для } M < 5,0 \quad (3)$$

где M – магнитуда; r – эпицентрально расстояние до скважины. Подставив $M = 5,1$; $r = 45 \text{ км}$ имеем грубо $\Delta \varepsilon / \varepsilon = 10^{-5}$.

В мировой практике известны случаи увеличения дебита подземных вод перед землетрясениями в несколько раз. Так в буровых скважинах в 12 км от фокальной зоны землетрясений в Калифорнии [Johnston, 1955] обнаружили изменение гидростатического давления амплитудами до 1,2 МПа. Колебания затрубного давления воды в плейстосейсмической зоне Ташкентского землетрясения [22] достигали 0,1 МПа.

Результаты лабораторных экспериментов [23] по исследованию электрокинетического эффекта от давления в пределах от 0 до 1,5 МПа, при прокачке воды через образцы горных пород, показали возможность возникновения электрического потенциала 20-120 мВ. Такого порядка разность электрического потенциала было зарегистрировано в наблюдательной скважине в Дагестане окрестности г. Махачкала, когда в 2015 г. землетрясение $M = 3,1$ произошло практически под местом расположения скважины на глубине 5-10 км [11]. Амплитуда аномалии составляет 9,3 мВ. Вариации электрического потенциала приведены на рис. 3.

Аномалия ΔU , зарегистрированная в октябре 2015 г. контрастно отличается от других вариаций скачкообразным изменением большой амплитуды, характерным для импульсного движения в очаге землетрясения. По магнитуде $M = 3,1$ длина разрыва составляет 1,5 км, однако место расположения измерительного пункта попадает в плейстосейсмическую зону воздействия очага, как по амплитуде максимальных колебаний, так и по изменению сбрасываемых упругих напряжений.

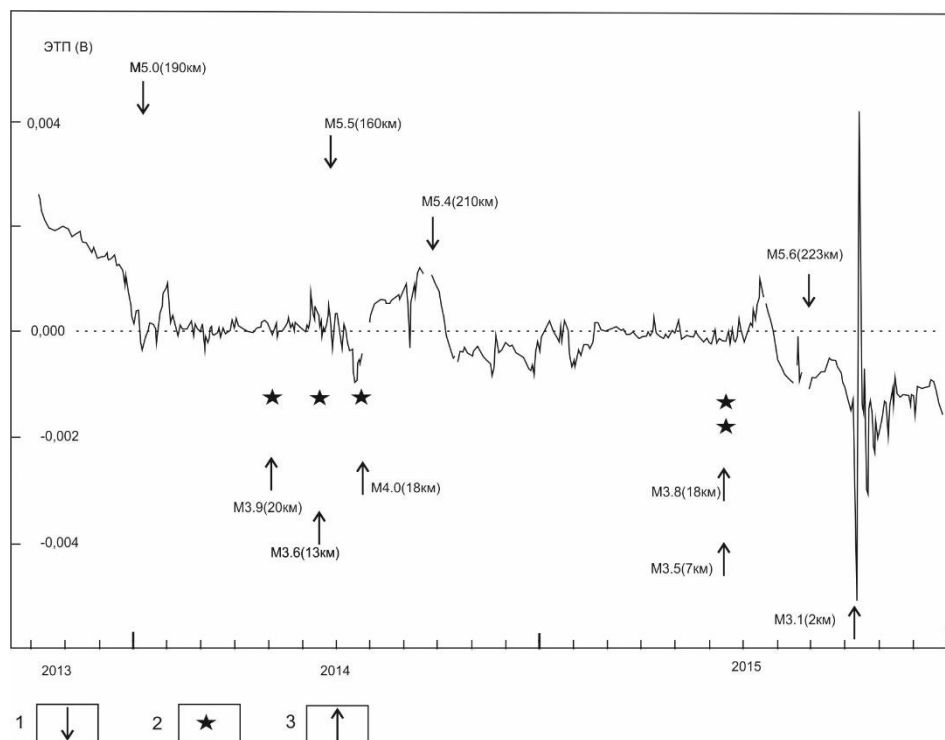


Рис. 3. График ΔU : 1 – землетрясения $M \geq 5,0$; 2 – землетрясения с максимальными значениями деформации $\Delta \epsilon / \epsilon = 4 \div 8 \cdot 10^{-8}$; 3 – землетрясения в радиусе до 20 км

По [25] на заключительной стадии процесса подготовки землетрясения в фокальной зоне возникают условия, благоприятные для развития ускоренной ползучести, для которой в наибольшей степени характерны свойства саморегулирования. Такая форма ускоренной ползучести пород по разлому может проявляться в виде разрыва в очаге землетрясения, скачкообразных микродвижек, которые опосредовано связаны активностью разломной зоны.

Выводы

1. По результатам режимных электрометрических наблюдений горных пород в скважине в районе простирающихся глубинных разломов Дербентский и Приморский получены данные медленных, скачкообразных и ступенчатых изменений разности электрических потенциалов, характеризующие процессы пластического течения пород, позволяющие объяснить разнообразие типов деформации в земной коре.

2. Для максимальных значений амплитуд аномальных вариаций и скачков разности потенциалов сделана оценка деформации пород.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН рег. номер 1021060808491-6-1.5.6.

Литература

- Добровольский И.П. Механика подготовки тектонического землетрясения. М.: ИФЗ АН СССР. 1984. №2. 188 с.
- Идармачев Ш.Г., Алиев М.М., Мусаев М.А., Абдулаев Ш.-С.О., Идармачев А.Ш. Влияние температуры и давления атмосферы на результаты режимных наблюдений за вариациями электротеллурического поля горных пород в скважине //Тр. Ин-та геологии ДНЦ РАН. – 2016. - № 66. – С. 195–199.
- Идармачев Ш.Г., Алиев И.А., Мусаев М.А., Идармачев И.Ш. Вариации электрических параметров горных пород в скважине, расположенной в разломной зоне в период сильных землетрясений //Геофизика. 2014. №2. С. 26-31.

4. Козлов А.Н., Оганесян Г.М., Сковородкин Ю.П. Влияние фильтрации воды на магнитные и электрические свойства горных пород //Прогноз землетрясений. – 1986. - № 7. – С. 282–287.
5. Моргунов В.А. Крип горных пород на завершающей стадии подготовки землетрясения //Физика Земли. – 2001. - №4. – С.3-11.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука. 1976. – 584.
7. Магомедов Р.А. Гидрогеодинамический режим области Дагестанского клина Восточного Кавказа в связи с сейсмичностью. – Махачкала, - 2003. – 204 с.
8. Никонов А.А. О сильных землетрясениях в раннем средневековье на Дербентском участке Западно-Каспийского побережья и сейсмическом потенциале участка //Вопросы инженерной сейсмологии. - 2019. – Т.46. - №4. – С. 5.-28.ISSN: 0132-2826eISSN: 2311-9586
9. Мавлянов Г.А. Гидрогеохимические особенности подземных вод в сейсмоактивных районах Узбекистана. Ташкент: «ФАН». – 1973. – 210 с
10. Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Гаджиев М.С., Ларьков А.С., Рогожин Е.А. О сеймотектонической деформации раннесредневековой крепостной стены г. Дербент (Дагестан) //ДАН. Науки о Земле. – 2020. – Т. 493. - № 1. – С.63-67.
11. Паташинский А.З., Покровский В.Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. М.: Наука. 1982. – 382.
12. Садоский М.Б., Лукк А.А., Сидорин А.Я., Сидорин И.А. Проблемы интерпретации временной структуры геофизических полей. М.: ИФЗ РАН. 1993. -100 с.
13. Сидорин А.Я. Квазипериодические флуктуации геофизических полей при переходе среды в неустойчивое состояние //Изучение природы вариаций геофизических полей. М.: ИФЗ РАН. 1994. С.79-89.
14. Черкашин В.И., Сабанаев К.А., Гаврилов Ю.О. Тектоническая карта Дагестана.- Махачкала. Изд. «aleph». 2012.- 129 с.
15. Осика Д.Г. Формирование геохимических аномалий в пределах сейсмоактивных областей и их обрамлений: Диссертация доктора геол.-минерал. Наук. – Махачкала, 1990. – 468 с.
16. Семенов А.С. Электроразведка методом естественного электрического поля. – М.: Недра. - 1968. - 230 с.
17. Тхостов Б.А. Начальное пластовое давление и гидродинамические системы. – М.: Недра. – 340 с.
18. Benjamin T.B. Difurcation phenomena in steady flows of a viscous fluid. I. Teory. II. Exsperiment // Proc. Roy. Soc. London A. 1978. Vol. 359. P. 1-43.
19. Damegh K., Uyeda S. Some Relationship Beetween VAN Seismic Electric Signals and Earthquake Parameters. The 29 th General Assembly of the International Assosiation of the Seismology and Physics of the Earth Interior. IASPEI 1997, August 18-28. 1997. Greece. P. 309.
20. Chirkov Ye., Gokhberg M. Reliability and informativeness of electrotelluric data. The 29 th General Assembly of the International Assosiation of the Seismology and Physics of the Earth Interior. IASPEI 1997, August 18-28. 1997. Greece. P. 308.
21. Varotsos P.A., Sarlis N.V., Skordas E.S. Seismic Electric Signals and 1/f “noise” it natural time // Acta Geophys. Athens. 2008. No. 05.40.-a. P. 3-14.
22. Rice J.R., Cleary J. Some basis stress – diffusion solutions for fluid – saturated elastic porous media with compressible constituents // Rev. Geophys. And Spact Phys. 1976. Vol. 14. P. 227-241.
23. Johnston R.L. Earthquake damage to oil fields and Paloma cycling plant in the San Joaquin Valley, in earthquakes in Kern Couty, Calif. During 1952. – Dull. Div. Mines California. – 1955. – pp. 171.
24. ceme.gsras.ru/new/ssd_new.htm

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-51-57

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ПОИСКА ПРЕСНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ТЕПЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ В РАВНИННОМ ДАГЕСТАНЕ

Идармачев¹ И.Ш., Марченко² М.Н., Магомедов¹ А.Г., Идармачев¹ А.Ш.

¹Институт геологии ДФИЦ РАН

²МГУ им. М.В. Ломоносова

Геофизические исследования недр используются не только для изучения полезных ископаемых, строительства, но и объектов сельского хозяйства, определения почвенных разрезов, землеустройств, обеспечения водой населенных пунктов. Последние годы в Дагестане широкое развитие получило тепличное производство овощей и ягод. Вместе с энергоснабжением появилась необходимость использования пресной воды для автополива. Для этого в скважине устанавливают насос для подачи воды в трубу, обеспечивающий процесс полива. Наиболее целесообразным является использование неглубоких скважин глубиной от 10 до 50 м. Использование воды из артезианских скважин может оказаться непригодным, так как в ней содержатся различного рода минеральные вещества, которые забивают поливное оборудование. Для поиска и точного определения глубины водоносного слоя горных пород применяются различные методы электроразведки.

Ключевые слова: вертикальное электрическое зондирование, кажущееся электрическое сопротивление, питающие и приемные электроды, полевая кривая КС, электрический разрез.

EXPERIENCE IN THE USE OF ELECTRICAL EXPLORATION TO SEARCH FOR FRESH WATER FOR GREENHOUSE FARMS IN LOWLAND DAGESTAN

Idarmachev¹ I.Sh., Marchenko² M.N., Magomedov¹ A.G., Idarmachev¹ A.Sh.

¹Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences

²Lomonosov Moscow State University

Geophysical surveys of the subsurface are used not only for the study of minerals, construction, but also for agricultural facilities, determination of soil sections, land management, provision of water to settlements. Greenhouse production of vegetables and berries has been widely developed in Dagestan in recent years. Along with the energy supply, there was a need to use fresh water for automatic irrigation. To do this, a pump is installed in the well to supply water to the pipe, which ensures the irrigation process. The most appropriate is the use of shallow wells with a depth of 10 to 50 m. The use of water from artesian wells may be unsuitable, since it contains various kinds of minerals that clog irrigation equipment. Various methods of electrical exploration are used to search and accurately determine the depth of the aquifer of rocks.

Keywords: vertical electrical sensing, apparent electrical resistance, feeding and receiving electrodes, CS field curve, electric incision.

Для электрического зондирования горных пород в основном используется метод вертикального зондирования [1, 3-8]. Электрические свойства горных пород находятся в сильной зависимости от содержания в них влаги. Поэтому, как только часть электрического тока достигает водоносного слоя, происходит искажение электрического поля. На этом принципе основан метод электроразведки.

На рис. 1 приведены данные удельного электрического сопротивления (УЭС) для различных горных пород [4, 10].

Как видно, удельные электрические сопротивления (УЭС) разных горных пород сильно различаются - от долей Ом/м до десятков тысяч Ом·м, что дает возможность применения электрического зондирования для разведки полезных ископаемых, в том числе и поиска грунтовых вод. Водоносные пласты с большим содержанием глинистых пород имеют низкое электрическое сопротивление порядка 0,1–10 Ом·м, поэтому легко могут быть определены с помощью электрозондирования, так как контрастно отличаются от других пород, например, песчаников. Однако глинистые породы трудно отдают содержащую в них воду ввиду низкой проницаемости пород,

а высокая соленость делают воду не пригодной для применения. Наиболее предпочтительными являются песчаные пласты или содержащие большое количество гравия или других крупнообломочных пород, которые свободно пропускают воду. Такие водоносные породы имеют сопротивление порядка 100 Ом·м.

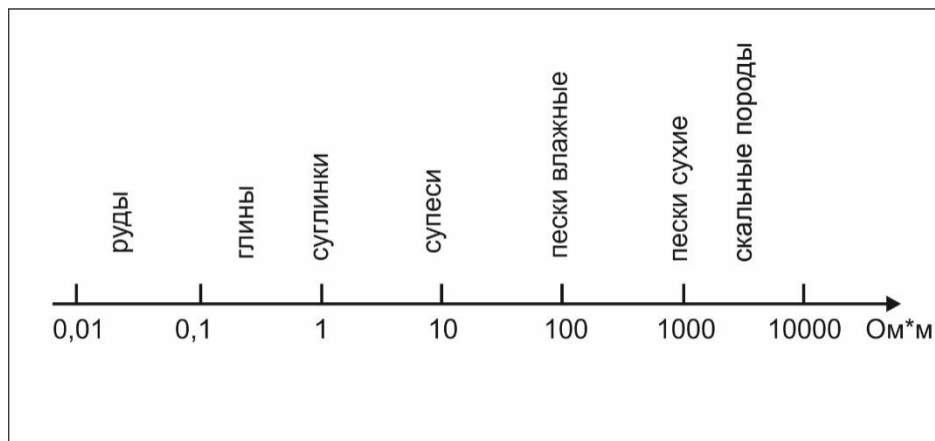
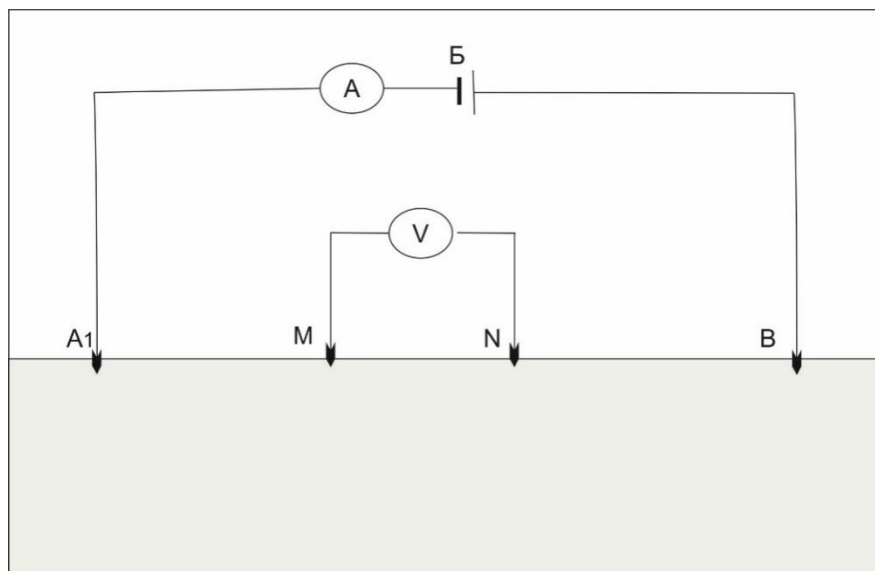


Рис. 1. Условная шкала типичных значений удельного электрического сопротивления различных горных пород

Методика электроразведки состоит в том, чтобы создать в земле электрическое поле так, чтобы можно было последовательно изменять глубину его проникновения. Для этого на поверхности земли с помощью двух разнесенных друг от друга питающих электродов АВ (рис. 2) пропускают ток, который создает в земле электрическое поле.



1) А1 В; 2) М N; 3) А; 4) V; 5) Б

Рис. 2. Условная схема электрического зондирования: 1 – питающие электроды; 2 – приемные электроды; 3 – амперметр; 4 – вольтметр; 5 – батарея

В середине между ними с помощью приемных электродов MN измеряют напряжение, созданное электрическим током в земле. По результатам измерений электрического тока (I_{AB}) в питающей электрической линии и напряжения (ΔU_{MN}) на приемных электродах MN вычисляют величину кажущегося электрического сопротивления (КС) по формуле [11-12] в Ом·м.

$$\rho_k = k \frac{\Delta U}{I}$$

где k – коэффициент, зависящий от геометрических размеров между электродами измерительной установки.

Для выполнения зондирования производят серию измерений, последовательно увеличивая расстояние между питающим электродом АВ. Чем выше параметр размера АВ/2 – тем глубже погружается ток в землю и тем больше глубина исследования. Значения АВ/2 выбирают в зависимости от требуемой глубины исследований. Для получения данных об электрическом разрезе исследуемого участка набор значений АВ/2, I_{AB} , ΔU_{MN} вводится в программу обработки IPWin, разработанной в МГУ [2]. Программа подбирает наиболее оптимальный геоэлектрический разрез – выдает параметры УЭС, глубин, мощностей каждого из слоев разреза, а также погрешность теоретической кривой вертикального зондирования по сравнению с полевой. В последние годы в нашей стране и за рубежом большое распространение получил метод электрической томографии [2], зарекомендовавший себя как инструмент решения инженерно-геологических задач, который позволяет получить картину непрерывного геоэлектрического разреза по профилю [13-15].

Полевые работы для выбора места тепличного хозяйства проводились в Карабудахкентском районе Дагестана: первая – в окрестности населенного пункта Карабудахкент, где предполагалось создание тепличных хозяйств и районе населенного пункта Гурбуки для обеспечения населения пресной водой.

Для предполагаемого места расположения тепличного хозяйства было выбрано три участка. Результаты зондирования на этих участках приведены ниже:

1-й участок расположен на возвышенности на удалении 1,5 км от речной долины. Полевая кривая ВЭЗ, характеризующая изменение кажущегося сопротивления с глубиной и данные удельного сопротивления пластов и их мощностей и суммарных глубин приведены на рис. 3 и в таблице 1.

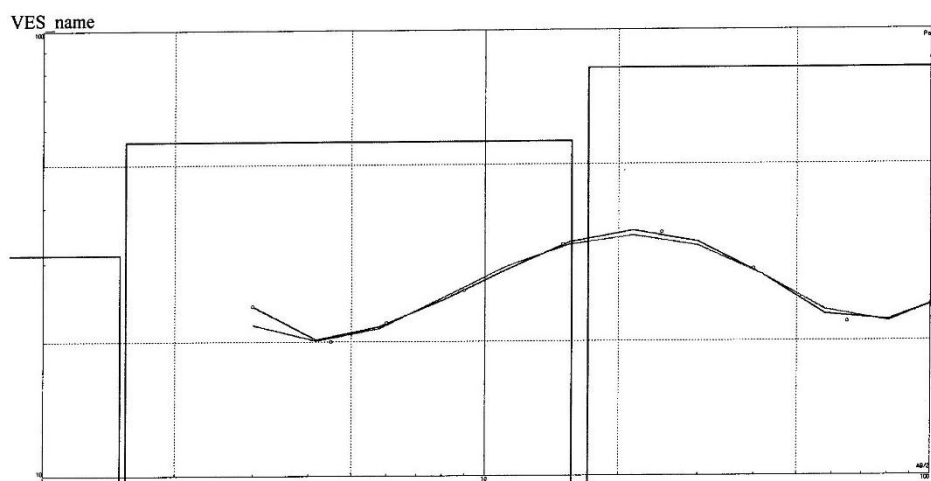


Рис. 3. Полевая кривая КС для первого участка

Таблица. 1.

Данные номеров пластов, УЭС, мощностей пластов и суммарных глубин пластов

№	УЭС, Ом·м	h, м	d, м
1	31	1,5	1,5
2	0,31	0	1,55
3	56	14	16
4	0,5	1,4	17
5	82	∞	

Выделено всего 5 слоев. Слой под №4 характеризуется низким удельным сопротивлением, соответствующим обводненным глинам. Наиболее продуктивным является 3 слой мощностью 14 м, данный пласт имеет характеристики песчаных пород. Глубина залегания от поверхности составляет всего 1,55 м.

2-й участок расположен в 1 км от речной долины.

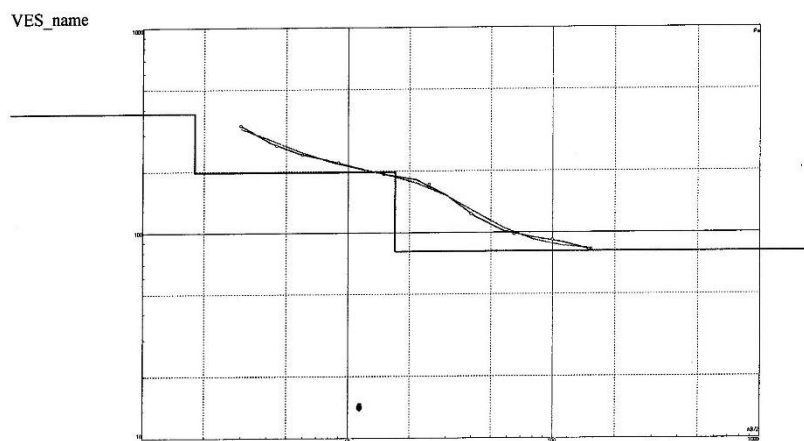


Рис. 4. Полевая кривая КС для второго участка

Таблица. 2.

Данные номеров пластов, УЭС, мощностей пластов и суммарных глубин пластов

№	УЭС, Ом·м	h, м	d, м
1	384	1,8	1,8
2	198	15	17
3	80	∞	

На данном участке выделено 3 слоя с последовательным понижением удельного сопротивления от 384 Ом·м до 80 Ом·м. Слой с удельным сопротивлением 80 Ом·м располагается ниже 17 м, является типичным для влажных песчаных пород. Данный слой также предполагается продуктивным.

3-й участок расположен 250 м от речной долины.

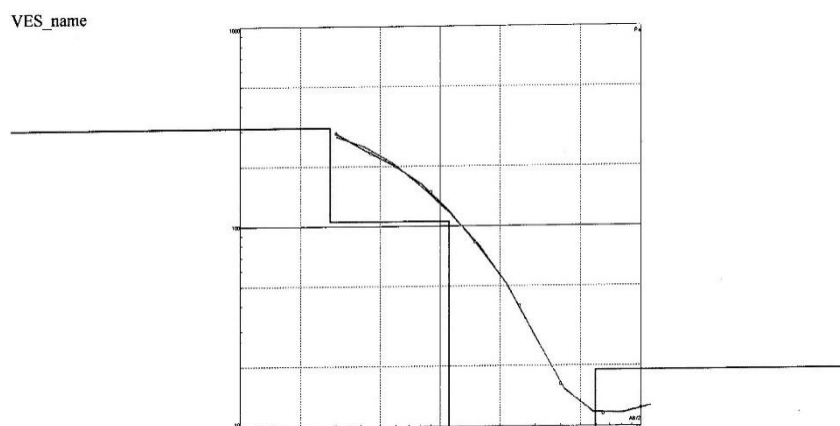


Рис. 5. Полевая кривая КС для третьего участка

Таблица 3.

Данные номеров пластов, УЭС, мощностей пластов и суммарных глубин пластов

№	УЭС, Ом·м	h, м	d, м
1	312	2,8	2,8
2	106	8	11
3	9	48	60
4	19	∞	

Геоэлектрический разрез третьего участка состоит из 4-х слоев. Кривая характеризуется контрастным различием слоев по УЭС. Наименьшее значение УЭС характерно для 3 слоя мощностью 48 м, залегающей ниже 11 м от дневной поверхности.

Для бурения был выбран 3 участок, так как низкоомный третий слой может иметь связь с речной долиной. В результате бурения была получена вода достаточная для полива тепличного хозяйства. Однако вода в достаточном количестве была обнаружена на глубине 18 м о поверхности, т.е. между вторым и третьим слоем.

Далее были проведены работы в трех различных точках населенного пункта Гурбуки. Результаты зондирования приведены ниже.

На рис. 6 показана кривая зондирования. В таблице 4 приведена характеристика разреза. Данная кривая ВЭС соответствует разрезу типа А, которая показывает постепенное увеличение электрического сопротивления с глубиной. Предполагаемый продуктивный водоносный 3-й слой располагается на глубине более 33 м. УЭС верхних слоев соответствует увлажненным глинам.

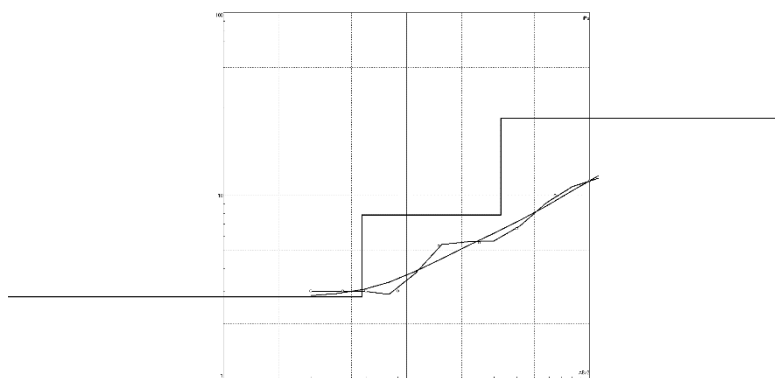


Рис. 6. Полевая кривая КС для первой точки Гурбуки

Таблица 4.

Данные номеров пластов, УЭС, мощностей пластов и суммарных глубин пластов

№	УЭС, Ом·м	h, м	d, м
1	2,8	5,72	5,72
2	7,84	27,1	32,8
3	26,4	∞	

Результаты зондирования на 2 точке приведены на рис.7, а параметры разреза в таблице 5.

Данный разрез относится типам Q, который характеризует снижение электрического сопротивления с глубиной. Всего выделено 5 слоев. Удельное сопротивление пород 4 слоя соответствует влажным пескам. Мощность слоя равна 69 м. Ниже глубины 77 м лежит пласт с низким удельным сопротивлением характерным влажным глинам. По данному геоэлектрическому разрезу 4 слой может быть рекомендован для бурения.

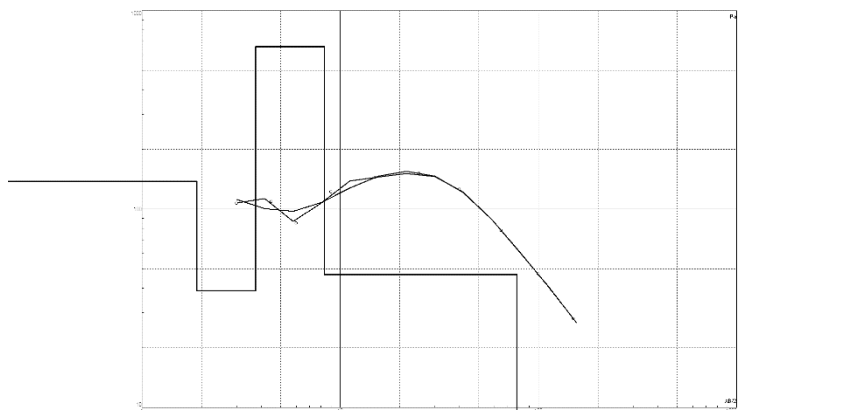


Рис. 7. Полевая кривая КС для пятого участка

Таблица 5.

Данные номеров пластов, УЭС, мощностей пластов и суммарных глубин пластов

№	УЭС, Ом·м	h, м	d, м
1	138	1,89	1,89
2	38,8	1,86	3,75
3	657	4,56	8,31
4	46,8	69,5	77,8
5	5,59		

На рис. 8 представлена кривая ВЭЗ, полученная на 3 точке (тип кривой НН).

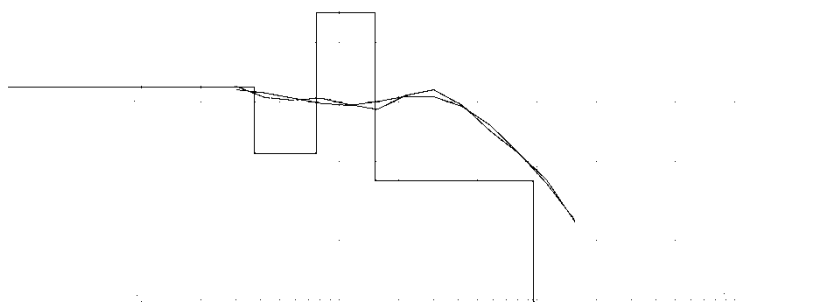


Рис. 8. Полевая кривая КС для шестого участка

Параметры разреза приведены в таблице 6. На этой точке параметры разреза примерно такие же, как и для 2-й точки. Геоэлектрический разрез состоит из 5 слоев. Водоносный 4 слой расположен ниже 15 м от поверхности. Мощность слоя составляет 80 м и может быть рекомендован для бурения на воду.

Таблица 6.

Данные номеров пластов, УЭС, мощностей пластов и суммарных глубин пластов

№	УЭС, Ом·м	h, м	d, м
1	119	3,72	3,72
2	54,8	3,91	7,63
3	283	7,54	15,2
4	40	80,4	95,5
5	0,626		

Выводы

Результаты электрического зондирования методом ВЭЗ на небольших разносах питающих линий $AB/2=150$ м на территории равнинного Дагестана позволяют получить детальные характеристики пятислойных геоэлектрических разрезов до глубин 50–100 м для определения водоносных пластов песчаных пород большой водоотдачей для использования, как для сельскохозяйственных нужд, так и для потребности населенных пунктов равнинного Дагестана.

*Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН
рег. номер 1021060808491-6-1.5.6.*

Литература

1. Альпин Л.М. Теория поля. М.: Недра. – 1966. – 258 с.
2. Бобачев А.А., Модин И.Н. Электротомография со стандартными электроразведочными комплексами //Разведка и охрана недр. – 2008. - №1. – С. 43-47.
3. Велиев А.В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. М.: Недра. – 1965. – 235 с.
4. Доброхотова И.А., Новиков К.В. Электроразведка. Учебное пособие. М.: РГГРУ. – 2009. – 53 с.
5. Еромеев Л.Я. Вахромеев Г.С., Зинченко В.С. и др. Физика горных пород. Томск. ТПУ. – 206. – 345 с.
6. Жданов М.С., Френкель М.А. Миграция электромагнитных полей при решении обратных задач геоэлектрики //ДАН СССР. – 1983. – т. 271. - №3. – С. 589–594.
7. Заборовский А.И. Электроразведка. М.: Гостоптехиздат. – 1963. – 220 с.
8. Краев А.П. Основы геоэлектрики. Ч.1. – М.: Гостехтеоретиздат. – 1951. 395 с.
9. Панин Г.Л. Многоэлектродная аппаратура методов сопротивлений «Скала-48». Матер. Конф. Инженерная и рудная геофизика. Геленджик. – 2008. – 2 с.
10. Якубовский Ю.В. Электроразведка. М.: Недра. – 1980. – 383 с.
11. Хмелевской В.К. Основной курс электроразведки на постоянном токе. М.: МГУ. – 1970. – 380 с.
12. Электроразведка. Справочник геофизика. 1-й том под редакцией В.К. Хмелевского. М.: Недра. – 1989. – 437 с.
13. Luke M.H. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys //2009. – 144 p.
14. Candansayar M.E. Twu-dimensional individual and joint inversion of three- and four-elektrode array dc resistivity data //J. Geophys. – 2008. - No. 5. – p. 290-300.
15. Szalai S., Szazko L. On the classification of surface geoelectric arroys //Geophysical Prospecting. 2008. - No. 56. – p. 159-175.

УДК 550.348. (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-58-64

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ХУЧНИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2 ЯНВАРЯ 2021 Г. С $M_s=4.6$

Асманов О.А., Адилов З.А.

Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Махачкала, Россия, adilov79@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся инструментальные данные и описания макросейсмических проявлений землетрясения, произошедшего 2 января 2021 г. с $M_s=4.6$ на территории Табасаранского района Республики Дагестан. Составлена карта изосейст по шкале MSK-64 [5] на основе макросейсмических данных Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН.

Ключевые слова: Хучнинское землетрясение, макросейсмические проявления, сейсмологический центр

MACROSEISMIC MANIFESTATIONS OF THE KHUCHNINSKY EARTHQUAKE JANUARY 2, 2021 WITH $M_s=4.6$

Asmanov O.A., Adilov Z.A.

Dagestan branch of Geophysical survey of Russian Academy of Sciences, Makhachkala, adilov79@mail.ru

Annotation. The article provides instrumental data and descriptions of macroseismic manifestations of the earthquake that occurred on January 2, 2021 with $M_s=4.6$ in the Tabasaran region of the Republic of Dagestan. An isoseist map was compiled on the MSK-64 scale [5] based on macroseismic data from the Dagestan branch of the Geophysical survey of Russian Academy of Sciences.

Key words: Khuchninsky earthquake, macroseismic manifestations, seismological center.

Хучнинское землетрясение. Эпицентр землетрясения, произошедшего 2 января 2021 г. в 01^h05^m, находился в 250 км южнее г. Махачкалы в районе населенных пунктов Хучни (районный центр) и Акка территории Табасаранского района Республики Дагестан, поэтому оно названо по наименованию ближайшего к нему крупного населенного пункта Хучни.

Инструментальные данные. Хучнинское землетрясение записали 462 сейсмических станции мировой сети. Его кинематические и динамические параметры по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН [1] (сеть DRS) представлены в табл. 1 в сопоставлении с решениями международных сейсмологических центров, представленными в бюллетене ISC [7]. Положение эпицентра по данным сети DRS и разных сейсмологических служб показано на рис. 1.

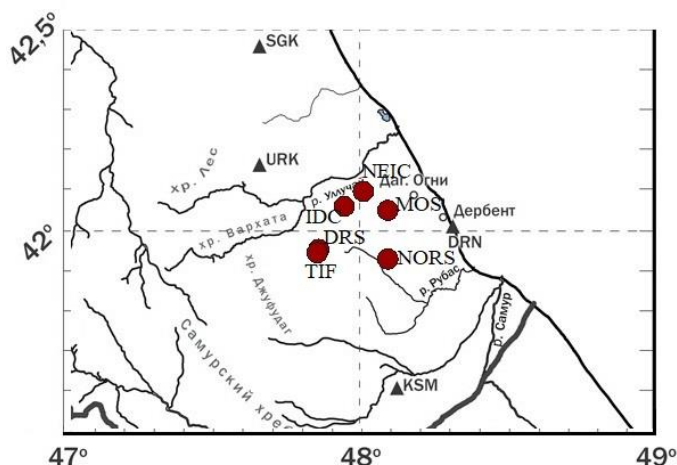


Рис. 1. Решения эпицентра Хучнинского землетрясения 2 января 2021 г. по данным разных сейсмологических центров (табл. 1)

Таблица 1.

**Основные параметры Хучнинского землетрясения 2 января 2021 г. с $K_p=12.27$,
 $M_s=4.6$ по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН в сопоставлении
с определениями других агентств**

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
DRS	01 05 53.40	0.00	41.953		47.861		12.0		$K_p=12.27$	[1]
MOS	01 05 49.90	1.35	42.050	0.04	48.096	0.03	9.0		$m_b=5.1/22$	[7]
NEIC	01 05 51.64	2.23	42.097	0.10	48.013	0.03	10.0f		$m_b=(5.1\pm 0.1)/161$	– " –
TIF	01 05 52.30		41.945		47.856		16.3	1.2		– " –
NORS	01 05 52.20	0.49	41.929		48.096		15.0	0.2	$MPVA=5.4$	– " –
IDC	01 05 49.02	0.44	42.060	0.09	47.948	0.07	0.0f		$m_b=(4.5\pm 0.1)/28$, $M_s=(3.8\pm 0.0)/26$	– " –

Примечание. DRS – Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН; MOS – ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, Россия; NEIC - NationalEarthquakeInformationCenter, USA; TIF - Институт наук о Земле Национального центра сейсмического мониторинга; NORS – Северо-Осетинский филиал ФИЦ ЕГС РАН; IDC – InternationalDataCentre, ComprehensiveNuclear-Test-BanTreaty (CTBT), Austria.

Как видно из табл. 1 и рис. 1, решения для эпицентров близки по данным разных служб и разброс глубин тоже незначительный – от 9 до 16.3 км.

Форшоки и афтершоки землетрясения 2 января 2021 г. приведены в таблице 2 и рисунке 2. Серия афтершоков, реализовавшаяся в первые 16 дней после главного землетрясения, немногочисленна. Форшоки и афтершоки распределены по глубине от 3 до 18 км.

Таблица 2.

**Основные параметры форшоков и афтершоковХучнинского землетрясения
2 января 2021 г. с $M_s=4.6$**

№	День. месяц	t ₀ , ч.м.с.	Эпицентр		h,км	K _p	M _s
			φ ⁰ , N	λ ⁰ , E			
Форшоки							
1	01.12	23 1946.0	42.13	47.95	6	5.84	
2	06.12	03 07 10.0	41.81	47.69	15	5.96	
3	07.12	080424.08	41.71	47.99	6	7.6	2.0
4	08.12	222557.07	41.81	48.05	3	6.83	
5	10.12	061517.06	42.12	47.12	8	5.99	
6	13.12	002458.02	41.93	48.14	15	5.96	
7	14.12	163928.01	42.11	47.76	15	6.42	
8	19.12	160835.01	41.78	47.97	9	5.62	
9	22.12	022306.04	41.81	48.06	3	5.57	
Основное землетрясение							
1	02-01	01 0553.40	41.95	47.86	15	12.27	4.6
Афтершоки							
1	02.01	011754.09	41.94	47.66	15	6.24	
2	04.01	084001.03	41.98	48.13	15	8.5	2.5
3	21.01	005336.04	42.00	48.11	6	6.1	
4	02.02	205127.0	42.04	48.11	15	5.4	
5	18.02	121022.04	41.76	47.7	18	5.79	

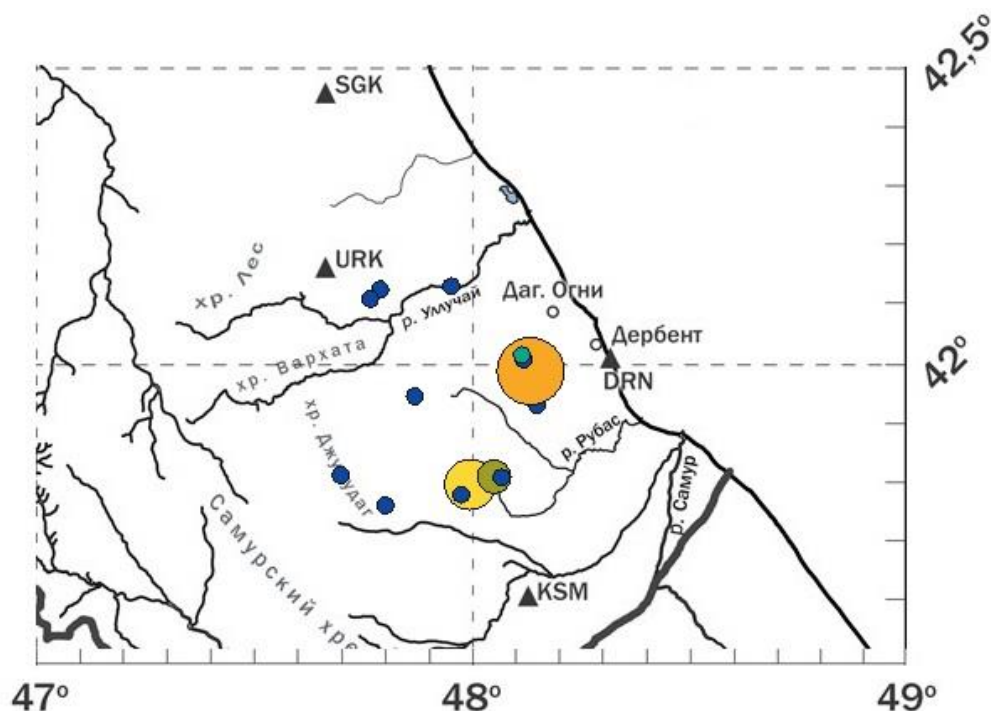


Рис. 2. Карта эпицентров форшоков и афтершоков Хучинского землетрясения 2 января 2021 г.

Макросейсмические данные о проявлениях Хучинского землетрясения собраны сотрудниками Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН в основном при помощи телефонного опроса жителей населённых пунктов Табасаранского, Кайтагского, Дербентского и Хивского районов. Обработка результатов опроса населения осуществлялась по опросной таблице, составленной на базе шкалы MSK-64 [5].

В связи с достаточно большой плотностью населённых пунктов наиболее заметные макросейсмические эффекты землетрясения с интенсивностью сотрясений в 6 баллов наблюдались в селениях: Акка, Гюхряг, Куваг, Вечрик, Ляха, Хучни Табасаранского района.

В выше перечисленных пунктах частично пострадали отдельные дома: появились тонкие трещины в стенах и перекрытиях; замечено выпадение участков кладки стен и разрушение облицовки стен; в стенах и перегородках появились косые и близкие к вертикали сквозные трещины с раскрытием в 1-3 мм; возникли трещины, оконтуривающие по периметру оконные и дверные проёмы; отвалились большие куски штукатурки потолков.

Землетрясение здесь ощущалось большинством людей, как внутри помещений, так и под открытым небом. Многие люди ощущали сильные толчки снизу, от испуга выбегали на улицу. По словам очевидцев, дрожали окна, звенела посуда. В некоторых жилищах падали предметы из шкафов. Эти и другие макросейсмические проявления соответствуют интенсивности сотрясения в 6 баллов, и площадь охвата шестибалльных сотрясений составила более 55 км², где расположились населённые пункты Акка (0 км), Гюхряг (2-3 км), Куваг (2-3 км), Вечрик (3 км), Ляха (3 км.), Хучни (4-5 км).

Площадь, характеризующаяся интенсивностью сотрясений в 5 и 5-6 баллов, оказалась около 1200 км². В эту область вошли населённые пункты: Туруф, Куркак, Хурик, Урга, Ерси, Межгюль, Джибахни, Ляхля, Кандык, Дуреги, Хив, Кошкент, Баршамай. Землетрясение в этих населённых пунктах ощущалось всеми жителями, находящимися внутри помещений и некоторыми, находящимися на улице. Большинство людей выбегали из помещений. Во время землетрясения раскачивались люстры, скрипели стены, дрожали окна и посуда, в некоторых домах появились тонкие трещины в штукатурке стен и потолков. Методом визуального осмотра и

опроса населения всего обследовано около 39 населённых пунктов. Результаты обследования в населённых пунктах, находящихся на расстояниях более 80-90 км от эпицентра, приведены в таблице 3 на.

Таблица 3.

Макросейсмические данные Хучнинского землетрясения

№	Населённый пункт	Δ, км	№	Населённый пункт	Δ, км
6 баллов			21	Сиртич	31
1	Акка	0	22	Касумкент	37
2	Гюхряг	2-3	23	Уркарах	40
3	Куваг	2-3	4 балла		
4	Вечрик	3	24	Дагестанские огни	37
5	Ляха	3	25	Дружба	38
6	Хучни	4-5	3-4 балла		
5-6 баллов			26	Дербент	38
7	Ляхля	5	27	Белиджи	43
8	Туруф	8	28	Тпиг	45
9	Хурик	8	29	Новокаякент	53
10	Урга	11	30	Магарамкент	56
11	Кирки	12	31	Сергокала	71
12	Ерси	13	32	Вачи	71
13	Джибахни	16	33	Акуша	73
14	Межгюль	17	34	Избербаш	82
5 баллов			35	Леваши	85
15	Кандык	18	3 балла		
16	Дуреги	29	36	Ахты	56
17	Хив	22	37	Кумух	83
18	Кошкент	23	2-3 балла		
19	Баршамай	23	38	Рутул	70
4-5 баллов			39	Карабудахкент	103
20	Маджалис	17	40	Гуниб	110

За исторический период с 1966 до 2017 гг. в очаговой области рассматриваемого землетрясения зарегистрированы шесть следующих землетрясений: 20.04.1966 г. с $M_s=5.4$ – эпицентр в 25 км юго-восточнее Хучнинского землетрясения; 20.10.1975 г. с $M_s=4.4$ – эпицентр в 25 км юго-восточнее от рассматриваемого землетрясения [6] (табл. 4, рис. 4); 28.06.1997 г. с $M_s=4.2$ – эпицентр в 16 км южнее; 13.03. 2005 г. с $M_s= 4.6$ – эпицентр в 13 км южнее [6]; 01.09.2011 г. с $M_s=4.3$ – эпицентр в 23 км северо-восточнее [2]; 07.12.2017 г. с $M_s= 4.4$ – эпицентр в 14 км южнее от Хучнинского землетрясения.

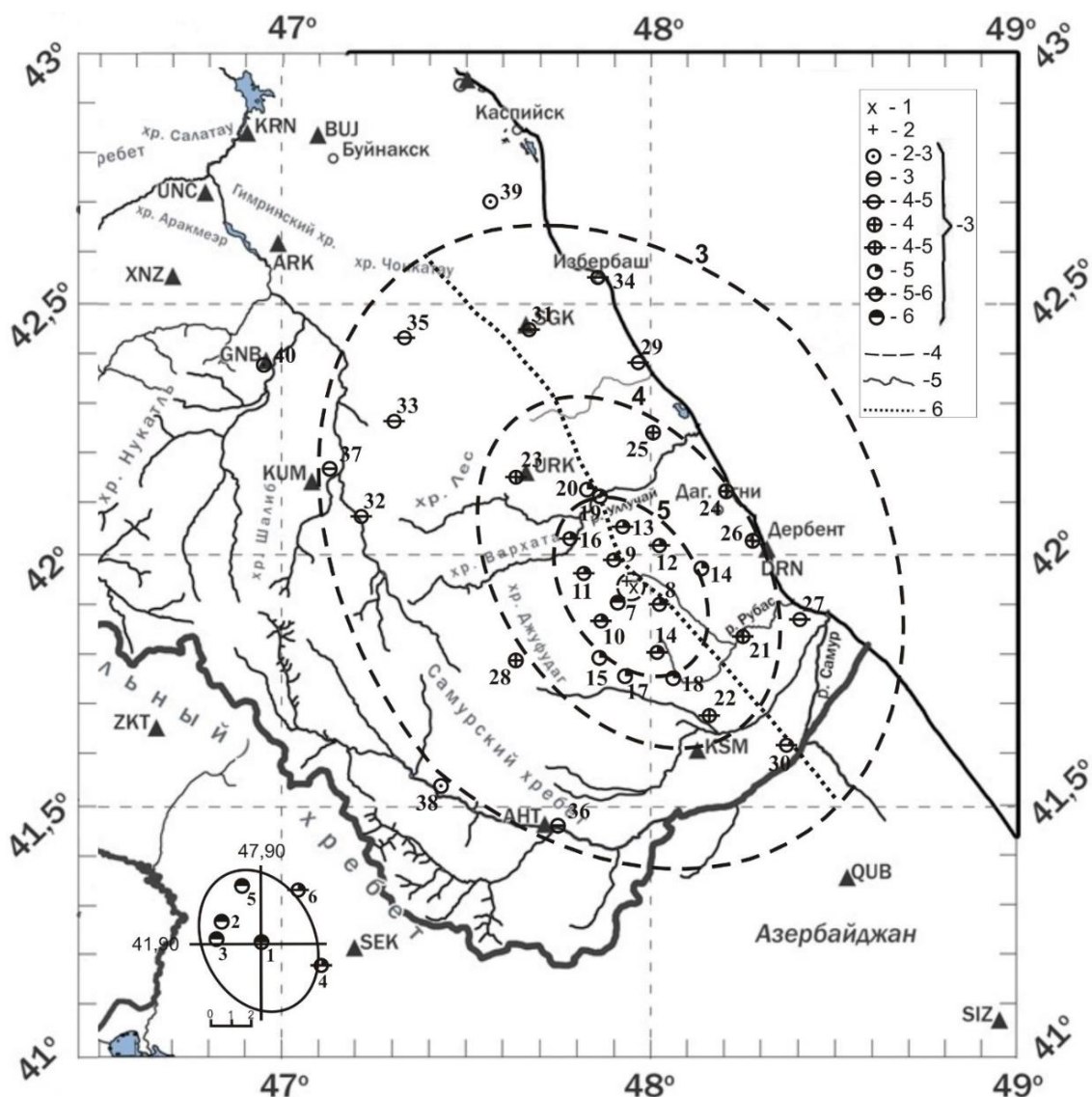


Рис. 3. Схема изосейст Хуччинского землетрясения 2 января 2021 г. с $M_s=4.6$ и $I_0=6$, где 1 – макросейсмический эпицентр; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – балльность; 4 – изосейсты, 5 – государственная граница; 6 – разлом.

Таблица 4.

Параметры исторических землетрясений за период 1966-2017 гг. в районе эпицентра Хуччинского землетрясения 2 января 2021 г. с $M_s=4.6$.

№	Дата д.м.год	t_0 , ч.м.с.	Эпицентр		h , км	M_s	I_0	Источник
			φ^0 , N	λ^0 , E				
1	20.04.1966	16 42 02	41.79	48.15	16	5.4	8	4
2	20.10.1975	03 20 00	41.73	48.05	15	4.4	6	6
3	28.06.1997	06 45 01	41.83	48.00	15	4.2	5	6
4	13.03.2005	03 02 09	41.86	47.90	43	4.6	4	6
5	01.09.2011	20 41 35	41.99	48.16	15	4.3	2	2
6	07.12.2017	05 23 39	41.84	47.92	14	4.4	6	3

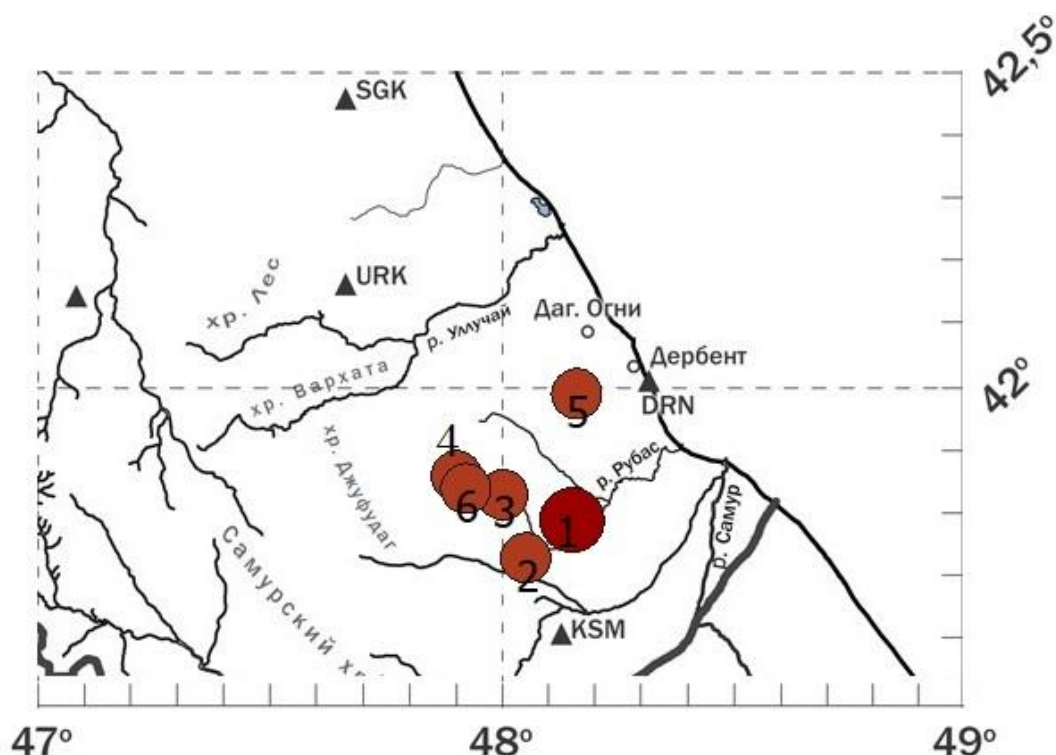


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений в очаговой зоне Хучнинского землетрясения за 1966-2017 гг.

Литература

1. Адилов З.А., Асекова З.О., Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагателова Е.Ю., Шахмарданова С.Г. // Каталог (оригинал) землетрясений Дагестана за 2021 г. – Махачкала: Фонды ДФ ФИЦ ЕГС РАН, 2021 г. – 96 с.
2. Амиров С.Р., Мусалаева З.А., Гамидова А.М., Абдулаева А.Р., Сагателова Е.Ю. // Каталог (оригинал) землетрясений Дагестана за 2011 г. – Махачкала: Фонды ДФ ФИЦ ЕГС РАН, 2011 г. – 14 с.
3. Асманов О.А., Адилов З.А., Магомедов Х.Д. Об ощутимом Ляхлинском землетрясении 7 декабря 2017 г. на территории Южного Дагестана. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Международной сейсмологической школы. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 26-29.
4. Ананьин И.В., Кулиев Ф.Г. Касумкентское землетрясение 20 апреля 1966 г. // Землетрясения в СССР в 1966 г. – М.: Наука, 1970. – С. 44-55
5. Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР – М.: Наука, 1968. – С. 151–162.
6. Общий каталог землетрясений на территории Дагестана. Макросейсмические и инструментальные данные о землетрясениях за период с VII в. н.э. до 2005 года. – Махачкала: Эпоха, 1997. – 394 с.
7. International Seismological Centre, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2016. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>

References

1. Adilov Z.A., Asekova Z.O., Hamidova A.M., Musalaeva Z.A., Pavlichenko I.N., SagateloE.Yu. Shakhmardanova S.G. *Katalog (original) zemletryaseniyDagestanaza 2021 g.* [Catalog (original) of the earthquakes of Dagestan for 2021] Makhachkala: Funds DF GS RAS, 96 p.
2. Amirov S.R., Musalaeva Z.A., Hamidova A.M., Abdullaeva A.R., SagateloE.Yu. *Katalog (original) zemletryaseniyDagestanaza 2013 g.* [Catalog (original) of the earthquakes of Dagestan for 2013] Makhachkala: Funds DF GS RAS, 14 p.
3. Asmanov O.A., Adilov Z.A., MagomedovKh.D. [About the perceptible Lyakhlinisky earthquake on December 7, 2017 in the territory of Southern Dagestan]. *Sovremennyyemetodyobrabotkiiinterpretatsiiseysmologicheskikhdannyykh. Materialy XIII Mezhdunarodnoyseysmologicheskoyshkoly.* [Modern methods of

processing and interpretation of seismological data. Materials of XIII International Seismological School]. (pp. 26-29). Obninsk: GS RAS.

4. Ananin I.V., Kuliev F.G. [Kasumkent earthquake on April 20, 1966] Zemletryaseniya v SSSR v 1966 g. [Earthquakes in the USSR in 1966]. (pp. 44-55). Moscow: Nauka.

5. Medvedev S.V. [International scale of seismic intensity] Seysmicheskoyerayonirovaniye SSSR. [Seismic zoning of the USSR]. (pp. 151-162). Moscow: Nauka.

6. Obshchiy katalog zemletryasenyi na territorii Dagestana. Makroseysmicheskiye i instrumental'nyye dannyye o zemletryasenyakh za period s VII v.n.e. do 2005 goda. [General catalog of earthquakes in the territory of Dagestan. Macroseismic and instrumental data on earthquakes for the period from the VII-th century until 2005]. Makhachkala: Epocha. 394 p.

7. International Seismological Centre, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2016. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>

УДК550.34.013.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-65-73

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ в 2000-2020 гг.

Алиева А.В.
Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН

В настоящей статье представлена общая характеристика сейсмического режима территории Республики Дагестан и смежных районов. Представлен анализ закономерностей и пространственной локализации землетрясений за период 2000-2020 гг. при использовании регионального каталога землетрясений ДФ ФИЦ ЕГС РАН. Приведена карта эпицентров землетрясений в Республике Дагестан и смежных районах. Дается оценка общей выделившейся сейсмической энергии за период 2000-2020 гг., ее распределение по годам, а также по пяти территориальным зонам: Республика Дагестан, приграничные районы Чеченской Республики, Республики Грузии и Азербайджанской Республики, акватория Каспийского моря.

Ключевые слова: сейсмичность, распределение землетрясений, энергетический класс, сейсмическая энергия, очаг землетрясения.

ANALYSIS OF THE SEISMIC REGIME OF THE CAUCASIAN REGION in 2000-2020

Alieva A.V.
*Dagestan branch of the Federal Research Center
“Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences”, Belinsky st., 16, Makhachkala,
367008, Russiae-mail: dfgsran@mail.ru*

This article presents a general description of the seismic regime of the territory of the Republic of Dagestan and adjacent areas. The analysis of the regularities and spatial localization of earthquakes for the period 2000-2020 is presented using the regional earthquake catalog of the DF FITC of the USGS RAS. The map of earthquake epicenters in the Republic of Dagestan and adjacent regions is given. The total released seismic energy for the period 2000-2020 is estimated, its distribution by year, as well as by five territorial zones: the Republic of Dagestan, the border areas of the Republic of Georgia, the Chechen Republic and the Republic of Azerbaijan, the Caspian Sea.

Key words: seismicity, earthquake distribution, energy class, seismic energy, earthquake source.

Введение

Территория Дагестана и смежных районов относится к наиболее сейсмически активным южным областям Российской Федерации.

В настоящей статье дается обобщение наблюдений над землетрясениями региона за 2000-2020 гг. Существующее расположение стационарных сейсмических станций Республики Дагестан и смежных районов позволило получить неискаженное представление о распределении землетрясений на исследуемой территории с $K_p \geq 7$. С целью выявления характера расположения эпицентров ощутимых землетрясений построена карта эпицентров землетрясений за 2000-2020 гг. с $K_p \geq 1$. Исследуемый район ограничен координатами $\varphi = 41^\circ$ и 45° с.ш., $\lambda = 45^\circ$ и 49° в.д. В данном исследовании использован каталог землетрясений нашего региона и смежных районов Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН.

Анализ сейсмической ситуации

В каталоге землетрясений в 2000-2020 гг. на территории Дагестана и в приграничных зонах зафиксированы эпицентры для 10900 землетрясений с $K_p \geq 7$ (см. табл. 1).

Таблица 1.

Данные по территориальному распределению числа землетрясений по энергетическим классам $K_p \geq 7$ за 2000-2020 гг.

	$K_p=7$	$K_p=8$	$K_p=9$	$K_p=10$	$K_p=11$	$K_p=12$	$K_p=13$	$K_p=14$	Σ по K_p	ΣE , 10(14) Дж
Акватория Каспийского моря	506	518	176	66	19	6	4		1295	0.487929
Республика Дагестан	2298	1494	579	131	52	9	2	2	4567	2.362614
Чеченская Республика	1288	831	418	128	57	16	2	1	2741	1.434940
Республика Грузия	335	307	122	46	16	5	3		834	0.372261
Азербайджанская Республика	610	477	226	98	36	8	6	2	1463	2.728598
	5037	3627	1521	469	180	44	17	5	10900	7.3863407

Наибольший интерес представляет распределение эпицентров землетрясений с $K_p \geq 11$ (см. рис.1), т.к. они являются ощутимыми и разрушительными в условиях горного ландшафта рассматриваемой территории. Для выявления связи землетрясений с тектоникой региона на карте приведены также положения глубинных разломов.

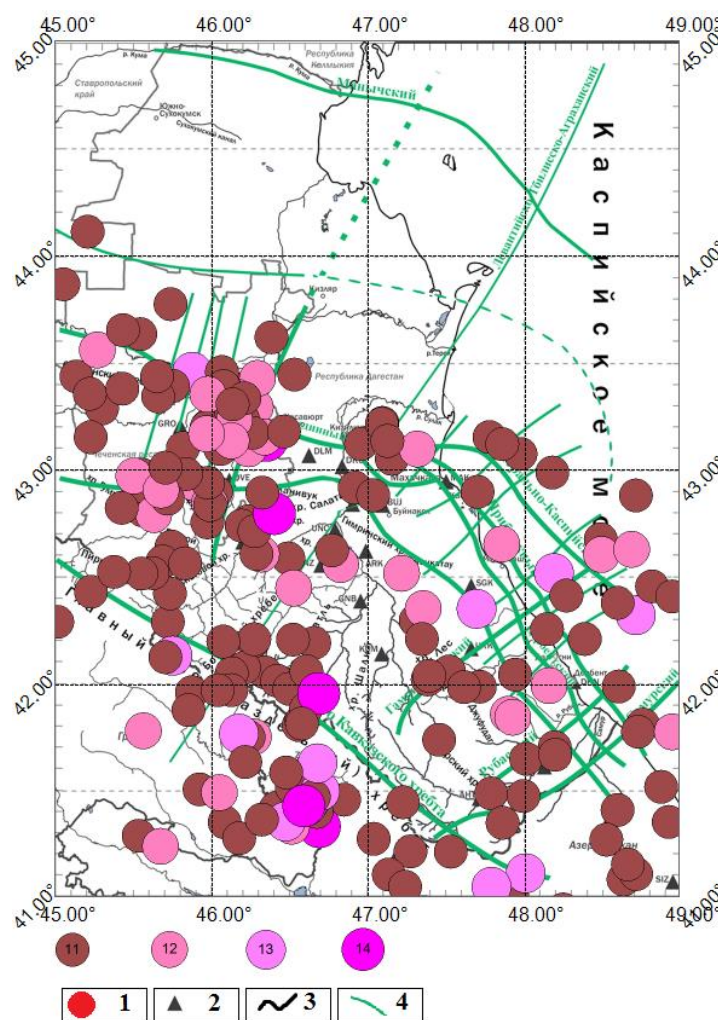


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений на территории Дагестана и смежных районов, с $K_p \geq 11$ за 2000-2020 гг. 1- энергетические классы; 2-сейсмостанции Дагестана и смежных республик соответственно; 3-границы региона; 4 – глубинные разломы.

Так, за 2000-2020 гг. сетью сейсмостанций было зафиксировано 180 сейсмических событий с $K_p \geq 11$. Наиболее сейсмоактивным был северо-западный район Азербайджанской

Республики, где зарегистрированы 4 землетрясения 14-го энергетического класса и 6 землетрясений 13-го энергетического класса. Также в Республике Дагестан в юго-западных областях зарегистрированы 2 землетрясения 14-го энергетического класса и 2 землетрясения 13-го энергетического класса. В прилегающих районах Грузии произошло 3 землетрясения 13-го энергетического класса; 4 землетрясения 13-го класса зафиксировано в акватории Каспия; 2 землетрясения 13-го и 1 землетрясение 14-го энергетического класса произошло в Чеченской Республике. Следует отметить, что в этих зонах повышение сейсмичности характеризуется высокой концентрацией землетрясений 11-го энергетического класса (см. рис. 2).

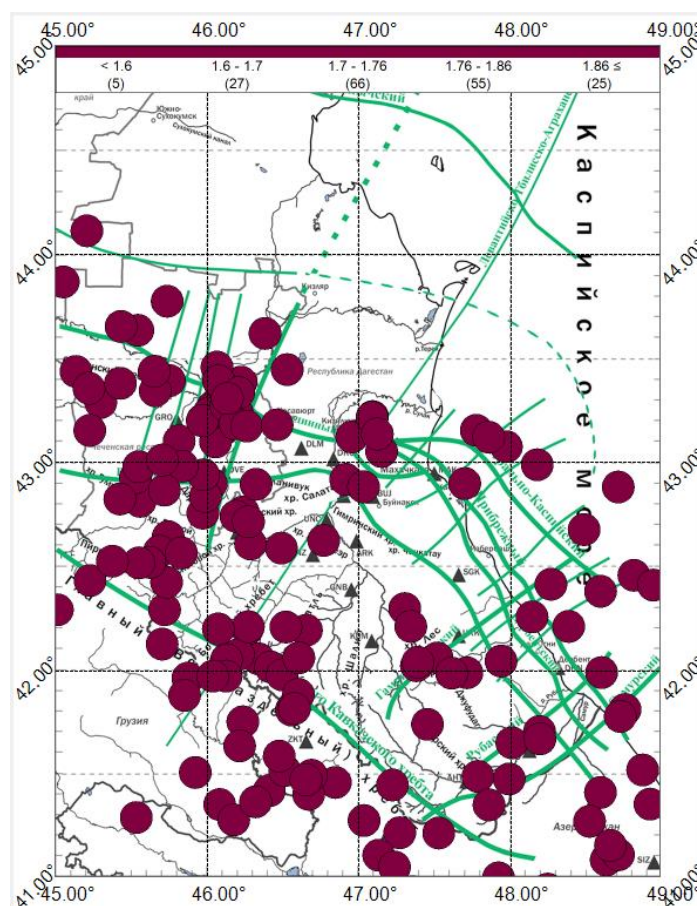


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений на территории Дагестана и смежных районов, с $K_p \geq 11$ за 2000-2020 гг.

Проекции гипоцентров современных и исторических землетрясений с магнитудами более 5 на дневную поверхность отражают их пространственные положения на смесителях глубинных разломов при глубинах от ~ 20 до 80 км.

Наибольшее их количество расположено в зонах перехода от горных сооружений к равнинным участкам. С востока, такая зона занимает прибрежную часть Каспийского моря. С севера эта зона соответствует области сочленения альпийской складчатости с Терско-Каспийским предгорным прогибом. Горная часть Дагестана характеризуется весьма малым количеством эпицентров землетрясений с $K_p \geq 11$ [Гаджиев С. О. и др., 1984]. Наличие землетрясений с гипоцентрами в поперечных глубинных разломах является свидетельством чрезвычайной геодинамической активности зоны сочленения Скифско-Туранской плиты с Восточно-Европейской платформой с севера и Терско-Каспийским прогибом с юга. Центральный и южный районы Дагестана характеризуются самой высокой сейсмической активностью в европейской части России

[Магомедов Р.А. и др., 2015, 2019; Магомедов, 2017; Таймазов и др., 2013]. Высокий уровень сейсмичности сохраняется в окрестностях Чиркейского водохранилища. Периодичность подвижности блочных геологических структур и активизация сейсмических процессов объясняется наличием большого числа глубинных продольных и поперечных разломов.

Проведем анализ сейсмической ситуации в период 2000-2020 гг. В этот период произошло около 10900 сейсмособытий, зафиксированных сетью сейсмостанций ДФ ФИЦ ЕГС РАН. Координаты всех землетрясений определялись методом засечек. Для территории Дагестанского клина использовался местный осредненный годограф сейсмических волн с интервалом глубин 3 км, построенный в 1980 году О. А. Асмановым по экспериментальным данным повторных толчков Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. для глубин 3- 24 км [Асманов О.А., 1980; Левицкая А.Я. и др., 1953]. Для остальных районов Республики Дагестан использовался Кавказский годограф. Рассмотрим величину суммарной энергии (ΣE) $K_p \geq 7$ для отдельных сейсмоактивных зон Дагестана и смежных районов (см. рис. 3), а также изменение суммарной энергии (см. рис. 4) за 2000–2020 гг.

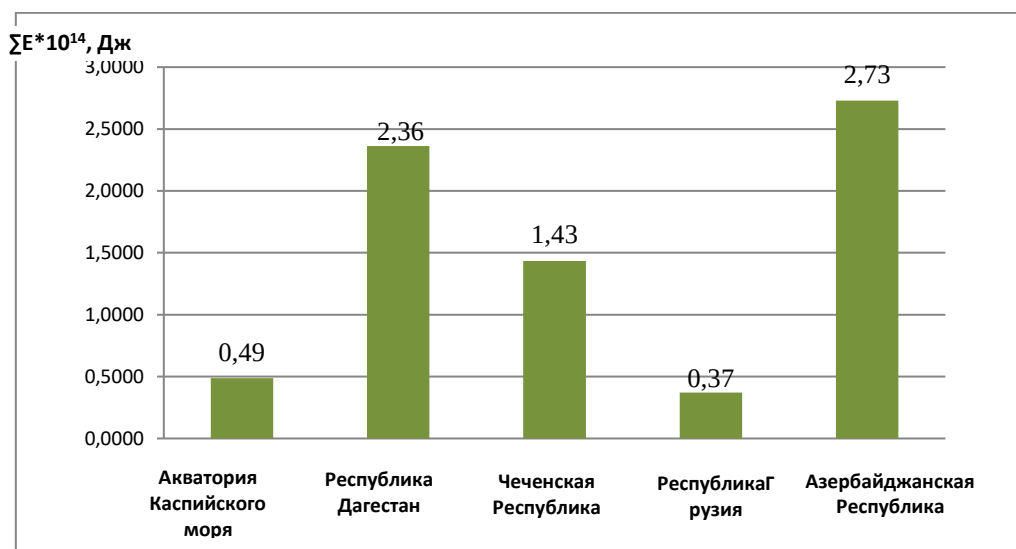


Рис. 3. Распределение величины ΣE по сейсмическим зонам за период 2000-2020 гг.

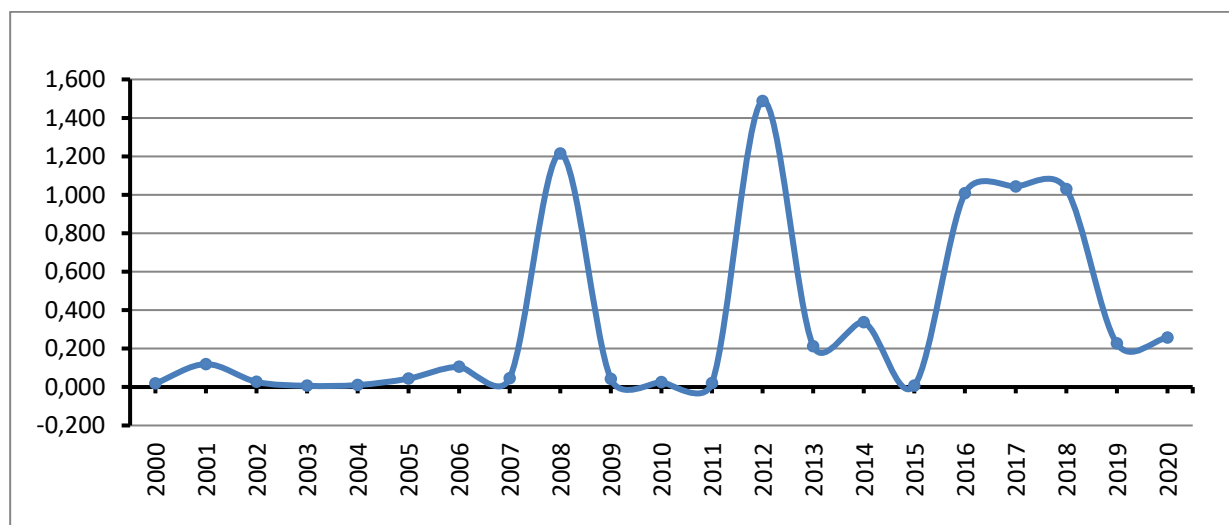


Рис.4. Изменение величины ΣE за 2000-2020 гг.

Та

к, мы видим, что 2008 гг., 2012гг., 2014 гг., 2016-2018 гг. характеризуются резким и значительным высвобождением сейсмической энергии.

Анализ карты эпицентров и графика распределения сейсмической энергии по зонам показывает, что, наиболее активными в период 2000-2020 гг. были приграничные территории Азербайджанской Республики, Чеченской Республики и Республика Дагестан.

На представленной гистограмме (см. рис. 3) фиксируется самое большое высвобождение сейсмической энергии на территории Азербайджанской Республики. В этом сейсмоактивном районе Азербайджанской Республики зарегистрировано 1463 землетрясения с $K_p \geq 7$, суммарной энергией $\sum E = 2.73 \cdot 10^{14}$ Дж. В Республике Дагестан зарегистрировано 4567 землетрясений с $K_p \geq 7$, суммарной энергией $\sum E = 2.36 \cdot 10^{14}$ Дж. В Чеченской Республике зарегистрировано 2741 землетрясение с $K_p \geq 7$, суммарной энергией $\sum E = 1.44 \cdot 10^{14}$ Дж. Приведем наиболее ощутимые в период 2000-2020 гг. сейсмические события.

Азербайджанская Республика.

В сейсмоактивном районе Азербайджанской Республики зарегистрировано 1463 землетрясений с $K_p \geq 7$, суммарной энергией $\sum E = 2.729 \cdot 10^{14}$ Дж.

7 мая 2012 г. в 04 ч. 40 мин. с $M=5.4$ ($K_p = 13.7$), $I_0=6.4$, эпицентр которого был расположен на глубине до 20 км в Гахском районе Азербайджанской Республики.

18 мая 2012 г. в 14 ч. 46 мин. было зарегистрировано два толчка с $M=4.8 - 4.9$ ($K_p = 12.7 - 12.8$), $I_0=6.2$, эпицентры которых были расположены на глубинах до 14 км в Загатальском районе Азербайджанской Республики.

13 октября 2012 г. в 18 ч. 44 мин. с $M=4.6$ ($K_p = 12.3$), $I_0=5.7$, эпицентр которого был расположен на глубине до 15 км в Кабахчольском муниципалитете Азербайджанской Республики.

29 июня 2014 г. в 17 ч. 26 мин. с $M=5.0$ ($K_p = 13.0$), $I_0=6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 18 км в Загатальском районе Азербайджанской Республики.

4 октября 2014 г. в 04 ч. 59 мин. с $M=4.8$ ($K_p = 12.7$), $I_0=6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 16 км в Габалинском районе Азербайджанской Республики.

7 июня 2017 г. в 18 ч. 25 мин. с $M=4.6$ ($K_p = 12.2$), $I_0=5$, эпицентр которого был расположен на глубине до 21 км в Агстафинском районе Азербайджанской Республики.

5 февраля 2019 г. в 19 ч. 31 мин. с $M=4.7$ ($K_p = 12.5$), $I_0=3.7$, эпицентр которого был расположен на глубине до 60 км в Шемахинском районе Азербайджанской Республики.

10 августа 2019 г. в 07 ч. 35 мин. с $M=4.9$ ($K_p = 12.9$), $I_0=6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 18 км в Загатальском районе Азербайджанской Республики.

Республика Дагестан

В сейсмоактивном районе акватории Каспийского моря зарегистрировано 4567 землетрясений с $K_p \geq 7$, суммарной энергией $\sum E = 2.363 \cdot 10^{14}$ Дж.

13 марта 2005 г. в 03 ч. 02 мин. с $M=4.7$ ($K_p = 12.5$), $I_0=4$, эпицентр которого был расположен на глубине до 44 км в Хивском районе Республики Дагестан.

16 апреля 2013 г. в 12 ч. 26 мин. с $M=4.8$ ($K_p = 12.7$), $I_0=6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 12 км в Каякентском районе Республики Дагестан.

17 сентября 2013 г. в 04 ч. 09 мин. с $M=4.9$ ($K_p = 12.9$), $I_0=6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 15 км в Цунтинском районе Республики Дагестан.

29 сентября 2014 г. в 01 ч. 38 мин. с $M=5.1$ ($K_p = 13.3$), $I_0=6.3$, эпицентр которого был расположен на глубине до 16 км в Гунибском районе Республики Дагестан.

13 мая 2016 г. в 21 ч. 17 мин. с $M=5.3$ ($K_p = 13.5$), $I_0=5.7$, эпицентр которого был расположен на глубине до 28 км в Гумбетовском районе Республики Дагестан.

3 мая 2017 г. в 08 ч. 53 мин. с $M=5.3$ ($K_p = 13.6$), $I_0=6.6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 16 км в Чародинском районе Республики Дагестан.

Чеченская Республика

В сейсмоактивном районе акватории Каспийского моря зарегистрировано 2741 землетрясений с $K_p \geq 7$, суммарной энергией $\sum E = 1.435 \cdot 10^{14}$ Дж.

11 октября 2008 г. в 09 ч. 06 мин. с $M=5.4$ ($K_p=13.7$), $I_0=7$, эпицентр которого был расположен на глубине до 15 км в Мескетинском сельском поселении Чеченской Республики.

11 октября 2008 г. в 09 ч. 22 мин. с $M=5.1$ ($K_p=13.3$), $I_0=5.4$, эпицентр которого был расположен на глубине до 28 км в Виноградненском сельском поселении Чеченской Республики.

13 октября 2008 г. в 21 ч. 37 мин. с $M=4.6$ ($K_p=12.3$), $I_0=5.5$, эпицентр которого был расположен на глубине до 17 км в Кади-Юртовском сельском поселении Чеченской Республики.

2 июня 2014 г. в 08 ч. 07 мин. с $M=4.6$ ($K_p=12.3$), $I_0=5.5$, эпицентр которого был расположен на глубине до 17 км в Надтеречненском сельском поселении Чеченской Республики.

12 декабря 2020 г. в 21 ч. 29 мин. с $M=4.7$ ($K_p=12.5$), $I_0=7.3$, эпицентр которого был расположен на глубине до 6 км в Шатойском районе Чеченской Республики.

Акватория Каспийского моря

В сейсмоактивном районе акватории Каспийского моря зарегистрировано 1295 землетрясений с $K_p \geq 7$, суммарной энергией $\sum E = 0.488 \cdot 10^{14}$ Дж.

5 июня 2001 г. в 15 ч. 33 мин. с $M=4.8$ ($K_p=12.6$), $I_0=6.2$, эпицентр которого был расположен на глубине до 13 км в Каспийском море, в 50 км к северо-востоку от г. Дербент Республики Дагестан.

11 сентября 2006 г. в 02 ч. 23 мин. с $M=4.8$ ($K_p=12.7$), $I_0=4.7$, эпицентр которого был расположен на глубине до 33 км в Каспийском море, в 30 км к юго-востоку от г. Избербаш Республики Дагестан.

11 января 2007 г. в 03 ч. 58 мин. с $M=4.5$ ($K_p=12.1$), $I_0=6.7$, эпицентр которого был расположен на глубине до 7 км в Каспийском море, в 40 км к востоку от г. Избербаш Республики Дагестан.

24 июля 2007 г. в 13 ч. 41 мин. с $M=4.7$ ($K_p=12.5$), $I_0=6.6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 9 км в Каспийском море, в 50 км к востоку от г. Избербаш Республики Дагестан.

7 июня 2019 г. в 05 ч. 27 мин. с $M=4.8$ ($K_p=12.7$), $I_0=5$, эпицентр которого был расположен на глубине до 54 км в Каспийском море, в 50 км к северо-востоку от г. Дербент Республики Дагестан.

26 февраля 2020 г. в 07 ч. 51 мин. с $M=4.9$ ($K_p=12.9$), $I_0=5$, эпицентр которого был расположен на глубине до 33 км в Каспийском море, в 100 км к северо-востоку от г. Баку Азербайджанской Республики.

3 ноября 2020 г. в 12 ч. 16 мин. с $M=4.7$ ($K_p=12.4$), $I_0=5$, эпицентр которого был расположен на глубине до 33 км в Каспийском море, в 100 км к юго-востоку от г. Дербент Республики Дагестан.

Республика Грузия

В сейсмоактивном районе акватории Каспийского моря зарегистрировано 834 землетрясений с $K_p \geq 7$, суммарной энергией $\sum E = 0.372 \cdot 10^{14}$ Дж.

12 июля 2020 г. в 05 ч. 54 мин. с $M=4.6$ ($K_p=12.3$), $I_0=6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 15 км в Боржомском муниципалитете Республики Грузия.

7 апреля 2019 г. в 08 ч. 27 мин. с $M=4.5$ ($K_p=12.1$), $I_0=5$, эпицентр которого был расположен на глубине до 24 км в Дедоплисцкарройском муниципалитете Республики Грузия.

24 апреля 2002 г. в 17 ч. 41 мин. с $M=4.6$ ($K_p=12.4$), $I_0=4.6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 30 км в Гурджаанском муниципалитете Республики Грузия.

7 мая 2012 г. в 14 ч. 15 мин. с $M=4.8$ ($K_p=12.7$), $I_0=6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 15 км в Дедоплисцкарройском муниципалитете Республики Грузия.

14 октября 2012 г. в 10 ч. 13 мин. с $M=5.3$ ($K_p=13.5$), $I_0=6.6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 16 км в Лагодехском районе Республики Грузия.

6 ноября 2018 г. в 01 ч. 17 мин. с $M=4.9$ ($K_p=12.8$), $I_0=6$, эпицентр которого был расположен на глубине до 15 км в Амбролаурском муниципалитете Республики Грузия.

Для детального анализа сейсмособытий рассмотрим высвобождение сейсмической энергии за 2000-2020 гг. ($K_p \geq 9$) по пяти зонам: Республика Дагестан, акватория Каспийского моря, приграничные районы Азербайджанской Республики, Чеченской Республики, Грузии (см. рис. 5).

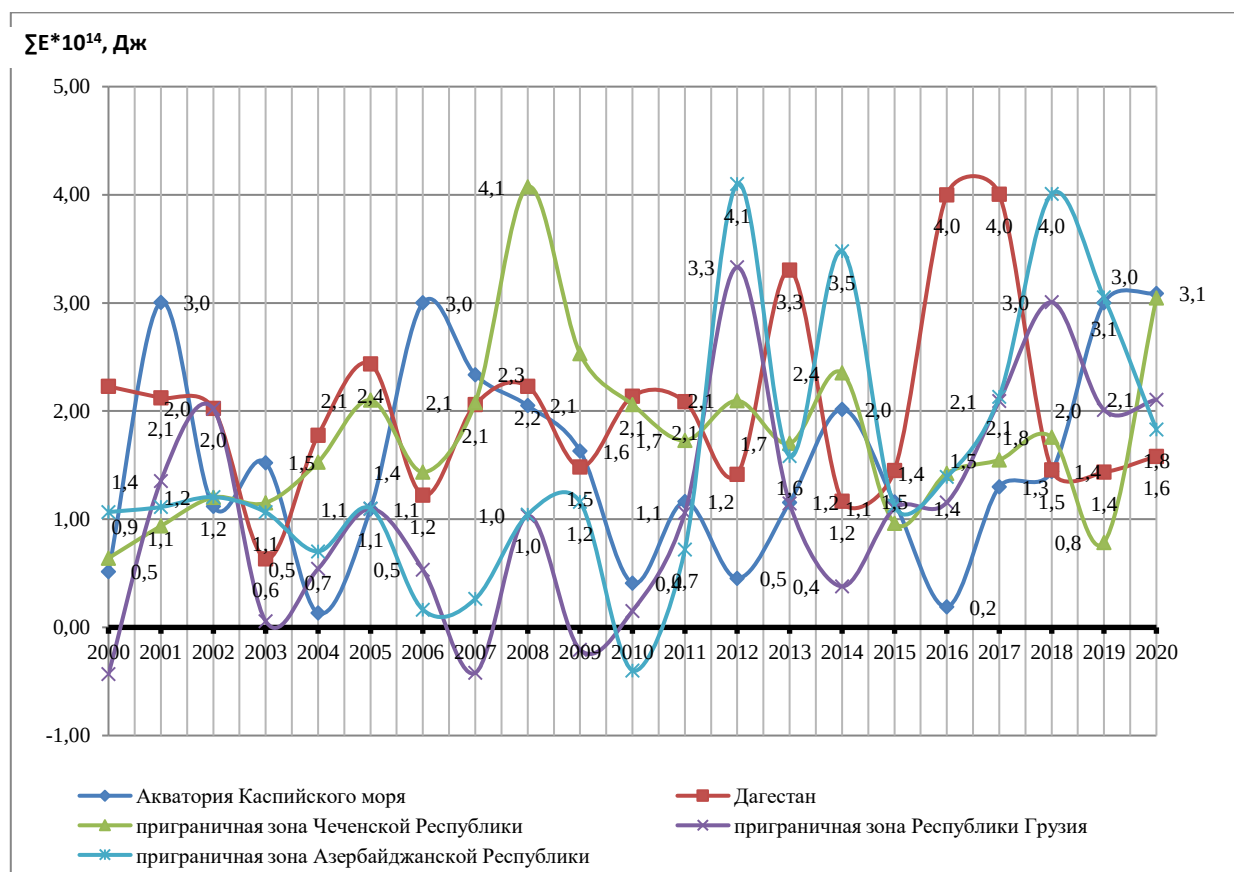


Рис. 5. Изменение величины ΣE во времени за 2000-2020 гг. для основных сейсмоактивных зон.

За 2000-2020 гг., на территории Дагестана и сопредельных республик произошло 10900 землетрясений $K_p \geq 7$, общей суммарной энергией $7.3863 \cdot 10^{14}$ Дж.

Из графика изменения сейсмической активности во времени (см. рис. 5) видно, что максимум высвобождения сейсмической энергии в зоне **Республики Дагестан** приходится на 2013 г., 2016 г., 2017 г. После максимума 2013 года наблюдается спад и медленный рост сейсмоактивности с 2014 г. до 2015 г. С 2015 г. до 2016 г. происходит резкая активизация и рост выделившейся энергии, которая наблюдается весь 2016 год. В 2017 году происходит спад, находящийся в стабильном режиме по состоянию на 2020 год.

Наибольшее количество выделившейся энергии в **приграничной зоне Чеченской Республики** приходится на 2008 г., 2020 г. Максимум 2008 года сменяется спадом до 2014 года. Затем происходит рост числа землетрясений, после чего наблюдается спад до 2020 года и резкий рост выделившейся энергии.

Наибольшее количество выделившейся энергии в **приграничной зоне Республики Грузия** приходится на 2002 г., 2012 г., 2014 г., 2018 г. Максимум 2002 года сменяется спадом 2003 г. до резкой активизации сейсмопроцессов и роста выделившейся энергии в 2012 г. Максимум 2012 г. сменяется спадом 2013 г., после чего опять наблюдается усиление сейсмоактивности в 2014г. С 2014 г. до 2018 г. наблюдается спад сейсмоактивности. В 2018 г. - резкая активизация и рост выделившейся энергии. После 2018 г. наблюдается спад активности геологических процессов, который находится в стабильном режиме по состоянию на 2020 год.

Наибольшее количество выделившейся энергии в **акватории Каспийского моря** приходится на 2001 г., 2006 г., 2020 г. До активизации сейсмических событий в 2001 г., наблюдался спад 2000 г. Максимум 2006 года сменяется спадом до 2010г., далее наблюдались умеренные колебания до 2018 г. С 2019 г. сейсмоактивность начала расти.

Наибольшее количество выделившейся энергии в **приграничной зоне Азербайджанской Республики** приходится на 2012 г., 2014 г., 2018 г.

До активизации сейсмических событий в 2012 г., наблюдались умеренные колебания сейсмоактивности. Максимум 2012 года сменился спадом в 2013г., далее наблюдался рост сейсмоактивности в 2014 г. С 2014 г. до 2018 г. наблюдались умеренные колебания сейсмоактивности. После увеличения сейсмоактивности в 2018 г. наблюдается спад.

Средняя величина суммарной энергии за двадцатилетний период составила: Чеченская Республика - $1.435 \cdot 10^{14}$ (Дж); Республика Грузия - $0.372 \cdot 10^{14}$ (Дж); Республика Дагестан - $2.363 \cdot 10^{14}$ (Дж); Азербайджанская Республика - $2.729 \cdot 10^{14}$ (Дж); акватория Каспия - $0.488 \cdot 10^{14}$ (Дж).

На территории Дагестана подавляющее большинство землетрясений происходит на глубинах до 50 км. Рассмотрим данные распределения очагов землетрясений ($K_p \geq 9$) по глубинам за период 2000–2020 гг. на территории Дагестана и смежных районов (см. рис. 6).

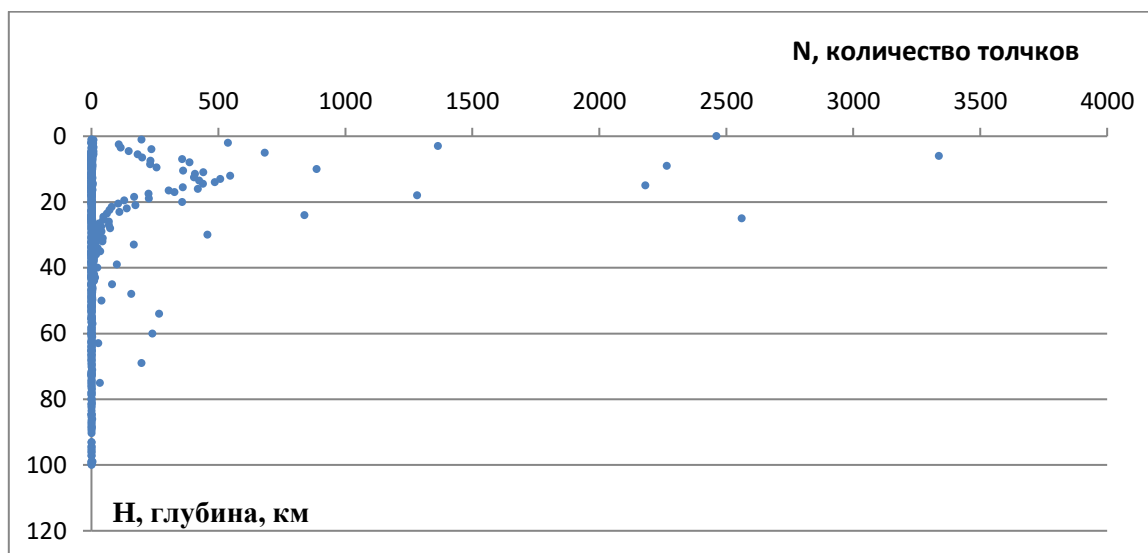


Рис. 5. Распределение очагов землетрясений по глубине в период 2000-2020 гг.

Представленный график наглядно показывает, что основная часть землетрясений распределена в верхнем горизонте земной коры на глубине от 1 до 50 км. Очаги повышенной плотности эпицентров отмечены в пределах от 2 до 20 км. Концентрация очагов землетрясений от 22 до 50 км с глубиной плавно уменьшается [Асманов О. А. и др., 2019].

Заключение

В период с 2007-2008 гг., 2011-2012 гг., 2015-2018 гг. наблюдались резкие усиления сейсмической активности в зонах Чеченской Республики, Азербайджанской Республики и Республики Дагестан (см. рис. 3).

Рассмотренные материалы свидетельствуют о волнообразном проявлении сейсмичности за 2000-2020 гг. Наряду с сильными землетрясениями, сопровождающимися многочисленными афтершоками, здесь происходили более слабые толчки, которые могли сопровождаться и не сопровождаться афтершоками [Короновский, 2019; Асманов О. А. и др., 2019]. Отмечаются районы концентрации толчков, равномерно распределенных во времени.

Благодаря техническими возможностями аппаратуры, определившей представительный класс землетрясений в 2000-2020 гг. от $K_p=7$, в представленный период наблюдался значительный рост числа сейсмособытий 7-12 энергетического класса. Подавляющее большинство землетрясений при этом происходило на глубинах до 60 км. Количество общей энергии, начиная с $K_p \geq 7$, с 2000 по 2020 гг. на территории Дагестана и сопредельных республик составило $7.386 \cdot 10^{14}$ Дж. Больше всего энергии высвободилось в зоне Азербайджанской Республики ($2.729 \cdot 10^{14}$ Дж), в Республике Дагестан ($2.363 \cdot 10^{14}$ Дж). Затем идут, Чеченская Республика ($1.435 \cdot 10^{14}$ Дж), акватория Каспия ($0.488 \cdot 10^{14}$ Дж) и Республика Грузия ($0.372 \cdot 10^{14}$ Дж).

Глубина очагов землетрясений в области Дагестанского клина колеблется в пределах 2-20 км, при этом около 13% землетрясений произошло на глубине до 6 км. Таким образом глубина очагов в основном соответствует переходной зоне то осадочного чехла к фундаменту.

Литература

1. Асманов О.А. Годографы сейсмических волн территории Дагестанского клина // Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. М.: «Наука», 1980. Т. 1. С. 17-22.
2. Асманов О. А., Батыров Т. Б. Особенности сейсмического режима и сильные землетрясения Дагестана и сопредельных территорий за период 2011-2017 гг. // Мониторинг. Наука и технологии. Выпуск № 3(41) - Махачкала, 2019 г. С. 6-11.
3. Гаджиев С. О., Асманов О. А. и др. Отчет о результатах сейсмологических и геохимических наблюдений на территории ДАССР, проведенных ОМП в 1983 г. // Институт геологии ДФ АН СССР - Махачкала, 1984 г.
4. Короновский Н. В. Геология : учебное пособие для прикладного бакалавриата // 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. 194 с.
5. Левицкая А.Я., Лебедева Т.М. Годограф сейсмических волн Кавказа// Годографы сейсмических волн на Кавказе // Квартальный сейсмологический бюллетень. – Тбилиси: Мецниереба, 1953. – 2. – № 1/4. С. 51–60.
6. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. сеймотектонические и геодинамические особенности дагестанского сектора Восточного Кавказа // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2015. № 4 (39). С. 127-135.
7. Магомедов Р.А. Геолого-тектонические условия, геодинамическая позиция и современная сейсмичность Восточного Кавказа // Труды Института Геологии ДНЦ РАН. Махачкала. 2017. Выпуск № 2(69). С.12-31.
8. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. Некоторые результаты исследований геотектонических условий и современной сейсмичности восточного кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т. 9. № 1. С. 29-42.
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.

УДК 556.314:539.16 (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-74-76

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ДАГЕСТАНА

Маммаев¹ О.А., Маммаев² Б.О.

¹ИПГВЭ ОИВТ РАН, ² Институт геологии ДФИЦ РАН

В статье на основе собственных и литературных данных проводится анализ особенностей миграции естественных радиоактивных элементов (урана, радия) в природных водах Дагестана в зависимости от гидрогеохимических показателей (минерализация, показатель кислотности pH, значения окислительно-восстановительного потенциала Eh, газовый состав, коэффициент миграции Ku).

Ключевые слова: радиоактивные элементы, уран, радий, коэффициент радиоактивного равновесия, коэффициент водной миграции.

FEATURES OF MIGRATION OF RADIOACTIVE ELEMENTS IN NATURAL WATERS OF DAGESTAN

Mammaev¹ O.A., Mammaev² B.O.

¹IPGVE IINT RAS, ²Institute of Geology, DPhIC RAS

The article, based on its own and literature data, analyzes the migration characteristics of natural radioactive elements (uranium, radium) in the natural waters of Dagestan depending on hydrogeochemical indicators (mineralization, pH acidity index, redox potential values Eh, gas composition, migration coefficient Ku).

Keywords: radioactive elements, uranium, radium, coefficient of radioactive equilibrium, coefficient of water migration.

Анализ содержания радиоактивных элементов в природных водах является необходимой частью экологического контроля среды обитания. Нами проанализированы концентрации радиоактивных элементов урана, радия и особенности их миграции в различных типах природных вод Дагестана.

Теоретические основы по геохимии радиоактивных элементов в водах осадочных пород были развиты в работах Е. Старика, А. Германова, С. Батулина, Г. Эфендиева и других авторов. Они сводятся к рассмотрению системы горные породы – водный раствор с комплексным учетом многочисленных факторов, действующих на эту систему в естественных условиях. К определяющим факторам, влияющим на распределение урана, радия и других радиоактивных элементов в водах, относятся химический состав вмещающих пород и раствора, минерализация (М), значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh), показателя кислотности (pH), гидрогеологические условия, газовый состав и др.

В широко развитых в природе нейтральных и щелочных водах с pH 7.0 – 8.5, преобладающей формой нахождения урана являются уранил-карбонатные комплексы. В слабокислых типах вод с pH 5.0 – 6.5, небогатых SO_4^{2-} – преобладают UO_2OH^+ или $\text{UO}_2(\text{UO}_3)\text{OH}^+$ [1–5].

Благодаря геохимическим особенностям урана и радия, их соотношение в единицах равновесия (Кр.р.) является показателем гидрогеохимической обстановки в водоносном пласте. При радиоактивном равновесии между ураном и радием отношение $\text{Ra}/\text{U}=3.4 \cdot 10^{-7}$. Другим важным коэффициентом для анализа содержания урана в водах и породах является коэффициент водной миграции урана (Ku).

По результатам наших исследований 95% доверительные интервалы концентраций урана в термальных рассолах пермо-триасового комплекса Платформенного Дагестана составляет $(0.06 - 1.0) \cdot 10^{-7}$ г/л, коэффициента $\text{Ku}=(0.14 - 3.20) \cdot 10^{-4}$, а $\text{Кр.р.} = 2.3 \cdot 10^4 - 1.16 \cdot 10^5$ [6, 7, 8].

Содержание урана в пластовых водах юрского водоносного комплекса образует интервал $(0.93 - 1.59) \cdot 10^{-7}$ г/л, а коэффициент K_u относительно аргиллитов юрского комплекса меняется в пределах $(1.7 - 5) \cdot 10^{-4}$, а относительно известняков и песчаников в пределах $(2.6 - 5.5) \cdot 10^{-4}$.

Значения $K_{p.p.}$ в целом для юрского водоносного комплекса заметно отличается по сравнению с водами пермо-триасового, а значения K_u для этих двух комплексов значимо не различаются.

В водах юрских отложений Горно-складчатого Дагестана, вовлеченных в зону активного водообмена, интервал содержания урана составляет $(1.74 - 27.54) \cdot 10^{-7}$ г/л, а $K_{p.p.} = (0.44 - 46)$. Средние значения концентраций урана для зоны активного водообмена на порядок больше чем в зоне застойного гидродинамического режима для юрских отложений, K_u меняется соответственно для аргиллитов $(0.23 - 9.49)$, для песчаников и известняков в пределах $(0.28 - 13.7)$. Из приведенных данных видно, что коэффициент водной миграции урана для зоны активного водообмена юры более чем на 4-порядка превышает значения для затрудненного водообмена, а $K_{p.p.}$ во столько же раз соответственно уменьшается.

Для вод зоны активного водообмена юрских отложений значения E_h положительны и доходят до $+(200-350)$ мВ, что и обуславливает благоприятные условия для выщелачивания урана из пород. В отличии от вод зоны активного водообмена для пластовых вод юрских отложений Платформенного Дагестана характерны застойные гидродинамические условия и отрицательные до -400 мВ значения E_h .

Концентрация урана в рассолах нижнемеловых отложений образует интервал $(0.51 - 1.52) \cdot 10^{-7}$ г/л, значения $K_{p.p.} (1.32 - 3.12) \cdot 10^4$, коэффициент K_u составляет интервал $(3.0 - 7.0) \cdot 10^{-4}$.

В пластовых водах верхнемеловых отложений содержание урана составляет $(0.76 - 1.67) \cdot 10^{-7}$ г/л, $K_{p.p.} = (1.16 - 3.30) \cdot 10^3$, $K_u = (23.20 - 42.70) \cdot 10^{-4}$.

Для пресных вод меловых отложений зоны активного водообмена интервалы содержания урана равны $(33.45 - 61.70) \cdot 10^{-7}$ г/л, $K_{p.p.} = (0.74 - 11.2)$, $K_u = (7.20 - 15.25)$. В отличии от пластовых, воды зоны активного водообмена содержат значительно больше урана, что обуславливается совершенно разными геохимическими и гидродинамическими условиями.

Концентрация урана в пластовых водах среднемиоценовых отложений заметно отличаются от рассмотренных выше рассолов мезозойских отложений. Для вод этого комплекса характерны следующие интервалы значений: уран $(1.52 - 8.57) \cdot 10^{-7}$ г/л, $K_{p.p.} = (48 - 1133)$, K_u для водоносных пластов чокрака составляет $(3.0 - 16.0) \cdot 10^{-3}$. Причем значения этих показателей значимо отличаются для вод платформенной части, от значений для вод предгорной, что можно объяснить более мощной изоляцией между мезозойским и среднемиоценовым этажами в первой зоне по сравнению со второй, где возможна подпитка чокракского и караганского горизонтов водами мезозойских отложений по зонам тектонических разломов.

Для подземных вод верхнего плиоцен-четвертичного гидрогеологического этажа концентрация урана образует интервал $(9.20 - 29.20) \cdot 10^{-7}$ г/л, $K_{p.p.} = (0.14 - 4.60)$, K_u для суглинисто-песчаных отложений составляет $(0.30 - 2.34)$. По сравнению с зонами активного водообмена в горно-складчатой части значения K_u для плиоцен-четвертичного этажа в несколько раз ниже. В то же время содержания урана для вод плиоцен-четвертичного комплекса значительно повышенные по сравнению с водами средне-миоценового комплекса.

Для поверхностных вод равнинного Дагестана наблюдаются несколько повышенные концентрации урана по сравнению с подземными. Интервал концентраций урана для этих вод $(2 \cdot 10^{-6} - 6 \cdot 10^{-5})$ г/л. Такое относительно е обогащение вод поверхностных водоемов ураном можно объяснить, как питанием их за счет грунтовых вод, со значительным содержанием урана, так и концентрацией последнего при фазовых превращениях воды за счет интенсивного испарения в этой климатической зоне.

Из вышеизложенного наблюдается вертикальная зональность в распределении урана, радия и значений коэффициентов Кр.р. и Ку в водах различных водоносных комплексов, отражающая различные геохимические условия для их миграции.

Между основными структурно-гидрогеологическими этажами различия в распределении данных показателей значимые.

Распределение урана по разрезу осадочных пород также не одинаково и свидетельствует о различных геохимических условиях в бассейне осадконакопления.

Проведенные исследования показывают, что коэффициенты Кр.р. и Ку, а также концентрации урана и радия, являются чувствительными индикаторами гидрогеохимической обстановки в водоносных горизонтах для подземных вод.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН рег. номер 1021060808495-2-1.5.13.

Литература

1. Алексеев Ф.А., Готтих Р.П., Сааков С.А., Соколовский Э.В. Радиохимические и изотопные исследования подземных вод нефтегазоносных областей СССР. / М., Недра, 1975. 271с.
2. Евсеева Л.С., Перельман А.И. Геохимия урана в зоне гипергенеза. / М., Атомиздат, 1962. 236с.
3. Чалов П.И. Изотопное фракционирование природного урана. / Фрунзе, Илим, 1975. 271с.
4. Чердынцев В.В. Уран-234. / М. Атомиздат, 1969. 308с.
5. Эфендиев Г.Х., Алекперов Р.А., Нуриев А.Н. Вопросы геохимии радиоактивных элементов нефтяных месторождений. / Баку, Изд. АН Аз. ССр, 1964. 271с.
6. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. / М., Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 260с.
7. Маммаев О.А. Подземные воды Восточного Предкавказья (формирование, гидрогеохимия и процессы радиотеплогенерации). / Махачкала: ДНЦ РАН, 2006. 280с.
8. Маммаев О.А., Абдуллаева А.С., Асварова Т.А. Естественные радионуклиды в горных породах и почвах Дагестана. / Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Почвенные ресурсы и проблемы продовольственной безопасности». Тр. ИГ ДНЦ РАН. Вып. 65, Махачкала, 2015. С. 186-189.

УДК:551.763.12

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-77-79

СТРАТИГРАФИЯ – ОСНОВА ПОИСКОВЫХ И ГЕОЛОГО РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ЮГА РОССИИ

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

Установлено, что к юрским отложениям Дагестана приурочены различные виды минерального сырья, в том числе и углеводородных, значимость которых в развитии экономического потенциала региона не вызывает сомнения. По результатам прошлых десятилетий геологами было выявлено большое количество проявлений полезных ископаемых на территории Дагестана и множество из них, после проведения поисково-оценочных и геологоразведочных работ были определены как месторождения того или иного вида минерального сырья. Для успешного выполнения поставленных задач требуется множество научно-исследовательских работ, одной из которых является стратиграфия.

Ключевые слова: средняя юра, байос, бат, келловей, фораминиферы, ассоциации.

STRATIGRAPHY IS THE BASIS FOR EXPLORATION AND GEOLOGICAL EXPLORATION IN THE SOUTH OF RUSSIA

*Barkueva L. S. Temirbekova U.T.
Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the RAS*

It has been established that various types of mineral raw materials are associated with the Jurassic deposits of Dagestan, including hydrocarbons, the importance of which in the development of the economic potential of the region is beyond doubt. According to the results of the past decades, geologists have identified a large number of manifestations of minerals in the territory of Dagestan, and many of them, after carrying out prospecting and evaluation and exploration work, were identified as deposits of one or another type of mineral raw material. To successfully complete the tasks set, a lot of research work is required, one of which is stratigraphy.

Keywords: Middle Jurassic, Bajocian, Bathonian, callovian, foraminifera, associations.

Оценка минерагенического потенциала является одной из актуальных задач для Дагестана и России, который является основой успешного развития экономики.

Многочисленными исследованиями в области науки о Земле показано, что минерагенический потенциал Дагестана достаточно высок практически во всем интервале возрастов от средней юры до четвертички. В частности, установлено, что к юрским отложениям Дагестана приурочены различные виды минерального сырья, в том числе и углеводородных, значимость которых в развитии экономического потенциала не вызывает сомнения. Для решения поисковых задач используется широкий спектр научных исследований, в том числе и стратиграфия, целью которой является восстановление биоминеральной обстановки образования полезных ископаемых на основе определения относительного возраста осадочного чехла к которым они приурочены. В основу данного метода входит анализ систематического состава фораминифер характеризующих, эти возрастные отложения. Однако, при изучении юрских отложений в области стратиграфии возникает ряд трудностей в виду бедности микрофауны, некоторых ярусов изучаемых объектов.

Для увеличения объема извлечения ресурсов этих полезных ископаемых требуется максимально точная стратиграфическая датировка, которая невозможна без детального изучения фауны, особенно фораминифер, исследование которых является одной из основных задач для решения поисковых и геологоразведочных работ. Кроме того, наличие фауны и полнота комплексов напрямую зависит от геологической структуры седиментационного бассейна и скорости осадконакопления, обуславливающие особенности условий обитания биоты в его отдельных

областях. Одним из ярких примеров является тот факт, что в результате изучения одних из объектов было установлено, что к раннему аалену приурочены угленосные отложения. Однако детальное изучение образцов показало, что эти пропластки максимальная мощность которых достигает 1,2 м., в песчано-алевритовой толще, лишены микрофауны. Наряду с этим отложения позднего аалена представлены алевролитами, большая часть которых также лишена микрофауны. В тоже время в верхнем аалене фауна редкая, только в разрезах Центрального Дагестана встречаются малочисленные *Sablamarckellakaptarenkoae* (Antonova), *Astacolusscalptus* (Franke), *A.bicostataeformis* G.Kass., *Falsopalmulaliassica* (Kubl. et Zw.) и др. Вышележащие отложения раннего байоса насыщены значительным количеством микроорганизмов, но наибольшим развитием пользуются фораминиферы, являющиеся основным объектом исследований. Систематический состав комплексов фораминифер и число составляющих их видов не остается постоянным. Неоднократная смена строго закономерна и находится в зависимости от литологического состава пород, обусловленного характером условий осадконакопления. Развитие основных групп видов, какими в среднеюрское время являются лагениды, эпистоминиды, милиолиды и др. указывают на прямую зависимость от условий их обитания, вызываемого колебаниями уровня морского бассейна, температурного режима и другими физико-географическими факторами. Процент нахождения микрофауны в среднеюрских отложениях довольно значителен. Более половины образцов, взятых из пород этого возраста у сс. Чох, Гуниб, Цудахар, Датун и г. Шунудаг, содержат раковины фораминифер. В отложениях раннего байоса фораминиферы редки и малочисленны, здесь встречаются следующие формы *Reinholdellakaptarenkae* (Antonova), *tchegemica* Mak., *R. terquemi* (Antonova.), *R. exgr. quadrilobata* (Kapt.), *Lenticulinachodzica* (Antonova), *L.mamillaris* (Terq.), *L.exgr. Sublatiformis* Dain, *Astacolus caucasicum* (Antonova), *A. condensus* (Antonova), *Jaculella conica* (Mak.), *Haplophragmoides convexus* Antonova, *Hyperammina ramose* Br., *H.flexuosa* Ant., *Jaculella schedokskensis* (Ant.), *Trochammina chodzica* Anonova, *T.globigeriniformis* (Park.et Jones), *Glomospira gordialis* (Park. et Jones).

В отложениях позднего байоса фораминиферы распространены неравномерно. Они редки в алевролитах (в нижней части), но многочисленны и разнообразны в аргиллитах (в верхней части). В нижней части отмечены единичные *Hyperamminaramosa* Br., *H. flexuosa* Antonova, *Haplophragmoidesplanus* Antonova, *Ophthalmidiumclarum* (Antonova) *O.corinatum* Kubl. et Zw., *Lenticulinachodzica* (Ant.), *L. labensa* (Ant.), *L.sublatiformis* Dain, *L.helios* (Terq.) *Vaginulinaproxima* (Terq.). (А.Магомедов, У.Темирбекова, 1978)

Максимальное развитие фораминифер в Дагестане приходится на верхи позднего байоса – низы нижнего бата, представленного аргиллитами, мощность которых колеблется от 100 до 320. В это время происходит пышный расцвет всех ранее существовавших групп: миллиолид, роталиид, нодозариид, агглютинированных фораминифер. Милиолиды представлены примерно 30 видами, относящимися к (подам: *Quinqueloculina*, *Sigmolina*, *Massilina*, *Spiroloculina*, *Ophthalmidium*, *Nubecularia*, *Nubeculinilla*, *Dolosella*, *Cornuspira* – 3 семействам (Основы палеонтологии, 1959); роталииды 19 видами, это представители родов: *Globigerina* (3 вида), *Discorbis* (1 вид), *Lamarckella* (2 вида), *Reinholdella* (6 видов), *Garantella* (5 видов), *Brotzenia* (2 вида); нодозарииды – примерно 100 видами, относящимися к 11 родам; агглютинированные фораминиферы – примерно 20 видами.

Анализ вертикального распределения фораминифер в глинистой толще позволяет разделить эти слои на 2 части: нижнюю, отвечающую байосскому ярусу, и верхнюю – батскому ярусу.

Для аргиллитов верхней части характерно развитие следующих видов: *Spiroloculina perluccida* Temirb., *Ophthalmidiumporai* Pazdr., *Quinqueloculina incostans* Terq., *Massillina micra* (Ant., et Kalug.), *Sigmolina costata* (Ant.). (Москаленко Т.А., 1981)

Фораминиферы в отложениях келловей распространены неравномерно. Они отсутствуют в карбонатной толще и довольно многочисленны в терригенной. Известно, что при образовании

карбонатной толщи в Дагестане, условия осадконакопления менялись от нормально морских до солоновато-лагунных. Морской бассейн с нормальной соленостью существовал в верхах келловея, когда откладывались известняки, содержащие разнообразную морскую фауну – брахиопод, иглокожих, мшанок, двустворок. Но в образцах, взятых из этих пород, фораминиферы не обнаружены. В терригенных отложениях келловея фораминиферы встречаются часто и довольно разнообразны в средней части - известковых алевролитах с четковидными прослоями известняков и мергелей. Причем более многочисленны в разрезах Центрального Дагестана (Цудахар, Гуниб, Кегер и др.) и редки в обнажениях западного района (Ахвах, Гигатли). Реже встречаются и худшей сохранности фораминиферы из ожелезненных песчаников раннего келловея.

Несмотря на бедность и плохую сохранность микрофауны в описываемых разрезах, то количество, которое было определено, позволило дать подробную биостратиграфическую характеристику изучаемых разрезов, выяснить систематический состав некоторых групп фораминифер, изучить особенности вертикального и горизонтального распространения, а также выяснить значимость отдельных групп фораминифер для стратиграфии. Эти данные использовались для решения вопроса проведения геологоразведочных работ на исследуемой площади и как положительный результат получить приток нефти на этой площади.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН рег. номер 1021060808457-2-1.5.6.

Литература

1. Логинова Г.А. Нижне - среднекелловейские отложения центральной части Северного Кавказа. Вестник МГУ, Геология 1971 № 5. стр.42-52
2. Логинова Г.А. Нижне - среднекелловейские отложения горного Дагестана. Вестник МГУ, Геология 1975 № 6. стр.46-54
3. Магомедов А.М., Темирбекова У.Т. Стратиграфия и микрофауна байосских и батских отложений Дагестана. Даг. филиал АН СССР, Институт геологии. 1978, 136 с
4. Москаленко Т.А. Фораминиферы средней юры Дагестана и некоторые новые данные по стратиграфии отложений этого возраста в Цмурском разрезе. Труды Института геологии Даг. филиала АН СССР. Т.2. 1961.

УДК: 551.24+553.98

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-80-88

КОНЦЕПЦИИ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ: ЕДИНСТВО ВЗГЛЯДОВ И ПРОТИВОРЕЧИЙ

Меликов М.М.

Институт геологии ДФИЦ РАН

Освещаются современные представления о процессах нефтегазообразования. Рассматриваются различные типы генезиса углеводородов. Основное внимание уделяется полигенезу их происхождения, а также их восполняемости и возобновляемости. Автор рассматривает УВ как геоматерию в форме криптоэнергонасителя.

Ключевые слова: генезис, полигенность, криптоэнергонаситель, геоматерия, клатраты, круговорот углерода, мезокатагенез, апокатагенез, материнские породы, концепция. Нафтидогенез, залежь, флюидопородная система.

CONCEPTS OF OIL AND GAS FORMATION: UNITY OF VIEWS AND CONTRADICTIONS

Melikov M.M.

Institute of Geology DFRC RAS

Modern ideas about the processes of oil and gas formation are highlighted. Various types of hydrocarbon genesis are considered. The main attention is paid to the polygenesis of their origin, as well as their replenishment and renewability. The author considers HC as geomatter in the form of a crypto-energy carrier.

Key words: genesis, polygenicity, crypto-energy carrier, geomatter, clathrates, carbon cycle, mesocatagenesis, apocatagenesis, source rocks, concept. Naftidogenesis, reservoir, fluid rock system.

Нефть—это Кровь цивилизации. Можно без преувеличения сказать, что нефть отныне обосновывает наше бытие. Все, что происходит в мире экономики и политики связано с нефтью, или в какой степени имеет нефтяную подоплеку. Современное человечество — свидетельство тому. Исчерпание нефти обернулось бы катастрофой для всего человечества в целом и для каждого в отдельности. И, одновременно, потребление нефти увеличивает содержание вредных веществ в атмосфере и усугубляет "парниковый эффект, последствия которых мы ощущаем уже сегодня — природно-климатические катаклизмы. (Иваненко А., 2014).

Однако вопросы происхождения нефти и газа на протяжении, почти, 200 лет не стихают, актуальны и по настоящее время.

Почти все геологи в XX веке увлекались нефтематеринскими свитами. Известный в нашей стране и зарубежом, геолог-нефтяник Н.П. Запивалов в начале своей геологической деятельности был активным сторонником органической теории происхождения нефти. Но многолетний опыт работы автора в нефтегазовой геологии привел к выводу об ограниченной применимости классической теории. Кстати, А. Леворсен в конце прошлого века пришел к выводу, что нефтематеринские толщи никакого отношения к практике поисково-разведочных работ не имеют. Он утверждал: «Проблема происхождения нефти и газа теряет в какой-то мере свое значение в качестве обязательной предпосылки для постановки поисковых работ. <...> нет необходимости искать особые материнские породы» [1, с. 488].

Профессор Н.П. Запивалов придерживается позиции, не предполагающей приверженности какой-либо одной концепции генезиса нефти. Создать общую теорию нафтидогенеза, пригодную для любых геологических условий, видимо, невозможно. Катагенетическая стадийность тоже не является универсальной. Академик Андрей Алексеевич Трофимук утверждал: «Нижняя граница зоны нефтеобразования должна быть понижена до глубины 8000-10000 м. Бурением глубоких скважин доказано, что на этих глубинах нефтеобразование происходит не только в условиях мезокатагенеза, но и в условиях апокатагенеза. Расширение границ зон

нефтеобразования сопровождается существенным ростом прогнозной оценки ресурсов углеводородного сырья» [2, с. 333].

Н.П. Запивалов считает, что главным объектом нефтегазовых исследований является флюидопородная система – залежь нефти (эмерджентное скопление углеводородов [3]. (Эмерджентность – свойство любой системы, согласно которому при объединении элементов в систему, эта система начинает обладать новыми свойствами, неравными свойствами сумме свойств, составляющих ее элементов).

Развитие нефтегазового дела стало одной из ключевых задач человечества. В мире открыто 70 000 месторождений нефти, из них 1000 крупных, более 65 стран осуществляют добычу нефти на своей территории. Все государства мира в той или иной степени используют углеводородное сырье для различных целей. Открываются новые источники углеводородов (традиционных и нетрадиционных), создаются инновационные методы и технологии их добычи и утилизации. Нефть и газ – энергия, топливо и сырье для многих потребностей человечества.

Ближе к концу XX столетия накопились серьезные противоречия, выявившие неадекватность существующих моделей нефтяных и газовых месторождений. Как правило, Большинство ученых-нефтяников придерживались органической (осадочно-миграционной) теории происхождения нефти, но, однако, некоторые противоречия сохранялись.

Бытует мнение, что, если молодые специалисты-нефтяники не придерживались органической теории происхождения, то их даже не трудоустраивали. Наука и техника развиваются, меняются взгляды на происходящее, и поэтому в настоящее время в мире насчитывается более 10 различных авторитетных мнений и концепций (теорий) нефтеобразования, включая биосферную, космическую и др.

Ниже нами рассматриваются некоторые из них.

В начале XXI века, происходящие в мире грандиозные изменения, в первую очередь, – пандемия, связанная с распространением коварного непредсказуемого вируса – Ковид-19, во-вторых, а также климатическими катаклизмами и геополитическими изменениями на международной арене, последствия которых мы ощущаем на себе уже в настоящее время, что предполагает определение дальнейшего развития человечества, по крайней мере, на протяжении текущего столетия.

Запасы основных энергоносителей – углеводородов (УВ) сокращаются или растут недостаточными темпами, связанные со многими причинами.

Но однако, по настоящее время не утихают споры по вопросам нефтегазообразования, поскольку в нашем тысячелетии вопросы УВ, как главных энергоносителей являются главным определяющим фактором развития многих отраслей экономики большинства стран мира.

Кратко рассмотрим современные взгляды на происхождение нефтегазообразования.

Разработка общей теории нефтегазоносности, во многом будет зависеть от уровня развития отдельных наук и от общего состояния применяемой методологии при их исследованиях. Используя последние достижения естественно-математических и исторических наук, необходимо дать более полное определение задач и/или целей изучения той или иной научной геологической дисциплины, установить иерархию соподчиненности объектов исследований, выявить структурные и генетические типы связей между объектами данного направления геологической науки и другими ее ветвями; определить место конкретной научной дисциплины среди других геологических дисциплин. Все это справедливо и в отношении нефтегазовой геологии.

Скопления нефти и газа обнаружены во всех достаточно мощных осадочных бассейнах, выделяемых как на континентах, так и в периферийных частях Мирового океана независимо от возраста отложений и физико-географических условий. Нефтегазопрооявления встречаются в областях распространения метаморфических и кристаллических выступов фундамента платформ [4].

На протяжении, почти, 200 лет нефтяники отдавали предпочтение органической гипотезе происхождения углеводородов (УВ). На протяжении этого же периода времени выдвигались различные гипотезы и предпринимались немалые попытки по созданию единой (универсальной) теории генезиса УВ. В теоретическом плане эти концепции объединяет то, что процессы образования УВ происходят в осадочных бассейнах за счет преобразования органического вещества на стадиях диагенеза и катагенеза осадочных пород. Несмотря на то, что столько же лет осуществляется промышленная добыча нефти, до сих пор нет единого мнения об ее происхождении.

Понимание общих закономерностей нефтегазообразования и нефтегазонакопления в земной коре, согласно Б.А. Соколову (МГУ, 2001), позволяет подойти к созданию общей теории нефтегазоносности недр[5].

Касательно вопроса исчерпаемости и/или неисчерпаемости УВ-х ресурсов, то здесь на передний план можно выдвинуть генезис их происхождения. С позиций абиогенного происхождения нефти ее запасы на Земном шаре должны быть огромными, несопоставимы с таковыми, с позиций биогенного происхождения. Нефтяники-органики очень низко оценивают УВ-й потенциал Земли.

Приведем интересный исторический факт: с того момента времени, как отставной офицер ВС США А. Дрейк в 1859г. пробурил первую в мире скважину на нефть, трудно найти период более пяти лет, чтобы кто-либо не сигнализировал об истощении запасов нефти и о приближении энергетического кризиса[5].

Да, пожалуй, можно соглашаться и не соглашаться с этим, поскольку мы видим, что в настоящее время мировая финансово-политическая стабильность связана именно с нефтяным рынком.

Согласно данным американских исследователей (А.С. Ласага и Х.Д. Холланд, 1971), количество нефти, которую может продуцировать вся органика Земного шара, можно представить в виде слоя толщиной 2,5мм, равномерно покрывающего поверхность Земли. В случае абиогенной теории толщина такого слоя равнялась бы 10км, и, следовательно, количество нефти на Земном шаре с этой позиции в несколько млн. раз больше, по сравнению с биогенной позиции[6].

Происхождение УВ на современном этапе развития нефтегазовой геологии является ее основной проблемой и научной основой прогнозирования нефтегазоносности и научной базой геологоразведочных работ на нефть и газ, решение которой представляет не только научный, но и практический интерес.

Сторонники органической осадочно-миграционной концепции генезиса УВ выявили основные генетические связи нефтегазообразования и размещения скоплений нефти и газа в осадочном чехле литосферы. Они внесли большой научный вклад в решение вопросов детального изучения органического вещества горных пород, нефтей и газов, а также первичной и вторичной миграции УВ, формирования их залежей и т.д. Следует отметить, что вопросы, охватываемые данной проблемой, так сложны, что многие из них и по сей день не имеют однозначного научного решения, которые объясняются недостаточной изученностью их с позиций физических процессов, протекающих в земных недрах, определяющих их условия образования, генерации, миграции и аккумуляции [5].

В.И. Вернадский считал, что образование нефти – одно из проявлений процесса передачи энергии Солнца через живое вещество в глубокие слои планеты. Заслуживают внимания высказывания И.В. Высоцкого, считающего нефть и газ формой посмертного существования биологической энергии.

На кафедре геологии горючих ископаемых МГУ происходила планомерная разработка универсальной концепции – общей теории нефтегазоносности Земли (Б.А. Соколов), в основу которой положена флюидодинамическая концепция нефтегазообразования [5].

При создании общей теории нефтегазообразования постулируется попытка объединения, существующих сегодня, органического и неорганического генезиса. Однако ее реализация связана с большими трудностями. Причина состоит в том, что в соответствии с новыми данными, в особенности по результатам исследований дна Мирового океана, формирование скоплений УВ в осадочном разрезе происходит не за счет «микронефти». Как оказалось, аномальные концентрации ОВ битумов (включая «микронефть») и УВ-х газов в породах связаны с утилизацией потоков глубинных УВ-х флюидов, формирующихся в благоприятных условиях и скопления УВ, а также разгружающихся насквозь в гидросферу и атмосферу [5, стр. 53-54].

В последние годы также разрабатывается новая концепция нефтегазообразования. Наряду с механизмами биогенного и абиогенного синтеза УВ, новая концепция, как обязательные элементы, учитывает периодическое поступление на Землю кометных углерода и воды, и их последующее участие в глобальном геохимическом круговороте вещества на планете, охватывающем ее атмосферу, гидросферу, а также породы земной коры и мантии. Идея круговорота позволяет совместить лучшие стороны органической и минеральной теорий нефтегазообразования, лишив их, правда, претензий на универсальность [6, стр.31].

Поставщиком УВ в залежи являются процессы глубинной углеводородной дегазации утверждают сторонники абиогенной концепции. Частая приуроченность месторождений УВ к приподнятым блокам кристаллического фундамента является установленным фактом. Причиной такого контроля является неорганический синтез нефтяных УВ из воды и углекислоты в восстановительных средах глубинных мантийных очагов. Затем наступает разрыв сплошности вышележащих пород и заполнение коллекторов осадочного разреза. Установлено также наличие скоплений УВ в породах кристаллического фундамента и даже щитах. Синтез УВ из неорганических веществ в восстановительной среде при высоких температурах и давлении, отвечающих условиям верхней мантии, подтвержден экспериментально [7].

Согласно А.Н. Дмитриевскому [8], концепция полигенеза нефти и газа предполагает возможность образования месторождений нефти и газа за счет: биогенных и абиогенных источников; преобразования органического вещества, сбора «микронефти» в залежи с дополнительной подпиткой глубинными УВ; органического материала, прошедшего глубинное преобразование (субдукционная нефть). Эти предположения укрепляют позиции обеих концепций. При этом сторонники органической концепции получают механизм сбора, рассеянной в осадочных породах, микронефти в залежи, сторонники же неорганической концепции – реальный механизм транспорта глубинных флюидов и имеют возможность обосновать наличие абиогенных УВ в удаленных от разломов и ослабленных участков земной коры внутриплатформенных месторождений нефти и газа; объединить положительные стороны обеих концепций и на новой теоретической базе оценить мировые ресурсы нефти и газа [8, стр. 105].

Наряду с вышеперечисленными концепциями, в последнее время большое внимание исследователей привлекает концепция расширяющейся Земли, у истоков которой стоял русский ученый И.О. Янковский [9]. Он и его последователь австралийский геолог У. Кэри [10] считают, что в центрах вращающихся космических тел происходит образование энергии и массы вещества в пропорции, определяемой формулой А. Эйнштейна $E = mc^2$. Образование энергии и массы приводит к расширению небесных тел и импульсному энерго-, массо-переносу из центров космических тел во Вселенную.

Радиус Земли в настоящее время увеличивается на 2 см в год по данным НАСА, основанным на наблюдениях из космоса, аналогичная величина получена и по другим данным [11].

К.Е. Веселов [11] подробно аргументировал концепцию расширяющейся Земли с геофизических, геологических, энергетических и космологических позиций. Он пришел к выводу, что за последние 500 млн. лет масса Земли и сила тяжести увеличились приблизительно в два раза. Вследствие вращения по эллиптической орбите Земля испытывает ускорение и замедление.

Образующаяся при этом энергия инерции и гравитации переходит в инертную массу. По расчетам К.Е. Веселова Земля получает за год $5 \cdot 10^{39}$ эрг гравитационной энергии. За 1 сек. Земля получает в 2,5 раза больше гравитационной энергии, чем за год солнечной энергии в виде тепла и света. За счет перехода гравитационной энергии в инертную массу увеличивается масса и размер Земли. При образовании инертной массы за счет энергии должны первоначально появляться наиболее простые молекулы и химические соединения. В действительности простые химические элементы и их соединения в больших количествах поступают из недр Земли в приповерхностную зону в процессе дегазации в виде водорода, гелия, азота, аргона, оксида и диоксида углерода, метана, воды и др.

Многие процессы, рассматриваемые в петрологии, требуют восстановительной обстановки, которая, по мнению А.А. Маракушева, Ф.А. Летникова [12] и других, создается вследствие поступления водорода, изначально находившегося в ядре Земли, в вышележащие геосферы. Возможно, что водород, необходимый для создания требуемой восстановительной обстановки, может образовываться в объеме Земли в результате вышеупомянутых процессов, связанных с концепцией ее расширения.

Следует отметить давно известный и установленный факт, что с момента начала «Большого Взрыва» вещество Вселенной непрерывно расширяется и все объекты в ней (галактики и звезды) равноудалены друг от друга, в связи с концепцией расширяющейся Земли.

Следует также отметить, что пока теоретическая физика не в состоянии описывать достоверно процессы Большого Взрыва с самого начала и, вечно возникающий вопрос: «А что же было до Большого Взрыва?!» (по мнению известного английского физика С. Хогинса, носит метафизический характер, поскольку это состояние не отразилось на нынешней Вселенной), то вполне возможно, что вопросы, связанные с происхождением Земли и всей Вселенной, а также и с генезисом УВ, будут носить приближенный (с точки зрения диалектики – «относительность») характер.

Исходя из полигенеза нефтегазообразования, на наш взгляд, УВ – это полигенная (био-генно-абиогенная) форма существования «геологической материи», образованные в широком диапазоне термо-барических условий из биогенных и абиогенных источников в результате биохимических и/или химических реакций, в виде «криптоэнергоносителей», составляющие которых заложены, возможно, уже на геологическом этапе развития Земли, хотя нельзя исключить и планетарный этап.

Под введенным нами термином «криптоэнергоноситель», следует понимать погребенные формы геоматерии в виде скрытой энергии биогенно-абиогенного происхождения.

В поисках ресурсов энергии и минерального сырья большие надежды возлагаются на обнаружение их в коре океана и извлечения некоторых видов из океанической среды [13]. Но это трудоемкая и неэффективная работа.

Большого внимания заслуживает высказывание академика А.А. Трофимука о том, что в коре океана и Сибири заключены огромные запасы газогидратов (клатраты), в которых аккумуляровано больше энергии, чем в углях месторождений всего мира [13].

В работе [14] пишется о том, что грозит ли нам нефтяной кризис? – Да, если не сумеем изменить существующую сейчас ситуацию с поисками, разведкой и разработкой УВ.

Б.А. Соколов и А.Н. Гусева [15] отметили быстроту современного образования углеводородов, приводящую к восстановлению запасов на разрабатываемых площадях. Они связывают это с быстрым протеканием химических реакций преобразования органического вещества в углеводороды.

Известны факты воспроизводства залежей УВ после остановки их эксплуатации в течение длительного периода времени, что позволяет ввести существенные коррективы в стратегию

разработки месторождений путем консервации ранее эксплуатируемых скважин. Это положение основывается на новых данных о масштабах и скорости вертикальной миграции УВ [15].

О скоростях и масштабах миграции газовых УВ можно судить по Храму Огнепоклонников в Азербайджане, где «вечный огонь» несколько столетий функционирует, или по грифонам Берикейского геотермального месторождения, которые выделяют огромное количество УВ-х газов, а также ряд др. примеров. А что касается скоростей миграции жидких УВ, то в качестве примеров можно привести месторождения Чечни (Старогрозненское – конец XIX в., Карабулак-Ачалуки – XX в, 1956г) и Дагестана (Селли, Ачи-Су – газ, Гаша – нефть). В последних наблюдается восстановление залежей, примерно через 25-30 лет после эксплуатации. В некоторых скважинах Ачи-Су, пробуренных в 80-90-х г.г., наблюдались восстановления до начальных пластовых давлений, несмотря на то, что несколько скважин до сих пор находятся в эксплуатации. В этом же месторождении (скважина №124) даже после окончания срока эксплуатации до сих пор наблюдаются периодические проявления газа (выброс через клапанное устройство). Кроме того, с давних времен в Предгорном Дагестане известны многочисленные факты нефтегазопоявления на дневную поверхность, продолжающиеся и по настоящее время. Такие проявления известны в районе Дылыма, Миатлы, Талги, Уй-Таш, в пределах Нарат-Тюбинского хребта. А в Равнинном Дагестане – неглубокие артезианские скважины с газопоявлениями [16].

Согласно М.Г. Макаровой и др., за 10 лет военных действий в Чечне, в результате которых затормозили планомерную добычу нефти, при восстановившихся пластовых давлениях, она прошла через толщу майкопских отложений, пополнила природный резервуар неогенового возраста и стала высачиваться на поверхность земли, преодолев несколько км осадочного чехла по вертикали, скорость миграции которой составила несколько сотен метров в год. Это дает возможность оценить скорость и масштаб вертикальной миграции нефти в настоящее время и судить о воспроизводимости УВ сырья [14].

До недавнего времени УВ ресурсы считались невозобновляемыми, вытекающие из доминирующих представлений об их органическом происхождении из захороненных органических веществ осадочных образований. Второе предположение, вытекающее из последнего, – надежная консервация и сохранность их скоплений в коллекторах со времени их формирования из нефтематеринских пород [17].

К решению проблем образования нефти и газа с точки зрения как биогенной, так и абиогенной в последние годы появились многие факты, доказывающие ограниченность традиционного подхода, которые подтверждаются, относительно, быстрыми пополнениями запасов УВ в процессе эксплуатации, не совместимые с биогенной теорией. А с другой стороны – сильная вариация состава поступающих УВ из недр, которая не объясняется их абиогенным синтезом на больших глубинах с точки зрения минеральной теории.

Согласно разработанной биосферной концепции нефтегазообразования А.А. Баренбаум, главная роль в процессах формирования залежей нефти и газа принадлежит глобальному геохимическому круговороту вещества. Подвижный углерод вместе с водами многократно пересекает поверхность планеты, и участвующий в нем, входя в состав живых организмов и минеральных агрегатов, он часто меняет свою химическую формулу и изотопный состав. Из-за плохой растворимости в воде УВ в земной коре выделяются в отдельную фазу, которая, заполняя ловушки, и формирует нефтегазовые скопления. Будут ли эти залежи представлены нефтью или газом, зависит от типа ловушек и термобарических условий накопления УВ. При хорошей изоляции покровы в ловушках накапливается газ, а при худших изоляционных свойствах – нефть [18].

Р.Х. Муслимов приходит к выводу о наличии факта миграции УВ из зон деструкций фундамента в осадочный чехол по зонам многочисленных разломов и утверждает о «подпитке» нижних горизонтов Ромашкинского месторождения «УВ-м дыханием» фундамента. Нефть является продуктом как биогенного, так и абиогенного происхождения, и это можно считать доказанным.

Теперь следует доказать сколько (количественно) нефтей того и другого происхождения [19]. Вопрос, конечно, очень интересный!

Здесь следует отметить, как нам кажется, что определение количества полигенетически (отдельно биогенных и абиогенных) образованных нефтей весьма сложная химико-математическая задача, поскольку в процессе миграции УВ и их формировании в залежи вполне возможны процессы контоминации (перемешивание и/или «загрязнение») одних другими.

Курбанов М.К. выдвинул концепцию о глубинной коровой гидрогеотермосфере (КГГ), которая базируется на предположении, что на глубинах 8-15 км и меньше в результате роста температуры, вследствие повышения фильтрационных параметров горных пород (за счет развития микротрещин гидроразрыва при уменьшающейся, из-за уплотнения, пористости), уменьшения вязкости воды и как следствие – резкого ослабления сил молекулярного взаимодействия между частицами скелета горных пород и флюидами, в основании осадочной толщи формируются крупномасштабные высокопроницаемые флюидизированные гидрогеологические структуры [20].

Аргументами в пользу существования КГГ, согласно М.К. Курбанову, служат наличие на глубинах 10-15 км высокоэлектропроводящих слоев-волноводов, сосредоточенность в этом интервале более 90% очагов землетрясений, ассоциация разнородных аномалий – гидродинамических (АВПД, высокие дебиты скважин), геохимических (концентрации редких элементов и газов глубинного происхождения) и геотермических (высокие температуры недр) – в предполагаемых участках КГГ (Тарумовка, Берикей, Датых и, возможно, других). Мощность КГГ определяется геотермическим режимом, геолого-тектоническими условиями региона и предположительно составляет несколько тысяч метров. Проницаемость горных пород и тепломассоперенос в КГГ обуславливается в основном трещинами гидроразрыва, которым подвергаются глинистые и песчано-карбонатные породы, в результате чего грань между водоупорами и водоносными горизонтами стирается [20].

На наш взгляд, исходя из [20], приуроченность месторождений УВ к осадочным бассейнам можно объяснить не накоплением и преобразованием органического вещества в этих же бассейнах, а тем, что только в осадочных бассейнах создаются благоприятные условия для сохранения залежей УВ, т.е. может существовать региональная покрывка, способная удерживать их залежи, поскольку на больших глубинах, откуда и происходит «подпитка» залежей глубинными УВ, «грань между водоносными горизонтами и водоупорами стирается», т.е. отсутствует покрывка. Приведенный аргумент свидетельствует о беспрепятственной миграции глубинных УВ через эти «нефтяные окна» в осадочные бассейны, в которых имеются благоприятные условия для формирования их залежей. [20].

Ранее [21, стр.53] нами было высказано предположение о существовании дренажной оболочки земной коры. Восточно-Предкавказский артезианский бассейн, являющийся частью глобальной (Среднекаспийской) артезианской системы, мы представляем в виде крупного очага дренажной оболочки земной коры, в которой есть «горячая точка» (М.К.Курбанов, 2001), где и происходит формирование всех энергетических, термоминеральных и углеводородных ресурсов. Видимо, отсюда и идет «подпитка» нефтегазовых месторождений, расположенных в этом регионе, «УВ-м дыханием» фундамента.

С другой стороны, сторонники органической теории отрицают возможную нефтегазоносность магматических и метаморфических пород фундамента, несмотря на то, что известно более 200 нефтяных и газовых месторождений УВ в породах фундамента (в т. ч. крупные и гигантские), которые полностью или частично находятся в кристаллическом фундаменте.

Идея о взаимодействии двух разнонаправленных вещественно-энергетических потоков при генерации нефти и газа открывает путь к компромиссу органической и неорганической теориями происхождения УВ. В связи с этим можно отметить рост числа сторонников абиогенно – биогенных механизмов образования нефти и газа.

Интересным открытием в конце 70-х годов прошлого столетия явилось обнаружение скоплений твердого метана или газогидрата, (клатрата, согласно Б.А.Соколову [22]). Зоны газогидратов занимают огромные площади, имеющие мощность от 200 до 400м и располагающиеся обычно на глубинах 0,2-1,0км от уровня дна водоема.

Согласно А.А. Баренбаум [22], газогидраты представляют собой кристаллы из молекул воды, в решетке которых пустоты заполнены молекулами газа. Эти образования стабильны лишь в ограниченном диапазоне температур (70-350 К) и давлений ($2 \cdot 10^{-8}$ - $2 \cdot 10^3$ МПа), которым отвечают поверхностные зоны дна океана, а на континентах – участки вечной мерзлоты. Примерно 98% всех газогидратов рассредоточено в акватории Мирового океана, в основном на шельфе и континентальных склонах материков. Согласно [18], возраст газогидратов в зависимости от предполагаемого механизма образования и условий залегания допускается как современный, так десятки тысяч и даже миллионы лет.

Принципиальных различий в формированиях нефтегазовых залежей, и газогидратов нет. Те и другие возникают вследствие круговорота углерода через земную поверхность с участием метеогенных вод. Среднее время аккумуляции аквамариновых газогидратов составляет, примерно 1-10 лет. Но мы предполагаем, что при глобальном потеплении климата Земли (а к этой проблеме в последнее время уделяется все большее внимание, как ученых всего мира, так и мировую общественность) газогидраты (особенно в мелководных частях) могут полностью или частично исчезнуть, но при этом его компоненты могут участвовать в очередном геохимическом круговороте.

Следует также отметить, что в разрабатываемых последние годы концепциях глубинного генезиса нефти и газа ведущая роль отводится локализованным потокам углеводородных флюидов и контролирующим их каналам, восполнению залежей нефти и газа в процессах их разработки и т.д. Сфера использования идей по генезису нефти и газа расширилась и охватывает уже не только нефтегеологические аспекты, но и аспекты, связанные с разработкой скоплений УВ [20].

Краткий литературный анализ, позволяет нам сделать следующие выводы:

–УВ – это полигенетичная (биогенно-абиогенная) форма существования «геологической материи» в виде «криптоэнергоносителей», составляющие которых, заложены уже на геологическом этапе развития Земли, хотя нельзя исключить и планетарный этап;

– концепцию о КГГ можно считать аргументом в пользу поступления глубинных УВ абиогенного генезиса;

– концепция множественности механизмов нефтегазообразования значительно расширяет поисковое поле УВ;

– биосферная концепция нефтегазообразования и газогидратов исчерпывает вопрос о невозобновляемости ресурсов УВ;

– исходя из [20], можно предположить, что Восточно-Предкавказский нефтегазоносный регион также «подвергается подпитке» «УВ-м дыханием» мезозойского фундамента; для полной уверенности необходимо провести более детальные исследования на молекулярном уровне УВ-го состава ОВ мезозойского кристаллического фундамента Восточного Предкавказья.

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать следующее: с точки зрения биогенной теории запасы УВ-х ресурсов – исчерпаемы (невозобновляемы во временном масштабе), а из абиогенной – неисчерпаемы (возобновляемы).

Таким образом, полигенез концепций нефтегазообразования можно условно назвать «гарантом» их возобновляемости, а сторонникам всех концепций нефтегазообразования надо быть взаимно компромиссными и сделать так, чтобы накопленный научный потенциал по этой проблеме был востребован практикой, и тогда нефтегазовая геология продвинется вперед к новым открытиям месторождений.

*Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН
рег. номер 1021060808457-2-1.5.6.*

Литература

1. Леворсен А. Геология нефти и газа. Мир, Москва, 1970. Серия «Науки о земле», т. 22. – 638 с.
2. А.А. Трофимук. Сорок лет борения за развитие нефтегазодобывающей промышленности Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1997. – 369 с.
3. Н.П. Запивалов Фундаментальные основы нефтегазовой геологии. Современные аспекты» ж-л «Neftegaz. RU» (№7, Июль 2020
4. Созанский В.И. Исчерпаемость ресурсов нефти и газа с позиций органической и неорганической теорий нефтегазообразования. В кн.: «Генезис углеводородных флюидов и месторождений». Москва. ГЕОС, 2006.314с.
5. Соколов Б.А. Новые идеи в геологии нефти и газа.// Избр. Тр., МГУ 2001., С.479.
6. Валяев Б.М. Генезис нефти и газа: перспективы дальнейших исследований в канун смены парадигмы. В кн.: «Генезис нефти и газа». М. ГЕОС., 2003. С. 461.
7. Кисин. А.Ю., Коротева В.А., Сазонов В.Н. О возможном генезисе углеводородов над выступами кристаллического фундамента платформ // В кн.: «Генезис нефти и газа». М. ГЕОС., 2003. С. 461.
8. Дмитриевский А.Н. Полигенез нефти и газа. В кн.: «Генезис нефти и газа». М. ГЕОС., 2003. С. 461.
9. Ярковский И.О. Всемирное тяготение как следствие образования весомой массы внутри небесных тел. М., 1889.
10. У. Кэри. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. М.:Мир,1991. С.447.
11. Веселов К.Е., Карус Е.В., Савинский К.А. и др. Физико-геологические основы глобального рифтогенеза. Изд. МГУ. 1993. 127 с.
12. Маракушев А.А., Летников Ф.А. Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы. // М.: Наука, 1992. С. 208.
13. ТрофимукА.А. и др. Газогидраты – новый источник углеводородов//Природа.1979. №1.
14. Макарова М.Г., В.Д. Скарятин. Грозит ли нам нефтяной кризис? В кн.: «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа». Москва. ГЕОС, 2004. 577 с.
15. Соколов Б.А., Гусева А.Н. О возможной быстрой современной генерации нефти и газа // Вестн. МГУ, Сер.4. Геология. 1993. №3. С. 39-46.
16. Меликов М.М. История развития концепций нефтегазообразования и вопросы возобновляемости углеводородов: смена и единство взглядов в новом тысячелетии. ТР. ИГ ДНЦ РАН, Махачкала, 2009г., Вып.№55, С. 226-235
17. Баренбаум А.А. Новая концепция образования нефтегазовых залежей// VII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Москва. 2005, том 1, 331 с.
18. Муслимов Р.Х. Потенциал фундамента нефтегазоносных бассейнов – резерв пополнения ресурсов углеводородного сырья в XXI веке. В кн.: «Генезис нефти и газа». М.: ГЕОС., 2003. С. 461.
19. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М., 2001. С. 219–221.
20. Меликов М.М. К вопросу о существовании дренажной оболочки земной коры и ее влиянии на формирование глубинных флюидов и углеводородных ресурсов Восточного Предкавказья. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Южного Федерального округа.// Тр. ИГ ДНЦ РАН., Вып. 50. Махачкала., 2006. С.334.
21. Соколов Б.А. Углеводородная сфера Земли. В кн.: Новые идеи в геологии нефти и газа. Избр. Тр. МГУ, 2001. 480 с.
22. Баренбаум А.А. Аквемаринные газогидраты: происхождение и время аккумуляции. В кн.: «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа». Москва. ГЕОС, 2005.510с.

УДК 551.4.03

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-89-93

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ, МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ ОБЛАСТИ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА И ПЕРЕДОВЫХ ТРЕТИЧНЫХ ХРЕБТОВ

*Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Ахмедов А.С., Юсупов З.А., Мамаев А.С.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

В данной статье дается характеристика изученных нами стратиграфических, минералого-петрографических и тектонических типов памятников природы области Предгорного Дагестана и Передовых третичных хребтов. Даны описания семи объектов и их научно-познавательное и эстетическое значение.

Ключевые слова: Предгорный Дагестан, третичный возраст, природные памятники, платообразные возвышенности, хребты, обнажения, глины, песчаники.

STRATIGRAPHIC, MINERALOGICAL-PETROGRAPHIC AND TECTONIC MONUMENTS OF NATURE IN THE REGION OF THE FOOTHILLANT DAGESTAN AND THE ADVANCED TERTIARY RIDGES

*Yusupov A.R., Mamaev S.A., Akhmedov A.S., Yusupov Z.A., Mamaev A.S.
Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the RAS*

This article gives a description of the stratigraphic, mineralogical-petrographic and tectonic types of natural monuments studied by us in the Piedmont Dagestan region and the Peredovye Tertiary Ranges. Descriptions of seven objects and their scientific, cognitive and aesthetic significance are given.

Key words: Piedmont Dagestan, Tertiary age, natural monuments, plateau-like uplands, ridges, outcrops, clays, sandstones.

Область Предгорного Дагестана простирается широкой полосой (25-50 км) от р. Аксай на западе, до р. Самур на юго-востоке[3]. Эта полоса, имеющая восточное направление, на западе дугообразно поворачивается от р. Сулак (Дагестанского клина) на юго-восток. Наибольшая ширина ее (50 км) достигается между рек Сулак и Манас-озень. Средняя высота этой области находится в пределах 500-700 м. Морфологически она представляет собой полосу параллельных платообразных возвышенностей и хребтов, сложенных палеоген-неогеновыми и четвертичными отложениями. Из которых наибольшее площадное распространение получили миоценовые песчано-глинистые отложения. Ими сложены возвышенности и хребты: Нарат-Тюбинский, Перджан и др. Нарат-Тюбинский хребет, имеющий наибольшую протяженность, пересечен рядом рек, обнажая прекрасные литолого-стратиграфические разрезы: Сулакский, Атлы-Бююрский, Талгинский, Манас-озеньский и другие [1].

В данной статье дается характеристика изученных нами стратиграфических, минералого-петрографических и тектонических типов памятников природы данной области.

Стратиграфический и геохронологический тип это выходы горных пород на земную поверхность, характерных для определенного геологического возраста; учитывая, что горный Дагестан представлен многими, хорошо обнаженными разрезами, включающими несколько геологических возрастов, дается описание наиболее характерных геологических разрезов (стратотипы) – эталоны для данного района и для корреляции с разрезами соседних районов.

Учитывая, что литолого-стратиграфические разрезы имеют большое количество слоев и большие мощности, характеристика дается сокращенно, попарно.

Минералого-петрографический тип – это обнажения особо интересных или типичных горных пород, а также пород с редкими минералами, сюда же отнесены следы древних разработок,

разрабатываемые (эталонные) месторождения полезных ископаемых с хорошо выраженными минеральными ассоциациями [2].

Тектонический тип – это образования, свидетельствующие о движениях земной коры и о вулканизме (складки, разломы, потухшие вулканы).

1. Стратиграфические типы. Атлы-буйонское обнажение находится в 14 км на запад от г. Махачкалы, по дороге в г. Буйнакск (на подъеме к Атлы-буйонскому перевалу).

Обнажение сложено чередующимися толщами песчаников и аргиллитов чокракского горизонта миоценового возраста. Примечательно оно тем, что на поверхности песчаников четко наблюдаются волноприбойные знаки (морского дна), указывающие на отложения чокракского горизонта в мелководном море, в его прибрежной области.

Обнажение это расположено у дороги, где песчаники (с волноприбойными знаками на поверхности) круто падают на северо-восток (на дорогу) и хорошо наблюдаются с дороги. Большой интерес представляют в этой песчано-глинистой толще круто выклинивающиеся линзы и обрыв пластов песчаников подводно-оползневого происхождения в чокракском море, которые тоже можно наблюдать вдоль дороги.

Сохранение этих обнажений необходимо для обозрения любителями природы.

Обнажение имеет научное и эстетическое значение.

Манас-Озенский разрез неоген-палеогеновых и верхнемеловых отложений. Составлен по р. Манас-Озень в районе сс. Карабудахкент и Губден (сверху вниз).

Верхний миоцен.

1) Верхне-сарматский подъярус – чередование глин, песчаников и известняков, мощностью 900 м. 2) Средне-сарматский подъярус – чередование глин, песчаников, органогенных и глинистых известняков. Преобладают песчаники, мощностью 850 м. 3) Нижнесарматский подъярус – мощные толщи глин с прослоями мергелей, мощностью 160 м.

Нижний и средний миоцен.

4) Конский и караганский горизонты – чередование толщ, глин и песчаников, мощностью 440 м.

5) Чокракский и тарханский горизонты – чередование мощных пластов кварцевых песчаников с толщами темных глин, мощностью 1000 м. 6) Майкопская толща (верхняя) – глины, мощность 160 м.

Эоцен.

7) Подсвита белых, бурых, зеленых мергелей, мощность 200 м.

Палеоцен.

8) Пестроцветная свита мергелей, мощность до 40 м.

Верхний мел.

9) Датский ярус – чередование известняков и мергелей, мощность 40 м.

10) Маастрихский ярус – известняки более трещиноватые, мощность 40 м.

11) Кампанский ярус – известняки белые пелитоморфные, мощность 130 м.

12) Сантонский ярус – известняки белые пелитоморфные, мощность 90 м.

13) Коньякский и туронский ярусы – чередование известняков, мергелей и глинистых известняков, мощность 150 м.

14) Сеноманский ярус – чередование известняков и мергелей, мощность 20 м. Разрез имеет научное значение как ПП (природный памятник).

Сулакский разрез неоген-палеогеновых отложений составлен по р. Сулак от с. Чирюрт до Миатлинского ущелья. Четвертичные отложения (апшеронский и акчагыльский ярусы) представленные чередованием песков, песчаников, глин и галечников, не полностью обнажены. Выше, по бортам реки Сулак, обнажены неоген-палеогеновые отложения, которые представлены следующими литологическими разностями по отделам и ярусам.

Верхний миоцен.

- 1) Мэотический ярус – чередование песчаников, глин, галечников, известковистых песчаников и известняков, мощность 500 м;
- 2) Верхне-сарматский подъярус – чередование песчаников, глин известняков с прослойками песков, мощность 1400 м;
- 3) Средне-сарматский подъярус – глины с прослойками конкреций глинистых сидеритов и мергелей, мощность 170 м;
- 4) Нижне-сарматский подъярус – глины известковистые с прослойками мергелей, мощность 130 м;

Нижний и средний миоцен.

- 5) Конкский и караганский горизонты – чередование глин, песчаников и мергелей, мощность 380 м;
- 6) Чокракский и тарханский горизонты – чередование мощных пластов и толщ глин и песчаников, мощность 800 м;

Олигоцен и нижний миоцен.

- 7) Верхний майкоп – глины с прослойками конкреций сферосидеритов в верхней части, мощность 410 м;
- 8) Нижний и средний майкоп – глины с прослойками алевролитов, мощность 800 м;

Эоцен.

- 9) Подсвита белых, бурых, зеленых мергелей, мощность 60 м;

Палеоцен.

- 10) Пестроцветная свита мергелей, мощность 45 м;

Талгинский разрез неоген-палеогеновых отложений составлен по Талгинскому ущелью, прорезающему Нарат-Тюбинский хребет и далее по Талгинской котловине в 8-12 км к югу от г. Махачкала.

Нижний и средний миоцен олигоцен.

- 1) Конкский и караганский горизонты – чередование толщ кварцевых песчаников и темно-серых глин, мощность 350 м;
- 2) Чокракский и тарханские горизонты – чередование мощных толщ темных глин и толстых пластов кварцевых песчаников, мощность 950 м;
- 3) Верхний майкоп – темные глины с конкрециями глинистых сидеритов в верхней части, мощность 380 м;

Олигоцен.

- 4) Нижний и средний майкоп – глины темные с редкими прослойками алевролитов, мощность 500 м;

Эоцен.

- 5) Подсвита белых, бурых, зеленых мергелей, мощность 80 м;

Палеоцен.

- 6) Пестроцветная свита мергелей, мощность 35-40 м.

Минералого-петрографические памятники.

Гийк-Салганское месторождение серы находится в Талгинской котловине (Буйнакский район) и расположено на юго-западном склоне ущелья Гийк-Салган, в 3 км от курорта Талги.

Это месторождение в плане представляет собой почти правильный квадрат со сторонами 150-170 м. Выходы сернистых пород расположены на крутом склоне, покрытом лесом на высоте примерно 300 м от дна ущелья.

Осернение приурочено к светло-серым известнякам верхнемелового возраста, имеет наложенный характер. Это хорошо заметно в разведочной выработке (штольне) длиной 15 м,

заданной с небольшим углом вниз (вглубь склона). Потолок и стенки выработки инкрустированы светло-желтыми серными корками, состоящими из тесно сросшихся между собой мелких (не более 1 мм) кристаллов серы. Наблюдаются выходы на поверхность гнезд серы в известняках и в мергелистой глине. По-видимому, выработка была задана в наиболее осерненной, трещиноватой зоне, в ней ощущается сильный запах сероводорода, а на глубине 5-7 м от выхода концентрация сероводорода (H_2S) настолько увеличивается, что становится трудно дышать. Был такой эпизод, - в 1979 году в этой выработке, на глубине 7 м был обнаружен задохнувшийся медведь, который в этой «берлоге» нашел себе смерть.

В серносных известняках много вторичного гипса, иногда отчетливо замещенный серой. Гипс и сера, многократно переслаиваясь, образуют своего рода «слоеный пирог». Толщина серных корок, как и полосок, сложенных кристаллами вторичного гипса, составляет 5-7 мм.

Переход серы в серную кислоту в зоне окисления способствует разрушению коренных пород (известняков), образованию в них пор, каверн, образованию прозрачных и розовых вторичных гипсов, каолиновидных пород и другим изменениям.

Гийк-Салганское месторождение серы разрабатывалось до революции. По современным требованиям оно не имеет теперь практического значения.

Однако оно имеет научное значение для изучения условий образования серных месторождений и развития зон окисления серы.

Оно имеет также большое значение для совершений экскурсий в связи с близостью его к городу Махачкала и курорту Талги.

Охране подлежит площадь 2,6 га.

Карабудахкентский карьер кварцевых (стекольных) песчаников находится в Ленинском районе и расположен в 6 км от ж.д. ст. Манас и в 3 км к востоку от с. Карабудахкент.

Месторождение сложено светлыми мелкозернистыми кварцевыми песчаниками караганского горизонта среднего миоцена. Мощность песчаников 13,5-35,3 м. Белые стенки карьера в форме амфитеатра впечатляюще выглядят на сером фоне окружающей местности, придавая живописность и красоту местности.

Запасы кварцевых стекольных песков на этом месторождении иссякли, однако карьеры, как красивые обнажения, имеют научное и эстетическое значение.

Тектонические памятники

Гора Кукурт-Баш (Кукур-тау) – куполовидное тектоническое поднятие расположено в Центральной части Талгинской котловины, в 12 км к юго-западу (по прямой линии) от г. Махачкала. Высота горы 900 м и она является доминирующей в предгорной области Дагестана. Эта структура имеет вытянутую форму длиной 6,5 км и шириной в среднем – 2 км. Структура сложена верхнемеловыми известняками, опоясанными лентами палеогеновых мергелей и глин. Она расчленена тектоническим разломом северо-восточного направления почти вертикального падения и с горизонтальным перемещением северного блока на юго-запад с амплитудой 600 м.

Структура интересна тем, что к ней приурочены Талгинские источники сероводородных вод с самым высоким содержанием сероводорода в мире. Речка Гийк-Салганская, протекающая вдоль северной стороны структуры, размыло северо-восточное крыло складки и образовало ущелье с одноименным названием, по бортам которого образованы оригинальные столбы выветривания. Кукурт-башский купол имеет большое научное и эстетическое значение и подлежит учету как ППМ.

Каякентская флексура-сброс расположена к западу от автомагистрали Ростов-Баку, между рр. Инчхе-озень и Гамри-озень и представляет собой наглядно наблюдаемый тектонический элемент. Здесь над крутым склоном желто-серой лентой дугообразно простирается толща пластов известняков верхнесарматского подъяруса, в средней части которой расположена флексура,

сопровождающаяся нарушением сплошности (сброс) на некоторую глубину. С дороги хорошо виден этот сброс с надвинутыми один над другим разорванными пластами.

Флексура имеет большое научное и учебное значение и её необходимо сохранить при разработке месторождения известняков на бутовый камень. Площадь около 0,5 га.

Таким образом, нами охарактеризована малая часть изученных типов природных памятников области Предгорного третичного Дагестана. Этот список пополняется в ходе полевых исследований [1-9].

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН рег. номер 1021060808457-2-1.5.6 и 1021060808460-6-1.5.6.

Литература

1. Юсупов А.Р., Черкашин В.И. Геолого-географические памятники Дагестана. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 62. С. 169-172.
2. 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.
3. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Геологические памятники области предгорного Дагестана. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 3(82). С. 98-100.
4. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Черкашин В.И. Области распространения и типы геологических памятников Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2014. вып. № 63. С. 335-340.
5. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Алхулаев К.Г., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Геологические памятники природы низменного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. № 4(83) 2020. С 95-97.
6. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Мамаев А.С., Алхулаев К.Г., Юсупов З.А. Минералого-петрографические и геоморфологические памятники природы низменного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2021. № 1 (84). С. 95-98.
7. Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Природные памятники высокогорного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1 (80). С. 121-123.
8. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Гидро-минеральные и живописные природные памятники низменного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2021. № 3 (86). С. 86-93.
9. Юсупов А.Р., Курбанисмаилова А.С., Алхулаев К.Г., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Влияние антропогенного фактора на химический состав озер засушливых районов Дагестана на примере Большое и Малое Турали // Аридные экосистемы. Москва 2021, Том 27, № 4. С.110-114.

Информация для авторов

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

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

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

Правила оформления рукописи в журнале

Название журнала: "Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН".

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

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

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

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

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

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

6. Основные структурные элементы статьи:

- Заголовок (Название) статьи
- Аннотация
- Ключевые слова
- Введение
- Материалы и методы
- Результаты и обсуждение
- Выводы (иногда Заключение)
- Список литературы

Тексты статей будут проверяться на плагиат на специальных сайтах. Рукопись должна быть окончательно проверена, датирована, подписана всеми авторами. Допускается отправка по электронной почте отсканированных листов публикации с подписями авторов.

Технические требования

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

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

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

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

Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

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

5. Список используемой литературы дается в конце статьи в алфавитнохронологическом (по первому автору) порядке: вначале на русском, а затем на английском и

6. Список литературы других иностранных языках. Авторский коллектив приводится полностью. В списке литературы даются только опубликованные работы. Ссылка в тексте на литературу дается в квадратных скобках или в круглых скобках (автор, год); ссылки на рисунки и таблицы также даются в круглых скобках. 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.

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

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

Рукописи, оформленные с нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.

Адрес редакции:

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

© Институт геологии ДФИЦ РАН

© Коллектив авторов

ISSN: 2541-9684

Научное издание

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

ПИ № ФС77-67725 от 10 ноября 2016 года

Ежеквартальный научный журнал
"Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН"
Выпуск № 1 (88) 2022

Издаются по решению ученого совета ИГ ДФИЦ РАН

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

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

Подписано в печать 20.04.2022 г. Формат 60×84^{1/8}.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 11,2. Уч.-изд. л. 6,4. Тираж 200 экз. Заказ №22-04-125.



Отпечатано в типографии АЛЕФ
367002, РД, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 64
Тел.: +7 (8722) 935-690, 599-690, +7 (988) 2000-164
www.alefgraf.ru, e-mail: alefgraf@mail.ru