



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Дагестанский федеральный
исследовательский центр РАН
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

ISSN: 2541-9684

№ 2(97), 2024
Ежеквартальный
научный журнал

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

Учредитель: Издаётся по решению Ученого совета Зарегистрирован в федеральной службе по надзору в сфере связи и
ДФИЦ РАН. Института геологии ДФИЦ РАН. массовых коммуникаций Российской Федерации (Роскомнадзор).
Журнал выходит 4 раза в год. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-81133 от 25.05.2021 г.

Научно-редакционный совет:

член-корреспондент НАН Азербайджана
д.т.н., ИПГ ДНЦ РАН,
академик РАН, Коми НЦ УрО РАН
д.г.-м.н., г.н.с., профессор ГИН РАН
академик РАН, ОНЗ РАН
д.ф.-м.н., профессор, Геофизический институт ВНЦ РАН,
д.г.-м.н., профессор, ИГиИС НАН Армении
д.ф.-м.н., Чеченская академия наук
член-корреспондент РАН, ОНЗ РАН
член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н., профессор, ДФИЦ РАН
д.ф.-м.н., профессор, ДГУ
академик РАН, ГИН РАН

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

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
к.г.н., в.н.с., профессор, ДФИЦ РАН
д.т.н., профессор, ДГУ
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., ДФИЦ РАН
д.ф.-м.н., г.н.с., ДФИЦ РАН
к.г.н., в.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
н.с., ИГ 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

Черкашин В.И.
(главный редактор)
Мамаев С.А.
(зам. главного редактора)
Алиев И.А.
Атаев З.В.
Ахмедов Г.Я.
Ахмедов С.А.
Ашурбеков Н.А.
Газалиев И.М.
Гусейнов А.А.
Залибеков З.Г.
Ибаев Ж.Г.
Идармачев Ш.Г.
Идрисов И.А.
Курбанисмаилов В.С.
Магомедов Р.А.
Маммаев О.А.
Мусаев М.А.
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 являются официальной позицией Института.

При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.

Адрес редакции: 367030, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 75

Адрес издателя (типографии): 367002, г. Махачкала, ул. С. Стальского, 50

Сайт в сети интернет: <http://www.igdficran.ru>, e-mail: dangeogis@mail.ru, dangeo@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.igdficran.ru>

Научное направление журнала – НАУКИ О ЗЕМЛЕ

1.6.1. Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика	Геолого-минералогические
1.6.2. Палеонтология и стратиграфия	Геолого-минералогические Биологические науки
1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых	Геолого-минералогические Технические
1.6.5. Литология	Геолого-минералогические
1.6.6. Гидрогеология	Геолого-минералогические
1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение	Технические
1.6.9. Геофизика	Геолого-минералогические Физико-математические
1.6.10. Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения	Геолого-минералогические
1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений	Геолого-минералогические Технические
1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов	Географические
1.6.14. Геоморфология и палеогеография	Географические
1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия	Физико-математические
1.6.20. Геоинформатика, картография	Физико-математические
1.6.21. Геоэкология	Геолого-минералогические Географические

ISSN: 2541-9684

Журнал является рецензируемым.

Журнал выходит 4 раза в год.

Тираж – 200 экземпляров

<http://elibrary.ru/> (РИНЦ)

<http://www.igdficran.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ДАГЕСТАНА <i>Юсупов А.Р., Тулышева Е.В., Алилова Г.А.</i>	4
МЕСТОРОЖДЕНИЕ КИЗИЛ-ДЕРЕ И ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИ ЕГО РАЗРАБОТКЕ <i>Исаков С.И., Тулышева Е.В.</i>	8
УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ НЕГАТИВНОЙ ТЕНДЕНЦИИ К ЕГО СНИЖЕНИЮ <i>Меликов М.М.</i>	12
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С. БАТАЮРТ (РЕСПУБЛИКА ДАГЕСТАН) <i>Самедов Ш.Г.</i>	22
ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ НОГАЙСКОГО РАЙОНА РД <i>Самедов Ш.Г.</i>	30
ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УЧАСТКАХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА У СЕВЕРНОЙ ОКРАИНЫ СЕЛЕНИЯ ДЫЛЫМ <i>Сулейманов В.К., Мамаев С.А., Идрисов И.А., Атаев З.В., Черкашин В.И.</i>	38
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА СЕЛЕОПАСНЫХ БАЛКАХ г. ДЖАЛГАН В ОКРЕСТНОСТЯХ г. ДЕРБЕНТА <i>Мамаев А.С., Ахмедов А.С. Сулейманов В.К.</i>	46
ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЬНЫХ СКАЛЬНЫХ ОТКОСОВ ВЕРХНЕГО ГУНИБА (ДАГЕСТАН) <i>Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Идармачев А.Ш., Магомедов А.Г.</i>	51
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИПОЦЕНТРОВ СОВРЕМЕННЫХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ СЕКТОРЕ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА <i>Магомедов Р.А.</i>	57
ИЗМЕНЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА СУЛАКСКОГО КАСКАДА ГЭС ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ (1974 – 2023 гг.) <i>Мусаев М.А.</i>	67

УДК: 553.435 (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-4-7

ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ДАГЕСТАНА

*Юсупов А.Р., Тулышева Е.В., Алилова Г.А.**Институт геологии ДФИЦ РАН*

В Дагестане выделяются бентонитовые глины в верхнемеловых, третичных и четвертичных отложениях. Они используются для приготовления буровых растворов, а так же как сорбенты при очистке водных флюидов, масел, вин, нефтепродуктов. Несмотря на наличие ряда месторождений в республике (Халгорское, Новолакское, Джинаби и др.) эти глины не используются в народном хозяйстве. Хотя геологи отмечают их высокое качество, не уступающее другим регионам Кавказа. В числе причин такого отношения к этому сырью, является и неясность генезиса глин и перспективность их запасов.

Ключевые слова. Монтмориллонит, бентонитовые глины, вулканические пеплы, минералы тяжелой фракции, цеолит, генезис, диагенез

QUESTIONS OF GENESIS OF BENTONITE CLAYS OF DAGESTAN

Yusupov A.R., Tulysheva E.V., Alilova G.A.

Institute of Geology DFRC RAS

In Dagestan, bentonite clays are distinguished in Upper Cretaceous, Tertiary and Quaternary deposits. They are used for the preparation of drilling fluids, as well as sorbents in the purification of aqueous fluids, oils, wines, and petroleum products. Despite the presence of a number of deposits in the republic (Khalgorskoye, Novolakskoye, Dzhinabi, etc.), these clays are not used in the national economy. Although geologists note their high quality, which is not inferior to other regions of the Caucasus. Among the reasons for such an attitude to this raw material is the uncertainty of the genesis of clays and the prospects of their reserves.

Keywords. Montmorillonite, bentonite clays, volcanic ashes, heavy fraction minerals, zeolite, genesis, diagenesis

До настоящего времени у геологов сложилась такая схема образования бентонитовых (монтмориллонитовых) глин: вулканические пеплы привнесенные со смежных территорий Кавказа - отложение их на территории Дагестана в разных фациальных условиях (море, суша) — преобразование в монтмориллонит. Это отмечается в работах [1,2, 3,7].

В Левашинском и Буйнакском районах работами Института геологии ДНЦ РАН установлены новые проявления четвертичных и неогеновых пеплов.

Во многих работах [4] показаны, что пеплы перенесенные на значительные расстояния практически не содержат тяжелой фракции. У нас же в тяжелой фракции пеплов отмечаются в процентах: пироксен -56,12; амфибол- 12,66; пироксен + амфибол с магнетитом- 17,91; магнетит— 4,48; турмалин— 2,35; ильменит- 1,28; рутил-0,71. Это минералы магматического происхождения и совершенно не окатаны. Отмечены такие минералы как ильменит, рутил, сфен, циркон, кианит — содержащиеся во вмещающих песчано-сланцевых породах. Их содержание в тяжелой фракции составляет менее одного процента, десятые и сотые доли процента. Это свидетельствует о том, что пеплы переносились по воздуху на незначительные расстояния. [8].

Изучение минералогии тяжелой фракции монтмориллонитовых глин показало, что в глинах отмечаются минералы - роговая обманка, пироксены, магнетит в преобладающем количестве, слабо или совершенно не окатанные. Что однозначно свидетельствует о происхождении глин за счет преобразования вулканических пеплов. В глинах, как и в вулканических пеплах, слабо проявлены минералы тяжелой фракции вмещающих отложений. Об этом же свидетельствует и слабая окатанность или совершенное ее отсутствие в минералах тяжелой фракции.

Изученные пеплы и глины Буйнакского и Левашинского районов, позволяют наметить такую схему: вулканическая деятельность —> образование пеплов —> преобразование их в бентонитовые глины. Молодые пеплы (ранне-плейстоценовые), отложившиеся на суше, отмечаются в настоящее время в виде пластов тефры, залегающей на коренных или рыхлых отложениях. [5].

На прилегающей суше к концу среднего эоцена, по-видимому, имели место эпизодические вспышки эксплозивного вулканизма, в результате чего в верхней части свиты зеленых мергелей на Левашинской площади образовались пластообразные и линзообразные тела пепловых туфов. В процессе диагенеза по вулканическому стеклу сначала образовывался монтмориллонит, а затем, при повышении рН поровых вод, и клиноптилолит, что привело к образованию горизонтов бентонитовых глин и бентонит-цеолитовых пород (фото.1).



Фото.1. Пластообразная залежь монтмориллонитовых глин. Левашинская площадь.

При проведении маршрутных исследований по программе «Поисковые работы на цеолиты и цеолитсодержащие породы на Левашинской и Рубасчайской площадях Нагорного Дагестана» было выявлено проявление монтмориллонитовых глин (бентонитов) на Рубасчайской площади. Участок расположен на правом берегу р. Дарвагчай в 2,5 км выше устья р. Барзанчай.[9]. Здесь в плоскости отрыва современного оползня вскрыты фрагменты разреза низов майкопской серии мощностью до 22 м. (фото. 2).

Доступные фрагменты разреза в 2008 г на мощность 22 м были опробованы штучными пробами, которые показали следующие результаты (табл. 1.).

Таблица 1.

Проявление минералов в разрезе правобережья реки Дарвагчай.

№№ п.п.	№№ проб	Наименование породы	Содержания минералов, %			
			кварц	глины	монтмориллонит	Другие. минералы
1	724/1	аргиллит	2±1	23±4	75±7	
2	724/2	аргиллит	7±2	23±4	67±7	Гп 3±1
3	724/3	аргиллит	3±1	15±3	82±7	
4	724/4	аргиллитоподобные глины	2±1	20±4	70±7	Гп 10±2
Среднее содержание компонентов			3,5	20,25	73,5	Натриярозит 3±1



Фото. 2. Дарвагчайское проявление монтмориллонитовых глин.

Исходным материалом для формирования монтмориллонитов в осадочном бассейне Дарвагчай возможно служили алюмосиликатные гели. Алюмосиликатные гели и глинистые минералы в морские и озерные бассейны поступают с речным стоком с суши. Благоприятным источником этих продуктов являются коры начальных стадий выветривания алюмосиликатных пород на выровненной суше, развивающиеся в условиях платформенного режима.

Практически установлено, что монтмориллонитовая минерализация Нагорного Дагестана в своей основе имеет смешанное (осадочное и туфогенно–осадочное) диагенетическое происхождение. (фото. 3). При разработке модели подобного типа в качестве параметров учитываются исходный для монтмориллонитообразующий материал (наличие в районе продуктов эксплозивного вулканизма), возраст формаций и их тектоническое положение, формационная и фациальная принадлежность, типы бассейнов седиментации, постседиментационные изменения.

При разработке вулканогенной модели, А.С.Михайловым установлено, что источником материала образования монтмориллонита служит тонкораздробленное вулканическое стекло (доалевритовой и пелитовой размерности). [6]. При попадании вулканического стекла в водную среду происходит его гидратация и растворение. Если рН водной среды менее 7,5-8, то начинается преобразование вулканического стекла в глинистые материалы. Растворение вулканического стекла быстро приводит к повышению рН окружающего раствора до 9,0 и выше. В результате этого прекращается образование глинистых минералов и развивается другой процесс – преобразование стекла в цеолиты..

В осадках при повышенных значениях рН иловых вод (8-9 и более) усиливался процесс разложения и преобразования пеплового материала, формирования смектитовых и цеолитовых минералов, растворения и трансформации биогенного опала в более устойчивые модификации (опал-кристобалита, кристобалита и микрокварца).



Фото. 3. Линза четвертичных пеллов залегает на верхнемеловых монтмориллонитовых глинах. Левашинский район Дагестана.

Отложения рассмотренной формации отмечены и в Предкавказской структурно-тектонической зоне, отвечают они этапу постплиоценового вулканизма на Кавказе.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 122032200278-1.

Литература

1. Голубятников В.Д. Геология и полезные ископаемые третичных отложений Дагестана. Госгеолиздат, Л., 1940, М, 220 с.
2. Горбунова П.И. Вулканические породы в меловых отложениях Дагестана. Литология и полезные ископаемые. 1966, №2, с. 126-130.
3. Керимов Г.К., Эфендиев И.Э. О распространении и генезисе глинистых минералов в осадочных формациях Дагестана. Литология и полезные ископаемые. 1976, № 6, с. 128-136.
4. Лаверов И.П., Добрецов Н.Л., Богатиков О.А. и др. Новейший и современный вулканизм на территории России. – М. Наука, 2005, 604 с.
5. Мацапулин В.У., Юсупов А.Р. Вулканические пеллы в Дагестане – экологические предвестники в области геодинамики, геоморфологии и поиска полезных ископаемых. Юг России. Экология, развитие. №2, Махачкала, 2007, с. 98-104.
6. Михайлов А.С. Цеолиты стратифицированных осадочных и вулканогенно-осадочных отложений / Природные цеолиты. – М.: Наука, 1980. – С.53-59.
7. Ренгартен В.П. Очерк месторождений полезных ископаемых и минеральных источников Южного Дагестана Изв. Геол. Ком., XL VI, 1927.
8. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Тулышева Е.В., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Предполагаемое вулканическое проявление в зоне пересечения Аксайского и Пшекиш-Тырныаузского разломов. В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. // Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Москва, 2023. С. 416-422.
9. Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Алхулаев К.Г. Перспективы обнаружения крупных месторождений монтмориллонитовых глин в Дагестане. Труды ИГ ДНЦ РАН. Вып. 65. Махачкала 2015. С. 209-212.

УДК: 553.061:551.243 (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-8-11

МЕСТОРОЖДЕНИЕ КИЗИЛ-ДЕРЕ И ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИ ЕГО РАЗРАБОТКЕ

Исаков С.И., Тулышева Е.В.

Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала

Месторождение медно-пирротиновых руд Кизил-Дере не обрабатывается более чем 35 лет. Конечно, были попытки ввести его в эксплуатацию, однако, из-за экологических условий не сделано это по настоящее время. Несомненно, необходимо детально изучить вопросы экологии, поисков и разведки экологически опасных видов сырья во избежание экологической катастрофы.

Ключевые слова. обработка, месторождение, поиски, медно-пирротиновые, руды, экология, разведка.

KIZIL-DERE DEPOSIT AND POSSIBLE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF ITS DEVELOPMENT

Isakov S.I., Tulysheva E.V.

Institute of Geology FERC RAS, Makhachkala

The Kizil-Dere copper-pyrrhotite ore deposit has not been mined for more than 35 years. Of course, there were attempts to put it into operation, however, due to environmental conditions this has not been done to date. Undoubtedly, it is necessary to study in detail the issues of ecology, search and exploration of environmentally hazardous types of raw materials in order to avoid environmental disaster.

Keywords. environmentally hazardous types of raw materials, deposit, prospecting, copper-pyrrhotite ores, ecology, exploration.

Статья посвящена медно-пирротиновому месторождению Кизил-Дере, расположенному в долине р. Кизил-Дере (правый приток р. Ахтычай) в Ахтынском районе РД, близ селения Хнов «рисунок 1».

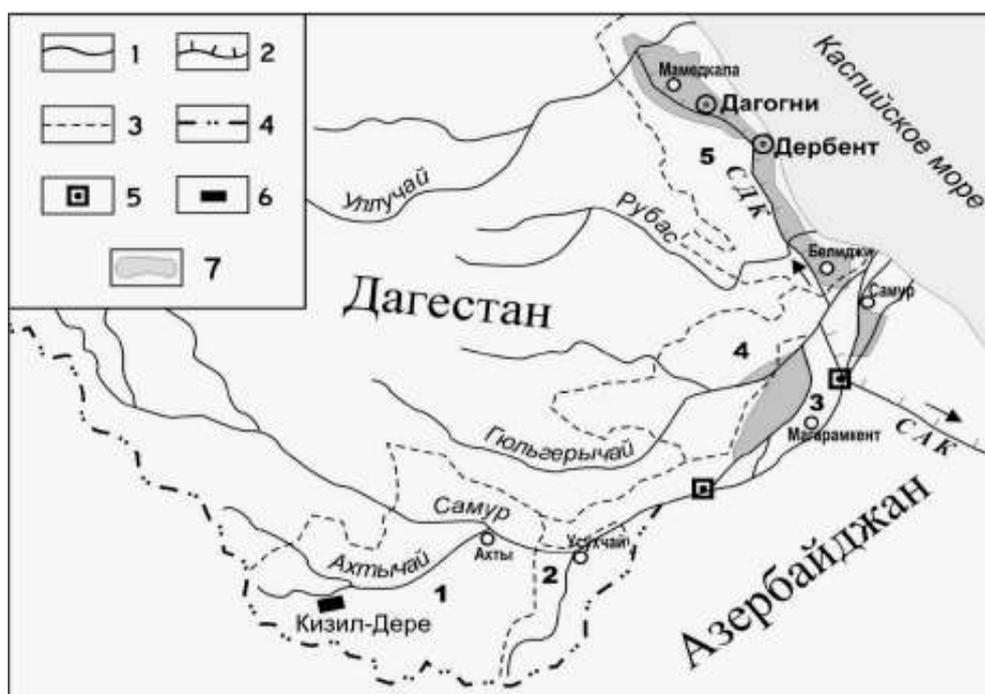


Рис. 1 - Зона влияния месторождения Кизил-Дере на водную среду и орошаемые площади [2].

1 – реки и каналы, 2 – Самур-Дербентский (СДК) и Самур-Апшеронский (САК) каналы, 3 – границы административных районов РД (1 – Ахтынский, 2 – Докузпаринский, 3 – Магарам-кентский; 4 – Сулейман-Стальский; 5 – Дербентский), 4 – государственная граница, 5 – гидро-узлы, 6 – месторождение Кизил-Дере, 7 – орошаемые площади.

Бассейн реки Самур находится в южной части Республики Дагестан и занимает северо-восточную часть Главного Кавказского хребта и южные отроги Бокового хребта. Длина реки 213 км. Площадь водосбора – 4990 км². Около 80% площади бассейна лежит выше 1500 м. Высшей точкой бассейна Самура является гора Базардюзю (4466 м) [2].

Месторождение разведывалось с 1965 по 1985 год – 20 лет. Это довольно длительный срок разведки подобного месторождения. Уже почти треть века как оно разведано, но не отрабатывается – это законсервированные запасы меди (около 1 млн. т).

По месторождению написан отчет с подсчетом запасов и утвержден в Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых. Месторождение было передано на баланс Министерства цветной металлургии еще в советское время. В процессе работ горными выработками были вскрыты обводненные рудоносные зоны. Это привело, отчасти, к ускорению естественных процессов водообмена и облегчению попадания загрязненных дренажных вод в поверхностные водотоки «рисунок 2».

В настоящий период в водоохранной зоне реки Кизил-Дере остаточное содержание отвальных пород составляет порядка 30 тыс. тонн. Паводковыми водами в реки Кизил-Дере и Ахтычай (приток первого порядка реки Самур) смываются окисленные проходческие породы с высоким содержанием ионов тяжелых металлов. По результатам химического анализа в отвальных породах присутствуют: алюминий, медь, цинк, кобальт, никель, свинец, хром, мышьяк и т. д. Кроме того, в реку Кизил-Дере поступают штольневые сливы от плохо законсервированных разведочных скважин. С водами реки Кизил-Дере в реку Ахтычай поступает 19 ПДК цинка, 58 ПДК меди, 28 ПДК марганца и т.д. [3]. По планам отработка должна была начаться еще до конца 1990 года. Но до сих пор не отрабатывается по конъюнктурным и экологическим соображениям, хотя, казалось бы, перспективы очевидны.

Данное месторождение рассматривалось совместно с месторождениями Азербайджана, расположенных на южном склоне Большого Кавказа – Физизчай, Кацдаг, Катех, составлявших Восточно-Кавказскую зону полиметаллических руд с суммарными запасами порядка 4-5 млн. т. цинка, меди, свинца. Затем последовали политические события, в результате которых месторождение Кизил-Дере осталось единственным на российской территории Восточного Кавказа. Это уменьшило перспективы отработки месторождения.

Конечно, введение месторождения в производство на тот момент сулило прибыль в бюджет Республики, и находились сторонники отработки месторождения. В 1996-97 гг. пыталась получить лицензию американская компания «Глоб Минерал Интернэшнл». Но «материалы» экологического обоснования лицензии на разработку месторождения Кизил-Дере в Министерство природных ресурсов и экологии РФ для проведения экологической экспертизы не были представлены и лицензия на пользование недрами выдана американской «Глоб Минерал Интернэшнл» без положительного заключения государственной экологической экспертизы. В заключение было указано, что «права населения региона на здоровую окружающую среду обитания не были соблюдены» [1].

Попытки начать отработку месторождения не закончились. Лицензию на отработку месторождения добивалась «Русская медная компания». В выступлениях представителей компании и специалиста института Механобр (г. Санкт-Петербург) не была обоснована приемлемая экологическая схема отработки. Предлагали разные варианты – вплоть до покрытия долины р. Кизил-Дере защитным полотном, спуска р. Ахтычая в долину р. Самур, открытая отработка месторождения и другие проекты. Эти все варианты не укладывались в требования экологии и финансы. Не исключалась возможность отработать месторождение с соблюдением всех требований, но на это потребуется финансов больше стоимости самого месторождения. Существуют также факторы, понижающие перспективность отработки – это, прежде всего, удаленность объекта от металлургической базы переработки этого сырья (Урал, Казахстан, Иран). Развертывать на месте металлургический комплекс не целесообразно из-за малых запасов. В геологической литературе того времени в обзоре базы медных месторождений России, сделанного

сотрудниками ВИМС(а), месторождению Кизил-Дере отводилось самое последнее место. Судьба его была неопределенна, особенно на фоне такого гиганта как Удоканское месторождение меди (Восточная Сибирь) в 50 раз превышающее Кизил-Дере.



Рис. 2. Загрязнение реки Ахтычай отходами медно-колчеданного месторождения Кизил-Дере [2].

Весьма важно учитывать, что среднее содержание меди на Кизил-Дере составляет 2,0-2,5 %, которое итак не высокое. С удорожанием цен эта величина повысится, а общие запасы снизятся. При пересчете запасов месторождение может перейти в категорию непромышленных, отработка которых нерентабельна. Тогда и разговоры по этой теме отойдут.

Пересчет кондиций должен проводиться геологами до передачи месторождения в эксплуатацию. Какие последствия могут быть с отработкой месторождения Кизил-Дере? В первую очередь, может привести к загрязнению бассейна р. Самур [4, 5].

Прежде чем обрабатывать месторождение, нужно взять во внимание уникальное Чертово озеро на Урале, которое, в результате загрязнения местными разведчиками недр, пришло в такое состояние, что теперь, чтобы очистить его, требуются миллиардные средства. И в каждом конкретном случае необходимо исходить не только из соображений целесообразности, но и экологических показателей.

К примеру, промышленные месторождения Филізчай, Кацдаг, Катех (Азербайджан), как и в Дагестане Кизил-Дере, не обрабатываются, даже если они по запасам больше в 3-4 раза. К месторождению Филізчай даже проведена железнодорожная ветка от станции Евлах. Предполагаем такое решение связано с экологией.

Из рассмотренного следует, что научные и производственные работы по перспективам выявления колчеданно-полиметаллических руд на территории Горного Дагестана будут не эффективны.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 122032200278-1.

Список использованной литературы

1. Алиев Н-К.К. О разработке месторождения Кизил-Дере. Экологический вестник №4. – Махачкала, 1997. – С. 73-75.
2. Атаев, З. В. Гаджибеков М. И., Абдулаев К. А. К проблеме загрязнения бассейна реки Самур твердыми бытовыми отходами // Труды Государственного природного заповедника «Дагестанский»: Выпуск 18. – Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2022. – С. 6-30.
3. Маммаев, М. М., Абдусаламов А. М. Основные экологические проблемы бассейна реки Самур // Неделя науки - 2015 : Сборник тезисов докладов XXXVI итоговой научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», Махачкала, 21–25 апреля 2015 года / Под ред. Т.А. Исмаилова. – Махачкала: Издательство КИТ, 2015. – С. 222-223.
4. Мацапулин В.У., Тулышева Е.В., Исаков С.И., Абдулганиева Т.И. Экологические уроки месторождения Кизил-Дере // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. № 70. Махачкала. 2017. – С. 56-58.
5. Guseynov M.M., Kamilov I.K., Kazanova E., Matsapulin V.U., Isakov S.I. Mössbauer studies of the spectra of ^{57}Fe nuclei in late cenozoic endogenous formations of the Eastern Caucasus// Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2016. Т. 80. № 6. – С. 750-753.

УДК 551.24+553.98

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-12-21

УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ НЕГАТИВНОЙ ТЕНДЕНЦИИ К ЕГО СНИЖЕНИЮ

*Меликов М. М.**Институт геологии ДФИЦ РАН*

В работе рассматриваются актуальные проблемы углеводородного (УВ) потенциала республики и некоторые аспекты перспектив преодоления негативной тенденции к его снижению. В работе проведен анализ опубликованной литературы и разработки месторождений Равнинного Дагестана, а также проведен анализ Гос. Балансовых запасов по УВ. Автором предлагаются различные методы и технологии по повышению Коэффициента извлечения нефти (КИН) с учетом физико-химических свойств и фазового состояния УВ, а также гидродинамики нефтегазоводоносных горизонтов и комплексов мезозойских отложений Равнинного Дагестана. Автором предлагается также использование выбросов углекислого газа парниковых полигонов с целью нагнетания их в скважины и увеличения КИНа и дальнейшего вовлечения углерода в геохимический круговорот для восполнения УВ-го потенциала, исходя из биосферной концепции нефтегазообразования.

Ключевые слова: УВ-й потенциал, КИН, гидродинамика, парниковый газ, биосферная концепция, аспекты, ВСВ., парадигма, остаточные запасы, обводненность.

YDROCARBON POTENTIAL OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN: PROBLEMS, PROSPECTS AND SOME ASPECTS OF OVERCOMING THE NEGATIVE TREND TOWARDS ITS DECLINE

*Melikov M.M.**Institute of Geology DFRC RAS*

The paper considers the current problems of the hydrocarbon (HC) potential of the republic and some aspects of the prospects for overcoming the negative trend towards its decline. The paper analyzes the published literature and the development of fields in Plain Dagestan, as well as the analysis of the State Balance Reserves for HC. The author proposes various methods and technologies for increasing the Oil Recovery Factor (ORF) taking into account the physicochemical properties and phase state of HC, as well as the hydrodynamics of oil and gas-bearing horizons and complexes of Mesozoic deposits of Plain Dagestan. The author also proposes to use greenhouse gas emissions from landfills to inject them into wells and increase recovery factor and further involve carbon in the geochemical cycle to replenish the hydrocarbon potential, based on the biosphere concept of oil and gas formation by A. A. Barenbaum.

Key words: hydrocarbon potential, recovery factor, hydrodynamics, greenhouse gas, biosphere concept, aspects, EW, paradigm, residual reserves, water cut.

Введение

В последние годы наряду со многими происходящими изменениями геополитических и экономических ситуаций в мире, изменения произошли и в нефтегазовой геологии, к числу которых, в частности, можно отнести противоречия и единство взглядов на генезис углеводородов (УВ), рекомендуются новые подходы к поискам углеводородов (УВ), смена парадигм нефтегазовой геологии, изменение методов и технологий разработки месторождений УВ и др.

Общеизвестно, что Дагестан является одним из старейших нефтегазоносных районов России, так же как и, в целом, Восточное Предкавказье, где большинство месторождений находятся на последней стадии разработки. Но тем не менее, нефть в недрах еще остается, запасы остаточной нефти, в целом составляют в мире, как считает Н.П. Запивалов 55-70 % (Н.П. Запивалов, 2020).

В Дагестане – Прикумской нефтегазоносной области (ПНГО) добыча ведется низкими коэффициентами извлечения нефти (КИН) при более высокой степени обводненности (80-90 %). Из-за многолетнего недофинансирования и снижения объемов ГРП сложилась такая ситуация, что постепенно в отрасли происходило падение среднего КИНа особенно, в последние

десятилетия, который с 51 % снизился, почти, в 2 раза по сравнению со второй половиной прошлого столетия (до 25-28 %) – в последние 10-15 лет 21-го столетия, что происходит и в наши дни, в результате чего потенциальные извлекаемые запасы нефти в РФ, примерно, снизились на 10-15 млрд. тонн. Для того, чтобы добывать остаточную (трудноизвлекаемую (ТИЗ) нефть), требуются новые подходы, парадигмы, идеи, методы, инновационные технологии разработки ит.д.

Перспективы развития нефтяной отрасли республики и необходимости преодоления негативной тенденции к снижению углеводородного потенциала республики, предполагают наряду с поиском и освоением новых месторождений, постоянным увеличением добычи за счет более полного ее извлечения. Извлечение остаточной нефти из эксплуатируемых пластов в современном мире является актуальной проблемой [5]. Ниже нами предлагаются некоторые аспекты преодоления негативной тенденции к снижению УВ-потенциала РД.

Эффективность извлечения нефти современными, промышленно освоенными методами разработки во всех нефтедобывающих странах в настоящее время считается неудовлетворительной. В среднем нефтеотдача пластов по различным странам и регионам колеблется от 25 до 40 %.

Например, в большинстве стран средняя нефтеотдача пластов составляет 24-27 %, в странах СНГ и России – до 40 %, в зависимости от структуры запасов нефти и применяемых методов и технологий разработки (Смирнова Т.С., Долгова Е.Ю. и др., 2013).

Остаточные или неизвлекаемые промышленно освоенными методами разработки запасы нефти достигают в среднем 55-70 % от первоначальных их геологических запасов в недрах (рис.1) [3, 10]. Из рисунка видно, что львиная доля УВ остается в недрах Земли.

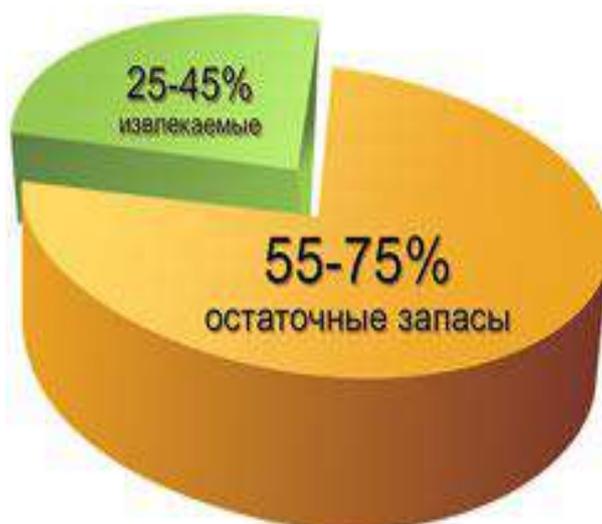


Рис. 1. Соотношение извлекаемых и остаточных запасов в мире.

Дальнейшее развитие нефтегазодобывающей отрасли как, республики, так всей страны находится в прямой зависимости и от результатов проводимых поисково-оценочных работ, а также от проведения дополнительных геолого-геофизических работ в законсервированных скважинах и особенно в тех интервалах, на первоначальном этапе которых в ряде интервалов опробований были получены незначительные притоки УВ (с тех пор эти интервалы остались без особого внимания со стороны отраслевиков). С учетом вышеизложенного, могли бы обеспечить хоть какой-то прирост запасов УВ и, особенно, в старых нефтегазодобывающих регионах, в которых первичные методы повышения исчерпаны, а вторичные не дают результатов.

Для решения этих неотложных проблем необходимо инвестирование геолого-геофизических работ, к сожалению, которых нет, связанные со многими причинами.

В разрабатываемых месторождениях УВ необходимо использовать данные по разработке месторождений для выяснения их состояния.

Как ранее нами было отмечено (Меликов М.М., Меликов Я.М., 2023), на первоначальном этапе (в прошлом столетии, во второй половине) разработки месторождений максимального значения (пик Хабберта) добыча УВ в Дагестане достигла в 1970 г. (нефть – 1600 тыс. т. газ – 2,178 млн. м³), после чего стабильно начала падать. Но, однако, с конца прошлого столетия большинство месторождений УВ находятся на последней стадии разработки, о чем свидетельствует кривая М.К. Хабберта. (рис. 2).

В связи с этими обстоятельствами следует применять новые методы и технологии по увеличению нефтегазоотдачи и др. В такой ситуации необходимо провести поиски третичных методов, т.к. первичные и вторичные методы исчерпаны, т. е не дают результатов. Существует масса таких методов и технологий извлечения остаточной нефти, разработанные НИИ нефтегазовой отрасли.

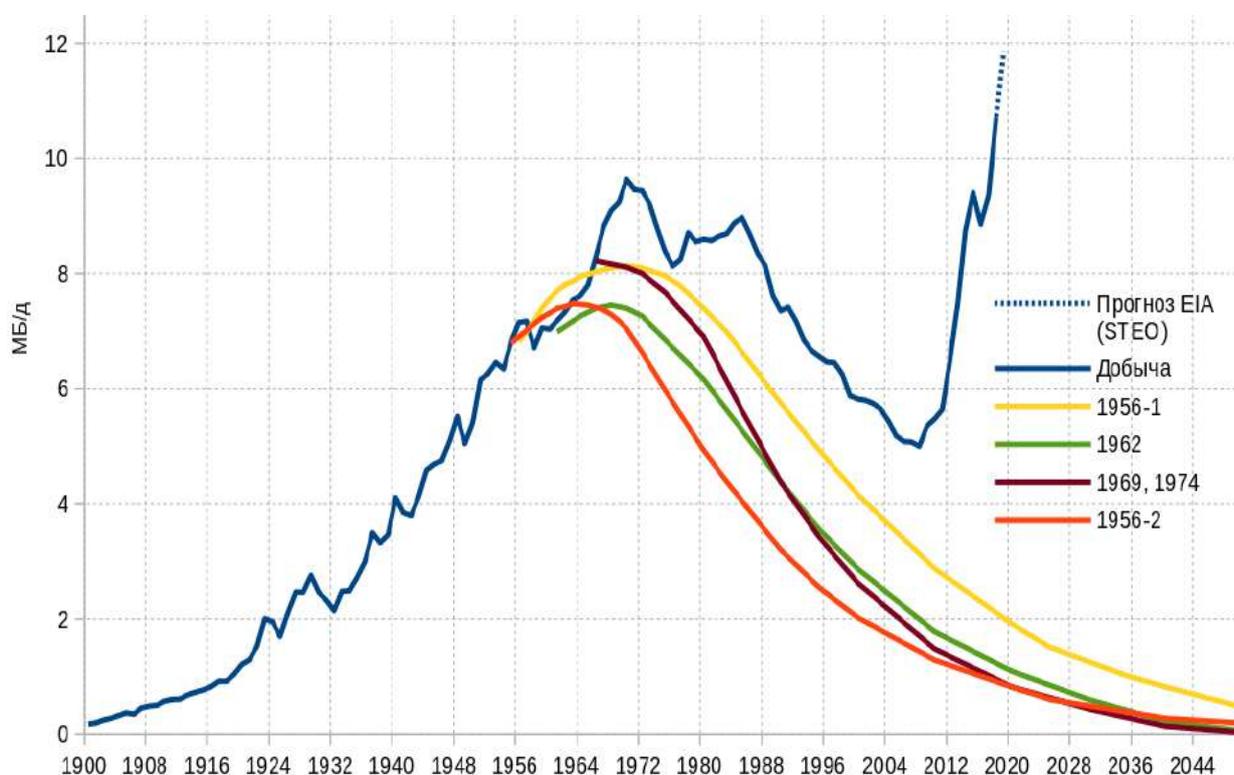


Рис. 2. Кривая Хабберта и добыча нефти в США.

Но, однако, следует отметить, что кривой Хабберта «подчиняются» те месторождения, в которых ведутся интенсивные отборы продукции, в связи с чем запасы УВ «не успевают восполняться».

Для решения этих вопросов нами предложены ряд методов, исходя из доступных возможностей [15].

Возможные пути преодоления негативной тенденции к снижению УВ-го потенциала

Исходя из физико-химических свойств УВ, пористости и проницаемости, литологического типа коллекторов, динамики подземных вод нефтегазоводоносных комплексов и горизонтов мезозойских отложений, а также технико-экономических показателей и состояния разработки месторождений УВ, установлено, что большинство месторождений имеют высокую степень обводненности (рис. 3, табл. 1).



Рис. 3. Добыча нефти и содержание воды в продукции

Таблица 1.

Степень обводненности УВ-ой продукции разрабатываемых месторождений ПНГО по стратиграфическим интервалам (по данным «Ронефть - Дагнефть»).

№/№ п/п	Название месторождения	Стратиграфическое размещение (Т ₁ , УВ и степень обводненности (%)) Триасовые отложения (Т), меловые (К), J (юрские) Pg (палеогеновые)		Степень обводненности, (%)	Фазовое состояние УВ
1.	Вос.-Сухок.	T ₁ (54)	T ₂ (54)		нгк
2.	В. Юбил.		T ₁ (96,3)		н
3.	Казбековс	T ₁		89	н
4.	Кумухе	T ₁		95,5	н
5.	Майское	K ₁ (IX)		97,1	нгк
6.	Мартовск	K ₁ -J ₃ (XII)		97,5	н
7.	Озерное	Pg-		99,1(T ₁)	н
	Раздольн	-	T ₁	91	н
8.	Равнин-е	J ₁		87	нгк
9.	Рифовое	(T ₁)		97	н
10.	Р.хутор	K ₁ I(96),K ₁ V III(92)	K ₁ (IX)(92), J ₂ VI(93)	----	нгк
11.	Сайгачн	T ₂		47	
12.	Солончак	K ₁ IX (97)	T ₂ (94), T ₂ (995)		нгк
13.	Сухокумск	T ₂ (11)	K ₁ IX(95)K ₁ VIII(95)		
14.	Таловско		(T ₁)	96	н
15.	Тюбинск	K ₁ IX		90	нгк
16.	Централь	T ₂		92,1	н
17.	Юбилейн	T ₂	K ₁ IX(92)K ₁ VIII(95)	86	нгк
18.	Ю.сухокумск	K ₁ VIII(92),	K ₁ -J ₃ XIII (97) K ₁ IX(95)	---	н
19.	Ю.-талов.	T ₁	-	98,9	н

Таким образом, из 20 анализируемых месторождений их обводненность составляет от 85 до 99 %, что составляет 50 % от общего количества рассматриваемых месторождений. Анализ прошлых лет показал, что более половины всех остальных месторождений имеют высокую степень обводненности (85-90 %), что явно свидетельствует об их истощенности.

Практика разработок месторождений показывает, что при водонасыщенности более 20 % фазовая проницаемость породы для нефти резко снижается, хотя и получаем еще безводную нефть в пределах пластовых градиентов давлений. Это объясняется тем, что за счет молекулярно-поверхностных сил вода удерживается в мелких порах и на поверхности зерен пород в виде тонких пленок, тем самым уменьшая площадь сечения фильтрационных каналов. При достижении водонасыщенности 80 % фильтрация нефти не происходит, хотя в пласте еще имеется нефть, в связи с чем нельзя допускать преждевременного обводнения скважин, необходимо предупредить попадание воды в призабойную зону при вскрытии пласта в процессе проведения ремонтных работ [2].

Такая картина увеличения обводненности месторождений наблюдается на всей территории ПНГО. Очень часто происходят аварии в скважинах, в результате чего приходится остановить и проводить ремонтные работы, чаще останавливают из-за высокой обводненности скважин, что происходит, скорее всего, из-за перетоков воды из выше- или нижележащих горизонтов.

На наш взгляд, одним из аспектов преодоления негативной тенденции к снижению УВ-го потенциала является методы увеличения нефтеотдачи, которые приводятся ниже.

Исходя из вышеизложенного нами рекомендованы гидродинамические методы увеличения нефтеотдачи, т.к. этот метод является одним из эффективных и актуальных в данной ситуации. Эти методы имеют несколько видов, из которых основными являются: циклическое заводнение, изменение направлений фильтрационных потоков, форсированный отбор жидкости. Ранее нами приведены описание таких методов (Меликов М.М., Меликов Я.М. МГУ, 2023). [5,6,8,11].

Более подробная гидродинамическая характеристика мезозойских водоносных горизонтов и комплексов приводится в работе [14], исходя из чего можно рекомендовать «изменение фильтрационных потоков».

Следующим из новых методов увеличения нефтеотдачи является вибрационные, разработанные в ИПНГ РАН, схема которой приводится на рисунке 4.

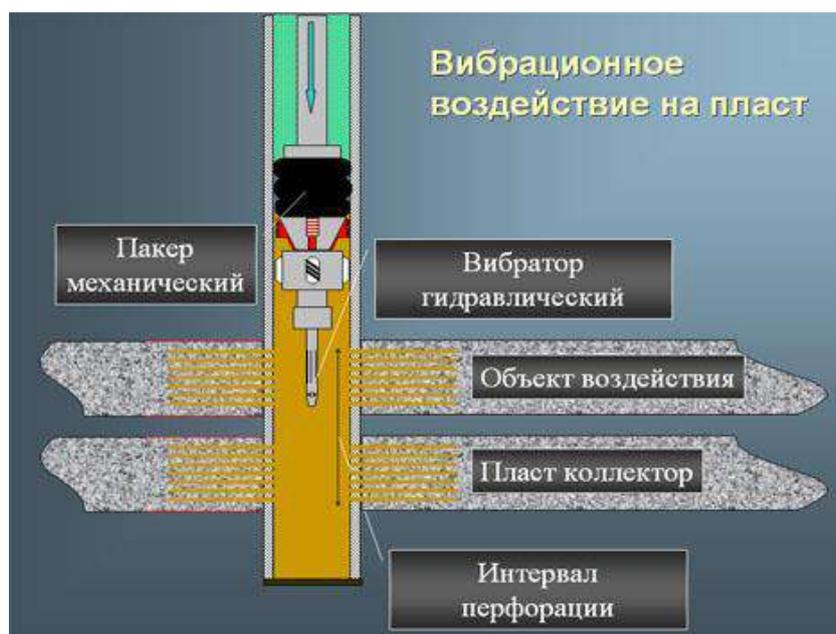


Рис.4. Вибрационный метод увеличения нефтеотдачи.

Одним из перспективных методов повышения нефтеотдачи для обводнённых месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, является вибросейсмическое воздействие (ВСВ) на нефтегазовые пласты. По данным опубликованной научно-технической литературы, ВСВ применялось на более 10 месторождениях, в которых обеспечивалась дополнительная добыча нефти на участке, охваченном воздействием [1,9,19].

Полная методика применения ВСВ приводится в работе [1,8].

Далее, для нефтей, имеющих высокую вязкость и высоким содержанием, смол и асфальтенов и парафина, нами рекомендуются теплофизические методы и ВСВ на пласты.

Одним из немаловажных вопросов преодоления негативной тенденции к снижению углеводородного потенциала, на наш взгляд, является также использование углекислого газа выбросов карбоновых полигонов. Создание карбоновых полигонов – мировой тренд, в связи с переходом на «зеленую» энергетику.

Ранее нами (Меликов М.М., Меликов Я.М., Владикавказ, 2023) сообщалось, что в России тоже создается сеть карбоновых полигонов, предназначенных для мониторинга парниковых газов и создания методики расчетов способности поглощения углерода окружающей средой из атмосферы. Предложено место создания карбонового полигона (Кочубеевская биосферная станция).

Сбор и транспортировка углекислого газа к потребителю требует немало вложений. А Кочубеевская станция расположена ближе к основным месторождениям нефти и газа ПНГО республики, что имеет немаловажное значение [16]. В работе [16] из анализа литературы изложена суть и цель применения Углекислого газа на основе биосферной концепции А.А. Баренбаума (1996 г.) (рис. 4.).

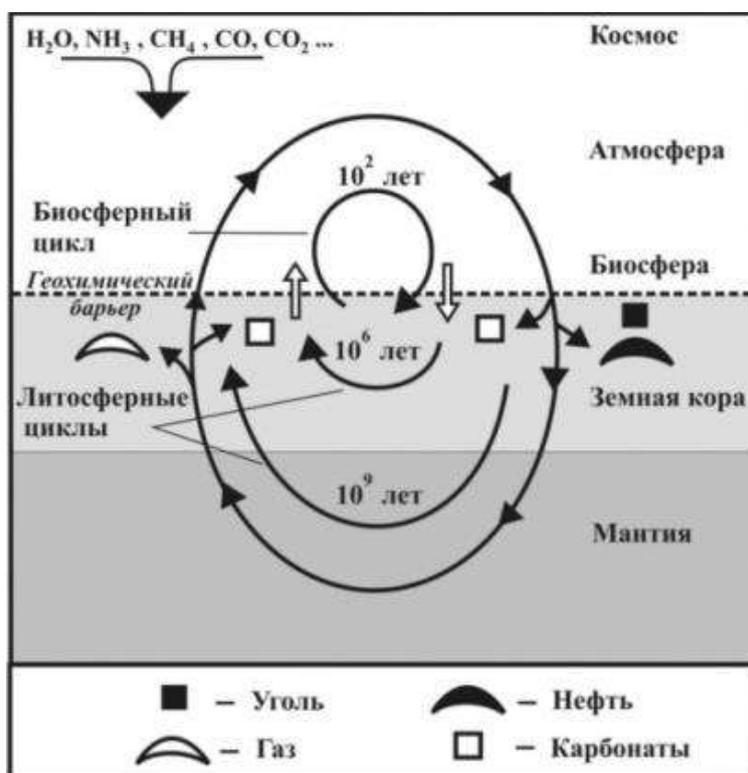


Рис. 5. Схема круговорота углерода в биосферной концепции нефтегазообразования (А.А. Баренбаум, 1996)

На наш взгляд, очень важное значение приобретает применение углекислого газа, извлеченного из парниковых газов карбоновых полигонов для увеличения КИНа в разрабатываемых месторождениях путем нагнетания углекислого газа в недра этих месторождений с целью

преодоления негативной тенденции к снижению и УВ-го а также его повышению, согласно биосферной концепции нефтегазообразования А.А. Баренбаума за счет геохимического круговорота углерода, схемы которых приводятся на рис (4-5).

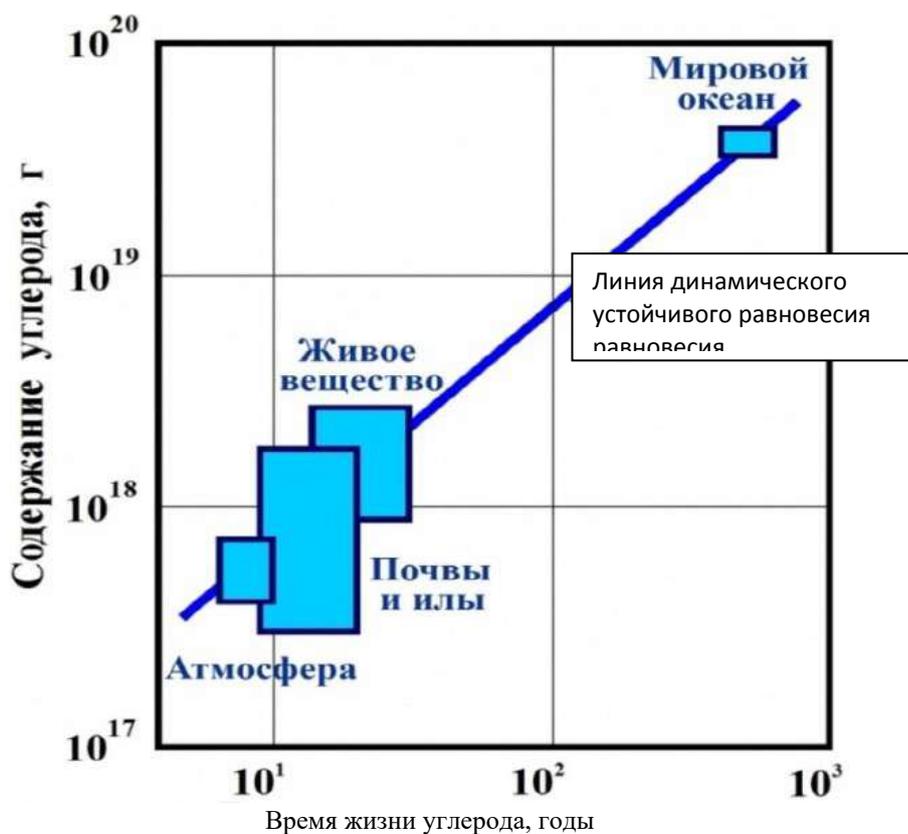


Рис. 5. Круговорот углерода в биосфере – современная эпоха (А.А. Баренбаум, 1998)

В работе Трухиной О.С., Синцова И.А. (2016) 20 приводится подробное описание механизма воздействия карбонизированной воды на нефтяной пласт.

В работе (1990) А.А. Баренбаума «О возрасте нефти в залежах» приводится описание процесса круговорота и механизма преобразования углерода в нефть., а также принимает во внимание рассматривание вопросов утилизации в биосфере углекислого газа (CO₂) – продукта промышленной переработки УВ человечеством [3-5].

Таким образом, согласно новой теории нефтегазообразования, используя углекислый газ, извлеченный из парниковых газов карбоновых полигонов, мы смогли бы нагнетать в пласты тех скважин, где еще есть остаточные запасы нефти, (таких скважин и месторождений в республике немало) с целью увеличения их отдачи и вовлечь углерод в геохимический круговорот с последующим преобразованием его в УВ, восполняя тем самым их ресурсы и преодолеть вопросы негативной тенденции к снижению УВ-го потенциала к и уменьшить выбросы углекислого газа в атмосферу.

Однако следует подчеркнуть, что, как показал анализ литературы, пока такой практики нагнетания в пласты, извлеченного углекислого газа, именно, из парниковых газов таких полигонов не существует. Эта идея требует дальнейшей проработки и комплексное изучение и анализ профильными специалистами. На наш взгляд, эта идея имеет право на существование с последующей реализацией с учетом вышеизложенного.

В связи с этими обстоятельствами и с тем, что имеется большой материал прошлых лет, необходимо провести систематизацию и типизацию месторождений и залежей УВ Дагестана. Нами ведутся работы в этом направлении.

Также следует отметить, что все эти методы могут быть использованы после всесторонних геолого-промысловых исследований, прежде чем будут использованы, как наиболее эффективные для применения на отдельных участках месторождений.

Некоторые ученые-нефтяники недр Земли считают, что это как «живой организм», потому, на наш взгляд, и требуется проведение реабилитации с целью восстановления залежей УВ в пластах. В связи с этим нами допускается предположение о том, что недр Земли, как «живой организм» «включают «копинг-стратегию», (копинги – это способы адаптироваться к стрессовой ситуации, иными словами, это реакция «организма» (самозащита) на стресс, выраженная через, так называемый «отказ «выдачи» нефти из пластов.

Также следует отметить идею о применении реабилитационных циклов с учетом проявления «копинг-стратегии» недр Земли в процессе разработки месторождений УВ.

В нефтегазовой отрасли, учитывая проблемы истощения ресурсов УВ Дагестана, в Равнинной части, следует учитывать новые парадигмы в нефтегазовой геологии, в частности парадигму А.А. Трофимука, который утверждал: «Нижняя граница зоны нефтеобразования должна быть понижена до глубины 8000-100 000 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» (Трофимук А.А., 1997). На наш взгляд, учитывая изложенную парадигму в процессе поисково-оценочных работ, также является одним из аспектов решения к снижению негативной тенденции УВ-го потенциала Республики, особенно в равнинной части Дагестана, и тем самым углубляя поисковое поле.

В связи с этими обстоятельствами и с тем, что имеется большой материал прошлых лет, необходимо провести, так называемую ревизию скважин тех месторождений, в которых при опробовании интервалов давали притоки продукции, а также систематизацию и типизацию месторождений и залежей УВ Дагестана.

Выводы

Исходя из вышеизложенного и состояния изученности, к задачам ближайшего будущего нефтегазовой геологии и гидрогеологии региона следует отнести разработку и усовершенствование гидродинамических методов их поисков и конкретизацию методов увеличения КИН, учитывая направление движения подземных вод и геолого-промысловых параметров месторождений, а также физико-химических свойств УВ.

Применяя все вышеперечисленные методы и технологии по повышению конечной нефтегазоотдачи, имеются все реальные возможности извлечь остаточные запасы нефти и газа и, тем самым способствовать тенденции к негативному снижению УВ-го потенциала республики.

Интегральные выводы

Таким образом, остаточные запасы УВ в республике есть, но новых методов и технологий применения МУНа нет. Необходимо провести более детальное исследование гидрогеологических условий нефтегазообразования и геолого-промысловых характеристик разрабатываемых месторождений с учетом физико-химических свойств УВ.

Однако следует подчеркнуть, что, как показал анализ литературы, пока такой практики нагнетания в пласты, извлеченного углекислого газа, именно, из парниковых газов таких полигонов не существует. Эта идея требует дальнейшей проработки и комплексного изучения и анализа профильными специалистами. На наш взгляд, эта идея имеет право на существование с последующей реализацией с учетом вышеизложенного.

Таким образом, согласно новой теории нефтегазообразования, используя углекислый газ, извлеченный из парниковых газов карбоновых полигонов, мы смогли бы нагнетать в пласты тех скважин, где еще есть остаточные запасы нефти с целью увеличения их отдачи и вовлечь углерод в геохимический круговорот с последующим преобразованием его в новые УВ, восполняя тем самым их ресурсы и решить вопросы негативной тенденции к снижению УВ-го потенциала,

уменьшая выбросы углекислого газа в атмосферу. Также следует учитывать парадигму А.А. Трофимука при проведении поисково-оценочных работ глубоких перспективных горизонтов на УВ и, а также следует отметить идею применения реабилитационных циклов с учетом проявления «копинг-стратегии» недр Земли в процессе разработки месторождений УВ.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 122032200278-1.

Литература

1. Алексеев, А. С. и др. Вынужденные колебания трещиновато-блочных флюидонасыщенных слоев при виброрейсмических воздействиях // ФТПРПИ. – 2001. – № 6. – С. 3–13.
2. Антониади Д.Г. Увеличение нефтеотдачи пластов газовыми и парогазовыми методами // Недра. – 1998. 304 с
3. Баренбаум А.А. Механизм формирования месторождений нефти и газа // Докл. АН. 2004. Т. 399, № 6. С. 802-805.
4. Баренбаум А.А. О возможной связи газогидратов с субмаринными подземными водами // Вод. ресурсы. 2007. Т. 34. № 5. С. 620-625.
5. Баренбаум А.А. О возрасте нефти в залежах // Георесурсы. №, 2017, С. 30-37.
6. Бойко В.С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: учеб. для вузов. - М.: Недра, 1990. - 427 с.
7. Боксерман А.А., Мищенко И.Т. «Пути преодоления негативных тенденций развития НГК России» // «Технологии ТЭК», №4 (29), с.30, 2006.
8. Бурьян Ю. А., Сорокин В. Н. Вибросейсмическое воздействие на нефтегазовые пласты – технология XXI века // « Национальные приоритеты России». № 1, 2009. С. 78-83.
9. Васильевский А.В. и др. Комплексный подход к исследованию процессов закачки воздуха в пласт для повышения нефтеотдачи // Нефтяное хозяйство. – 2016. – №. 11. – С. 102-104.
10. Запывалов Н.П. Нефть XXI века: Новая парадигма // Материалы Международно-практической конференции в рамках Татарского нефтегазохимического форума –2020, посвященного 100-летию ТАССР. Казань изд-во «Ихлас». 2020, С.20-25.
11. Источник: Neftegaz. RU
12. Кокорев В.И. Газовые методы – новая технология увеличения нефтеотдачи пластов // Нефтепромысловое дело. – Москва, 2009. – № 11. – С. 24-26.
13. Курленя, М. В. И др. Волны маятникового типа. Ч. II. Методика экспериментов и основные результаты физического моделирования. // ФТПРПИ. – 1996. – № 4. – С. 3-39.
14. Меликов М.М. Гидрогеологические условия формирования и размещения залежей углеводородов мезозойских отложений Прикумской нефтегазоносной области Восточного Предкавказья. «Проблемы гидрогеологии XXI в: наука и образование» // Сб. докладов конференции, посвященной 60-летию кафедры гидрогеологии МГУ им М. В. Ломоносова. Макс-пресс, Москва, 2013г.С.113-123.
15. Меликов М.М., Меликов Я.М. Методы увеличения нефтеотдачи пластов разрабатываемых месторождений Дагестана на основе современных методов и технологий добычи углеводородов // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием. «Современная гидрогеология: актуальные вопросы науки, практики и образования». г. Сочи, Россия 17-23 сентября 2023 г.: К 70-летию со дня основания кафедры гидрогеологии МГУ им. М. В. Ломоносова. М.: МГУ, 2023 С. 557-565.
16. Меликов М.М., Меликов Я.М. Об использовании углекислого газа карбоновых полигонов с целью наращивания углеводородного потенциала недр // Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» («ГЕОКАВКАЗ 2023»). Владикавказ. – 2023. – 4-8 октября. – С. 573-579. ISBN 978-5-98866-078-1.
17. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи. - М.: Недра, 1985. - 308 с.
18. Сургучев М.Л., Горбунов А.Т. Методы извлечения остаточной нефти. - М.: Недра, 1991. 347 с.
19. Сургучев М.Л., Шарбатова И.Н. Циклическое воздействие на неоднородные нефтяные пласты. - М.: Недра, 1988. - 121 с.

20. Трухина О.С., Синцов И.А. Опыт применения углекислого газа для повышения нефтеотдачи пластов. Ж-л. «Успехи современного естествознания». № 1, 2016, С.205-209.
21. Хромых Н., Литвин А.Т. и др. Применение углекислого газа в процессах повышения нефтеотдачи пластов // Вестник Евразийской науки. – 2018, №5, Том 10 – URL: <https://esj.today/PDF/06NZVN518.pdf>.

УДК 556

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-22-29

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С. БАТАЮРТ (РЕСПУБЛИКА ДАГЕСТАН)

Самедов Ш.Г.

Институт геологии ДФИЦ РАН

В статье представлен обзор и анализ гидрогеологических условий в районе с. Батаюрт Хасавюртовского района Республики Дагестан, возможные пути решения проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения населения. Изучение режима подземных вод необходимо для моделирования гидрогеологических условий, оценки состояния и тенденций их изменения, прогнозирования происходящих в них процессов, оценки состояния ресурсной базы по подземным водам.

Ключевые слова: Прикаспийская низменность, аллювиально-пролювиальная равнина (АПР), водоносный комплекс (ВК), подземные воды (ПВ), месторождение пресных подземных вод (МППВ), разведочно-эксплуатационные скважины гидродинамический режим, хозяйственно-питьевое водоснабжение (ХПВ), бакинский водоносный горизонт, артезианские воды.

HYDROGEOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER SUPPLY PROSPECTS IN BATAYURT VILLAGE (REPUBLIC OF DAGESTAN)

Samedov Sh.G.

Institute of Geology DFRC RAS

The article presents an overview and analysis of the hydrogeological conditions in the area of the village of Batayurt in the Khasavyurt district of the Republic of Dagestan, possible ways to solve the problem of household and drinking water supply to the population. The study of the groundwater regime is necessary for modeling hydrogeological conditions, assessing the state and trends of their change, forecasting the processes occurring in them, and assessing the state of the groundwater resource base.

Keywords: Caspian lowland, alluvial-proluvial plain (APR), aquifer complex (VC), groundwater (PV), fresh groundwater deposit (MPW), exploration and production wells hydrodynamic regime, drinking water supply (CPW), Baku aquifer, artesian waters.

Республика Дагестан расположена на северо-восточном склоне Кавказа и юго-западе Прикаспийской низменности.

Северо-Дагестанская низменность по особенностям геологической истории формирования разделена на Терско-Кумскую аллювиально-морскую и Терско-Сулакскую дельтовую равнину.

Участок работ расположен в Хасавюртовском районе РД, в 10 км на С – В от г. Хасавюрт (рис.1).

Основным населенным пунктом на изученной территории является административный центр района – г. Хасавюрт (рис. 1).

Гидрологическая сеть территории Дагестана относится к бассейну Каспийского моря.

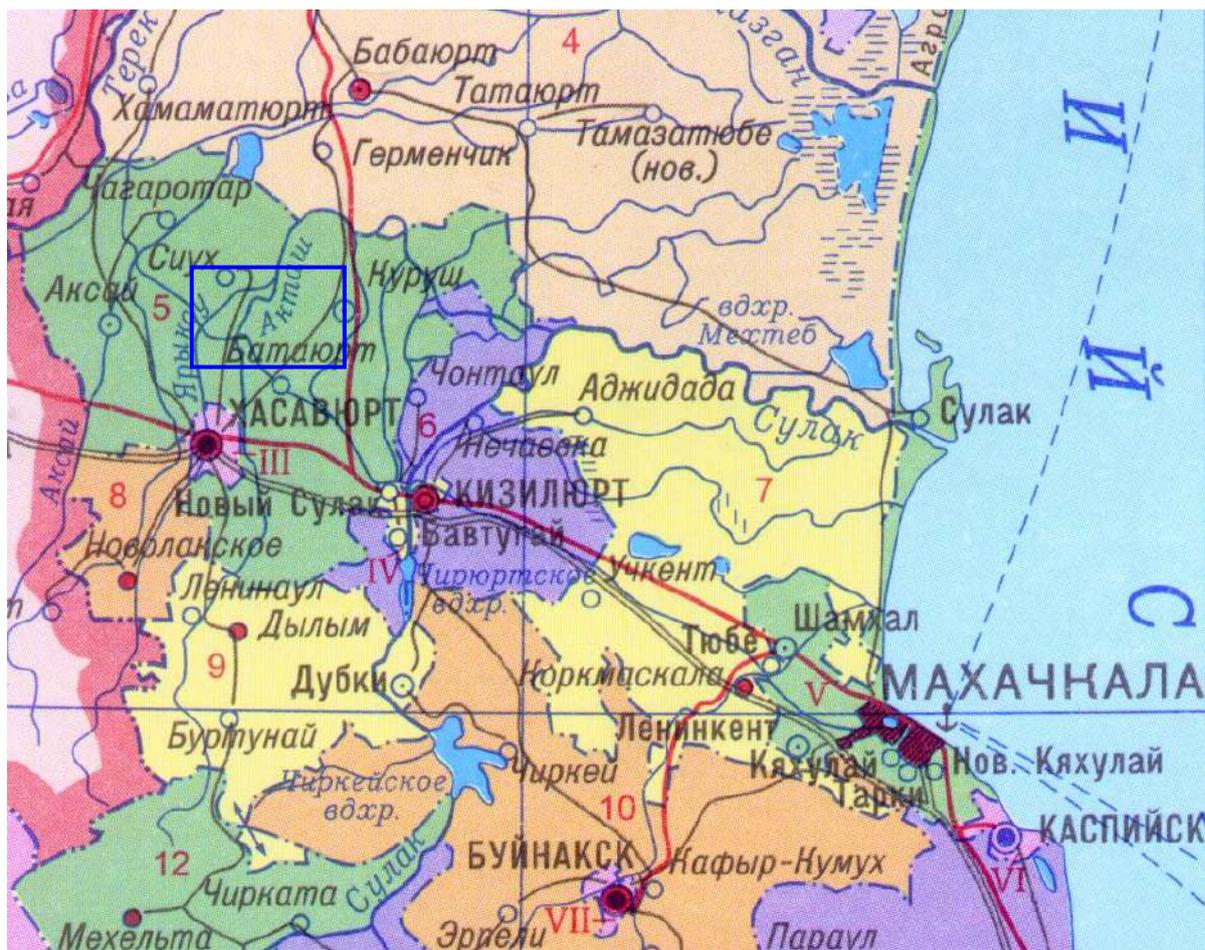
На территории исследований находится относительно небольшая река Акташ.

Река Акташ свое начало берет на северных склонах гор за пределами описываемой территории.

Воды реки доходят частично до Аграханского залива, а в основном, теряются в заболоченной прибрежной части. Среднегодовой расход реки при выходе из гор составляет $2,17 \text{ м}^3/\text{сек}$. Максимальный расход $111 \text{ м}^3/\text{сек}$, минимальный – $0,52 \text{ м}^3/\text{сек}$.

По химическому составу вода реки Акташ относится к гидрокарбонатному кальциевому типу. Минерализация составляет $0,4 \text{ г/л}$.

Район работ расположен в пределах крупной орографической структуры – Большого Кавказа, его северо-восточного склона и Восточного Предкавказья.



□ - район исследований
Рис. 1 Обзорная карта

По морфологическим признакам, характеру рельефа и совокупности рельефообразующих факторов, в которых ведущая роль принадлежит тектонике, литологии и эрозионно-денудационным процессам, территория работ входит в район Терско-Сулакской дельтово-аллювиально-морской современной равнины.

В геологическом строении характеризуемого района принимают участие породы мезозойского и кайнозойского возрастов – юрской, меловой и четвертичной систем.

Геологическое строение района исследовалась в срезе истории формирования палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений.

Территория исследований по гидрогеологическому районированию выполненным ВСЕГИНГЕО (методические основы гидрогеологического районирования территории СССР, Москва 1990 г.) находится в области Восточно-Предкавказской гидрогеологической провинции, Терско-Каспийского артезианского бассейна. Подземные воды платформенного типа, с гидрохимически зональны. Выделяются гидрохимические зоны пресных, солоноватых и соленых вод. По условиям водообмена выделяются два гидродинамических этажа- нижний и верхний. Этажи разделены глинами майкопской серии – региональным водоупором.

Верхний гидродинамический этаж - в зоне активного водообмена развиты преимущественно пресные, реже солоноватые воды.

Нижний этаж – в зоне замедленного водообмена, застойного режима заключены соленые, высокоминерализованные воды (минеральные, термальные, промышленные и нефтяные). (рис. 2, 3, 4).

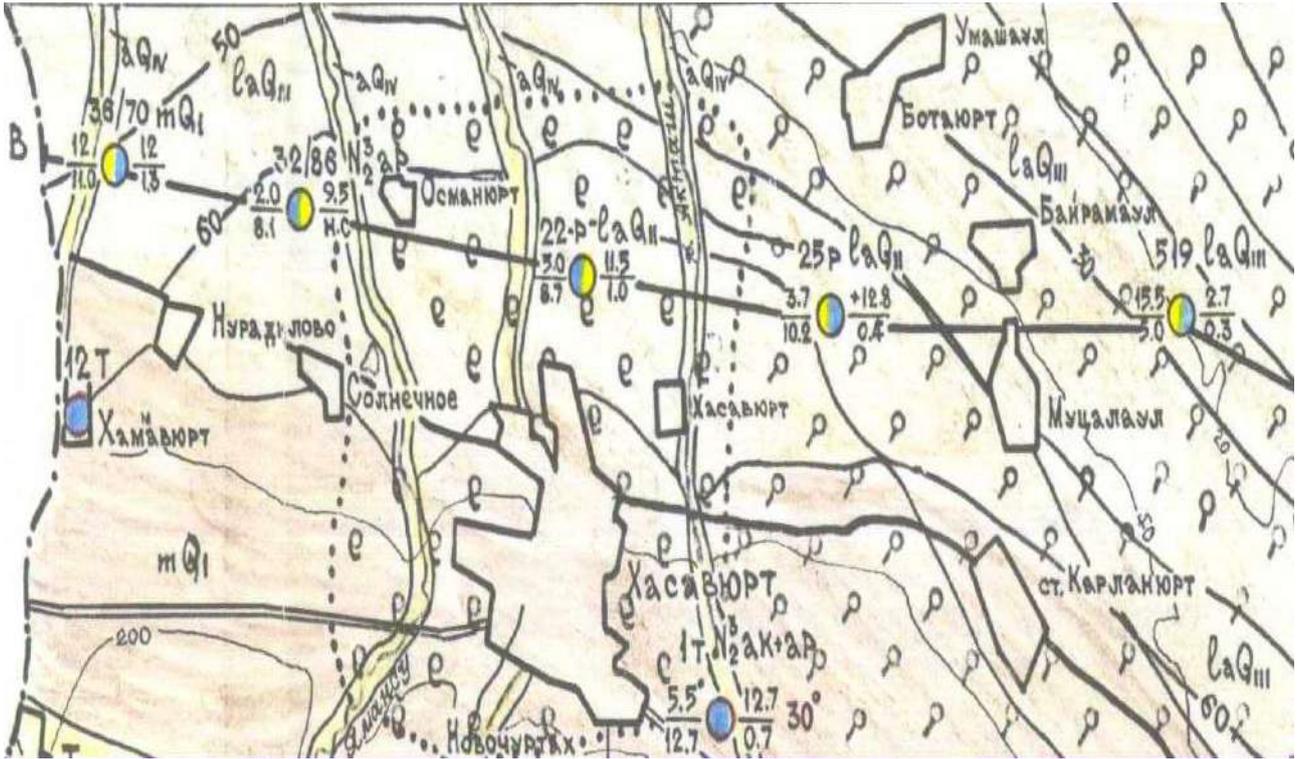


Рис. 2 Гидрогеологическая карта



Рис. 3 Гидрогеологический разрез по линии В - Г

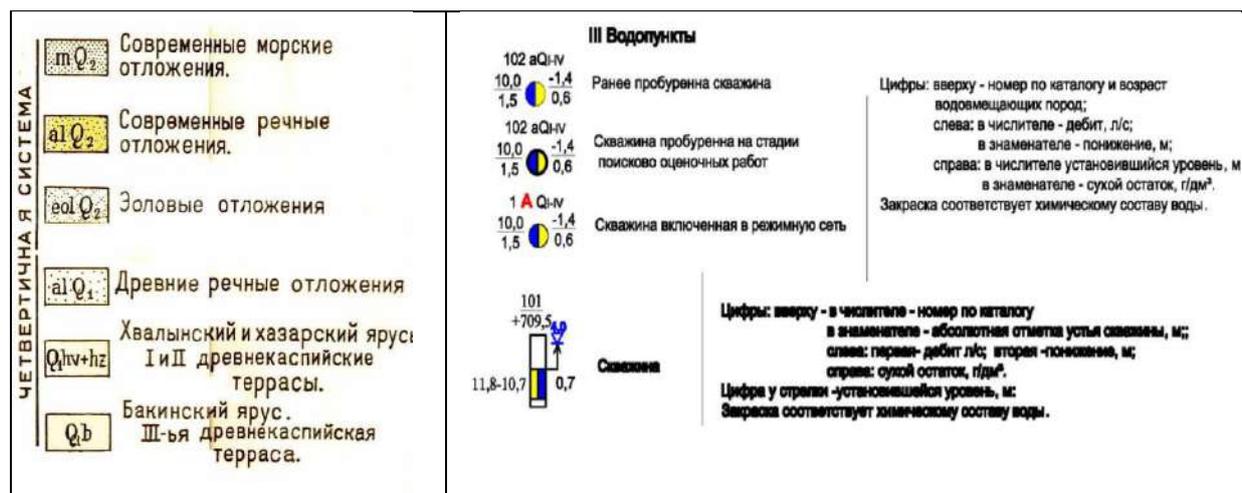


Рис. 4 Условные обозначения к гидрогеологической карте.

Область питания подземных вод водоносных горизонтов, комплексов находится на северо-западном склоне мегантиклинория Большого Кавказа, область разгрузки – Каспийское море. Минерализация от области питания изменяется от 0 до 300 г/л и более, в водах увеличивается и содержание микрокомпонентов. Химический состав – от гидрокарбонатно-хлоридного кальциевого и натриевого до хлоридно-кальциево-натриевого и - натриевого. Газовый состав вод- от углекислого, углекисло-азотного на метановый (в области разгрузки).

Ниже приводится характеристика и оценка гидрогеологических исследований основных водоносных горизонтов.

Водоносный апшеронский терригенный комплекс. Артезианские воды вскрыты разведочно-эксплуатационными скважинами на глубине 350- 440 м. Мощность комплекса 500-900 м. В обобщенном разрезе - глины, песчаные глины, прослойки песков, рыхлых песчаников. Дебиты воды в скважинах 1,2-9,0 л/сек, при понижениях 6-19,5 м. Удельные дебиты - 0,2-0,42 л/сек/м. Статистические уровни - (+7)-(+20). Минерализация - 0,3-0,7 г/л, редко 1,1 г/л. Тип воды - сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные, натриевые и кальциево-магниевые [5, 6].

Водоносный нижнечетвертичный морской горизонт (бакинский). Область питания бакинского водоносного горизонта находится в узкой полосе предгорной морской террасы. Мощность горизонта 180-230 м. В обобщенном разрезе глины, песчаные глины, пески, галечники. Грубозернистые фракции песков, а также галечники погружаются в северо-восточном направлении и фациально переходят в мелкозернистые пески. В области питания дебиты воды скважин 0,4-2 л/сек, при понижении 25,5 м. Удельный дебит - 0,1 л/сек. Минерализация - до 1 г/л. Тип воды сульфатно-кальциевые.

К северу от области питания подземные воды приобретают напоры. Пьезометрические уровни скважин - (+5,0 м) –(+23 м) от поверхности земли. Дебиты - 2,0-7,4 л/сек, при понижении 5,9 и 21,2 м. Отдельных скважин 33 л/сек, при понижении на 37 м. Удельные дебиты - 0,3-0,6 до 0,9 л/сек/м. Коэффициенты фильтрации - 7,0-10,0 м/сут. Минерализация - до 1 г/л. Тип воды гидрокарбонатно-сульфатные, кальциевые. В районе г. Хасавюрт пьезометрические, уровни скважин - (+5 м)-(+15 м). Дебиты скважин 0,3-8,8 л/сек. Удельные дебиты - 0,6-1,2 л/сек/м. Минерализация меньше 1 г/л. Тип воды - сульфатно-натриевые [7-9].

Водоносный среднечетвертичный морской горизонт (хазарский). Область питания среднечетвертичного морского горизонта находится в полосе предгорной террасы сложенной аллювиально-озерными и морскими отложениями хазарского возраста, а также в широкой предгорной пойме реки Сулак, сложенной современными четвертичными аллювиальными отложениями. Мощность горизонта 50-70 м. В разрезе глины, песчаные глины, прослойки песков,

галечников. Дебиты скважин 1,2-2,1 л/сек, при понижении 8,7 м. Удельные дебиты 0,05-0,25 л/сек/м.

Минерализация 0,9-1,2 г/л. Тип воды гидрокарбонатно-сульфатные, кальциевые – магниевые. Статистические уровни - до (+10,4 м). Температура - 12°-14°С.

Водоносный среднечетвертичный озерно-аллювиальный горизонт (хазарский). Область питания водоносного горизонта находится на предгорной террасе хазарского возраста. Мощность горизонта 110-150 м. В обобщенном разрезе - галечники, пески грубозернистые, суглинки, прослой песчаной глины. Скважинами вскрыты два наиболее обводненных слоя на глубине 71,3-87,4 м, мощность 3-5 м на глубине 106,6-123,5 м, мощность 5-11 м. Дебиты воды из первого слоя 0,2-6,4 л/сек. Пьезометрические уровни - (+1 м) – (+1,5 м). Минерализация - до 1,3 г/л. Тип воды - сульфатно-кальциевые. Дебиты воды из второго слоя 12,4-15,5 л/сек, при понижении 5-55 м. Удельные дебиты - 0,23-3,1 л/сек/м. Пьезометрические уровни до +9,2 м. Минерализация - до 0,5 л/сек. Тип воды гидрокарбонатно-кальциевые.

Водопроницаемый верхнечетвертичный озерно-аллювиальный горизонт (хвалынский). Область питания верхнечетвертичного озерно-аллювиального горизонта находится в северной части листа - части террасы хвалынского возраста. Мощность горизонта до 60 м. В обобщенном разрезе - галечники, гравий, пески, суглинки, редко глины. Грунтовые воды горизонта вскрыты мелкими скважинами и колодцами на глубине 2,5 5,8 м. Дебиты воды колодцев - 0,04 л/сек. Минерализация - 1,2 г/л. Воды гидрокарбонатно-сульфатные.

В геологическом строении, в районе с. Батаюрт, принимают участие отложения хазаро-хвалынского яруса, древнеаллювиальные отложения бакинского и апшеронского ярусов, к которым приурочены водоносные комплексы.

В пределах Северной части Республики Дагестан (Ногайский, Тарумовский, Кизлярский, Хасавюртовский Кизилюртовский, Кумторкалинский районы) для хозяйственно-питьевого водоснабжения наиболее интенсивно используются следующие водоносные горизонты и комплексы: неоплейстоценовые: морской средне-верхнечетвертичный хазаро-хвалынский; морской нижнечетвертичный бакинский и эоплейстоценовый апшеронский (ТКАБ) [4].

В настоящее время населением с. Батаюрт, в основном, используются подземные воды, приуроченные к водопроницаемому современному аллювиальному горизонту. Грунтовые воды вскрыты колодцами, мелкими скважинами на глубине 5-25 м. Мощность горизонта 2-15 м. В обобщенном разрезе отложения – галечники, гравий, пески, супеси, илы, редко глины. Дебиты колодцев и скважин от 0,1-0,8 л/сек. Минерализация - 1,5-3,5 г/л. Тип воды - гидрокарбонатно-натриевые, гидрокарбонатно-сульфатные натриевые.

Санитарно-гигиеническое состояние подземных вод не отвечает требованиям ГОСТа «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения» по санитарно-химическим показателям.

Подземные воды с. Батаюрт, приуроченные к современному аллювиальному горизонту, не соответствуют гигиеническим нормативам по санитарно-бактериологическим показателям.

Результаты химических анализов подземных вод, проведенных в 2023г, свидетельствуют, что в водах присутствуют колиформные бактерии. Колиформные, общие и обобщенные колиформные бактерии относятся к индикаторной группе бактерий, которая указывает на фекальное загрязнение подземных вод и присутствия возбудителей водоассоциированных бактериальных кишечных инфекций. Содержание патогенных микроорганизмов обозначает невозможность применения воды для питья, приготовления пищи.

Для водоснабжения с. Батаюрт гидрогеологическими исследованиями установлена весьма высокая прикладная значимость водоносного бакинского горизонта.

По результатам анализа фондовых материалов видно, что воды бакинского водоносного горизонта могут быть использованы как для орошения сельскохозяйственных земель так и для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Литологически водоносный горизонт бакинского яруса представлен переслаиванием глин, песков и галечников.

Глубина залегания водоносных горизонтов в пределах района работ от 100 до 380 м.

Мощность галечников составляет 5-10 м, иногда достигая 20 м.

Воды этого комплекса, состоящего из несколько этажно-расположенных горизонтов, напорные.

Причем, в области питания статические уровни составляют 15-50 м ниже поверхности земли.

К северу от города Хасавюрта воды становятся самоизливающимися с пьезометрическим уровнем от +5 до +15 м. Дебиты изменяются от 3,0 до 8,8 л/с. Воды бакинского яруса пресные, с величиной сухого остатка до 1,0 г/л. По химическому составу воды сульфатные кальциевые.

В Хасавюртовском районе были проведены геологоразведочные работы по предварительной разведке Хасавюртовского месторождения пресных подземных вод (1970-1973 гг.)

В результате было изучено Хасавюртовское месторождение подземных вод, расположенное к северу от г.Хасавюрта на предгорной аллювиально-пролювиальной равнине, образованной выносами рек Акташ и Ярык-Су.

В толще четвертичных отложений было выделено три перспективных водоносных горизонта пресных вод, приуроченных к галечникам древнего аллювия и бакинского яруса.

Общие эксплуатационные запасы подземных вод по трем водоносным горизонтам составили 265 тыс.м³/сут, в том числе 3,0 тыс.м³/сут по категории «В» и 23,5 тыс.м³/сут по категории «С1».

Естественные ресурсы подземных вод, подсчитанные по расходу потока, составили 36,0 тыс.м³/сут.

По данным предварительной разведки был выбран участок для заложения проектного водозабора и проведения детальной разведки, который расположен в центральной части разведанной водоносных горизонтов.

В 1974-75 гг. была проведена детальная разведка Хасавюртовского месторождения пресных подземных вод [5].

Разведанные эксплуатационные запасы подземных вод четвертичных отложений составили 25 тыс.м³/сут, в том числе по категориям: А- 10,6 тыс.м³/сут; В- 9,4 тыс.м³/сут; С₁- 5,0 тыс.м³/сут.

Участок, где возможно проектирование гидрогеологической скважины находится в 4-5 км северо-восточнее участка детальной разведки. Глубина проектной скважины составит 350м.

Применительно к гидрогеологическим условиям участка проектируемого водозабора расчет его обеспеченности запасами подземных вод может быть произведен гидродинамическим методом по схеме для изолированных неограниченных пластов в платформенных артезианских бассейнах.

Ввиду наличия действующих скважин, эксплуатирующих бакинский (Q_{1b}) водоносные горизонты в близлежащих населенных пунктах, центры последних принимаются условными центрами водозабора и расчеты производятся с учетом взаимодействия скважин.

Гидрогеологические параметры (коэффициенты фильтрации и пьезопроводности) приняты по аналогии с данными, полученными при ранее проведенных работах.

По этим данным, для тонко-мелкозернистых песков коэффициент фильтрации был равен 5,6 м/сут, а коэффициент водопроводности 73 м²/сут. при эффективной мощности 156м.

Общая расчетная зависимость для определения понижений (S) от влияния действующих водозаборов и в проектной скважине (S₀) имеет вид [3]:

$$S = \frac{Q \ln R/r}{2nkm}$$

где: R – радиус влияния скважины, равный $1,5 \sqrt{at}$;

r – радиус фильтра скважин, 0,101м;
 a – коэффициент пьезопроводности, м²/сут, 10⁵;
 t – время эксплуатации, 10⁴ сут;
 Q – максимальная производительность скважины, 432м³/сут;
 $n = 3,14$;
 k – коэффициент фильтрации;
 m – эффективная мощность проектной скважины, 25м.

$$R = 1,5 \sqrt{at} = 31 \text{ км.}$$

$$\ln R/r = \ln(31/0,101) = 5,72$$

$$S = \frac{432 \times 5,72}{2 \times 3,14 \times 5,6 \times 25} = 2,9 \text{ м}$$

В настоящее время статический уровень 10м, а с учетом снижения уровня воды по скважине (2,9м) динамический уровень составит 7м.

Полученная срезка статического уровня воды (2,9м) дает основание считать водоотбор из скважины в количестве 432 м³/сут вполне обеспеченным запасами артезианских вод.

Учитывая геологические, гидрогеологические условия участка работ, расчеты гидрогеологических параметров на 25-ти летний срок эксплуатации водоносного горизонта, изменения макро- и микрокомпонентного состав подземных вод не произойдет.

Район работ, где проектируется скважина находится в 4-5 км северо-восточнее участка детальной разведки.

Стадийность работ соответствует общим поискам и проектная скважина классифицируется как разведочно-эксплуатационная.

Проектом предусматривается опробовать водоносные горизонты нижнечетвертичных отложений бакинского яруса в интервалах уточненным по результатам ГИС.

При опробовании водоносных горизонтов необходимо предусмотреть установку кожуховых фильтров. Тип фильтров определен в соответствии с механическим составом водоносных пород, представленных мелкозернистыми песками и опытом эксплуатации ранее пробуренных скважин. Скважность труб принимается на каркасе не менее 15% площади их наружной поверхности.

Эксплуатация подземных вод на участке не может оказывать отрицательного влияния на общий водный баланс района и окружающую среду в связи с тем, что ежегодно происходит восполнение запасов подземных вод.

Напорные воды на участке, приуроченные к бакинскому водоносному комплексу (Q_{1b}) относятся к защищенным подземным водам.

Кровля второго водоносного комплекса перекрыта сплошным водоупором, плотными глинами ($k_f \leq 1 \cdot 10^{-3}$ м/сут), мощностью 60м, который исключает возможность перетекания подземных вод в эксплуатируемый водоносный горизонт из вышележащих водоносных горизонтов.

По степени естественной защищенности подземные воды эксплуатируемого водоносного комплекса относятся к напорным межпластовым, защищенным.

На основании выше сказанного, можно сделать вывод, что подземные воды относятся к защищенным в соответствии с п.2.2.1.2. СанПиН 2.1.4.1110-02, а именно «К защищенным подземным водам относятся напорные и безнапорные межпластовые воды, имеющие в пределах всех поясов ЗСО сплошную водоупорную кровлю, исключаящую возможность местного питания из вышележащих недостаточно защищенных водоносных горизонтов».

Участок характеризуется благоприятным для строительства водозабора условиями: распространением суглинков в верхней части разреза, отсутствие очагов химического загрязнения, промышленных предприятий.

При составлении данного заключения использованы фондовые материалы, находящиеся в информационной базе Института геологии ДФИЦ РАН.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. Номер НИОКТР 122032200276-7.

Литература

1. Василенко В.П., Паниев Э.С. и др. Геологическая карта Кавказа, 1975.
2. Никандрова З.П. Отчет о детальной разведке Хасавюртовского месторождения пресных подземных вод 128 стр. текста, 76 стр. текст. прил., 19 граф. прил., 21 библиограф. г. Махачкала ноябрь 1975 г. Фонды ДГРЭ (ВГФ, ТГФ).
3. Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (методические рекомендации по проведению второго этапа работ) / Гидрогеологическая научно-производственная и проектная фирма "ГИДЕК". – М., 1995. – 72с.
4. Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Экологические аспекты содержания мышьяка в подземных водах равнинной части Дагестана // Тр. ИГ ДНЦ РАН конференция «Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия», Вып. № 63, Махачкала, 2014 г., С. 278-281.
5. Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Гидрохимическое состояние подземных вод Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (в пределах Республики Дагестан). // Журнал «Вода: химия и экология» №3, март 2014, с 3-10.
6. Самедов Ш.Г. Гидрохимический режим подземных вод Низменного Дагестана (В пределах Кизлярского района) // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа (ГЕОКАВКАЗ 2023). Том XIII / Науч. ред. И.А. Керимов, В.А. Широкова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашин. М.: ИИЕТ РАН, 2023. с. 600-606. DOI: 10.26200/GSTOU.2023.66.88.080.
7. Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Юрченко Св.А. Гидродинамический режим подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна в пределах Дагестана. // Труды Института геологии ДФИЦ РАН. 2023. № 3 (94) С. 55-60. DOI: 10.33580/2541-9684-2023-94-3-55-60.
8. Самедов Ш.Г., Газалиев И.М. Гидродинамический и гидрохимический режим Сулакского месторождения пресных подземных вод (Республика Дагестан) // Труды Института геологии ДФИЦ РАН. 2023. № 4 (95) С. 64-69. DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-64-69.
9. Мамаев С.А., Кондаков В.М., Газалиев И.М., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., Мамаев А.С., Ахмедов А.С. Базы данных скважин Терско-Кумского артезианского бассейна для 3-d моделирования на современных геоинформационных системах // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 3 (90). С. 19-27.

УДК 556.3.06

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-30-37

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ НОГАЙСКОГО РАЙОНА РД

*Самедов Ш.Г.**Институт геологии ДФИЦ РАН*

В статье представлен обзор и анализ гидрохимического режима и проблемы микрокомпонентного загрязнения подземных вод в пределах Ногайского района Республики Дагестан, отражены основные изменения в гидрохимическом режиме пресных подземных вод. Изучение режима подземных вод необходимо для моделирования гидрогеологических условий, оценки состояния и тенденций их изменения, прогнозирования происходящих в них процессов, оценки состояния ресурсной базы по подземным водам. В условиях складывающейся неблагоприятной ситуации, вопросы рационального использования подземных вод приобретают особую значимость, становится особенно актуальным изучение процессов мышьяковистого, железистого загрязнения, превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) марганца, фенола в пресных подземных водах. Необходимость обеспечения населения Ногайского района качественными питьевыми подземными водами определяет актуальность проведенных исследований.

Ключевые слова: Ногайский район, месторождение пресных подземных вод, предельно допустимые концентрации, класс опасности, хозяйственно-питьевое водоснабжение, водоносный комплекс, ресурсы, загрязняющие вещества, водоотбор, водозаборные скважины.

HYDROCHEMICAL REGIME OF GROUNDWATER WITHIN THE NOGAI REGION OF RD

*Samedov Sh.G.**Institute of Geology DFRC RAS*

The article presents a review and analysis of the hydrochemical regime and the problem of microcomponent pollution of groundwater within the Nogai district of the Republic of Dagestan, reflects the main changes in the hydrochemical regime of fresh groundwater. Study of groundwater regime is necessary for modeling of hydrogeological conditions, assessment of the state and trends of their changes, forecasting of processes occurring in them, assessment of the state of the resource base on groundwater. Under the emerging unfavorable situation, the issues of rational use of groundwater become especially important, it becomes especially relevant to study the processes of arsenic, iron pollution, exceeding the maximum permissible concentrations (MPC) of manganese, phenol in fresh groundwater. The need to provide the population of Nogai district with quality drinking groundwater determines the relevance of the research.

Keywords: Nogai district, fresh groundwater deposit, maximum permissible concentrations, hazard class, drinking water supply, aquifer complex, resources, pollutants, water withdrawal, water intake wells.

В процессе обследования скважин в Ногайском районе РД уточнялось местоположение и санитарно-техническое состояние скважин, выяснялся режим работы водозаборов, цель водопользования, химический состав подземных вод (ПВ).

Были выполнены исследования по изменению химического состава подземных вод с отбором проб воды на химические анализы.

Объектами наблюдений на территории Республики Дагестан являются 13 основных водоносных горизонтов широко используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения (ХПВ), по ним разведаны 56 месторождений и участков, действует более 3,7 тыс. водозаборов и откартировано 46 участков загрязнения ПВ в пределах двух гидрогеологических структур II порядка – Восточно-Предкавказском артезианском бассейне (ВПАБ) и Большекавказской гидрогеологической складчатой области (БГСО) [1,4].

Размещение наблюдательных пунктов в пределах артезианских бассейнов неравномерно.

В Восточно-Предкавказском АБ - 66% наблюдательной сети расположено в пределах северной части АБ, 6% - центральной части АБ и 28% - южной части АБ.

Наибольшее количество государственной опорной наблюдательной сети (ГОНС) и локальной наблюдательной сети (ЛНС) расположено в Ногайском районе РД (табл. 1).

Процент обеспеченности и локальной сетями объектов мониторинга составляет: по основным водоносным горизонтам и комплексам – 61%, по месторождениям питьевых и технических подземных вод - 8%, по водозаборах подземных вод - менее 1 %.

Таблица 1

Состав и структура наблюдательной сети мониторинга подземных вод на территории Ногайского района

Количество действующих наблюдательных пунктов					Количество действующих специализированных наблюдательных объектов (СНО)			
Всего	по характеру режима		по принадлежности		Всего	в том числе по типам		
	естественный	нарушенный	ГОНС	ЛНС		наблюдательные площади (участки)	одиночные наблюдательные объекты	наблюдательные створы
29	24	5	26	3	6	3	2	1

Изучение гидрохимического состава ПВ по основным эксплуатационным водоносным горизонтам и комплексам, используемым для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Ногайского района на соответствие их качества нормативным требованиям проводилось на 34 пунктах.

По результатам выполненных работ дана оценка гидрохимического состояния ПВ основных водоносных горизонтов (табл. 2).

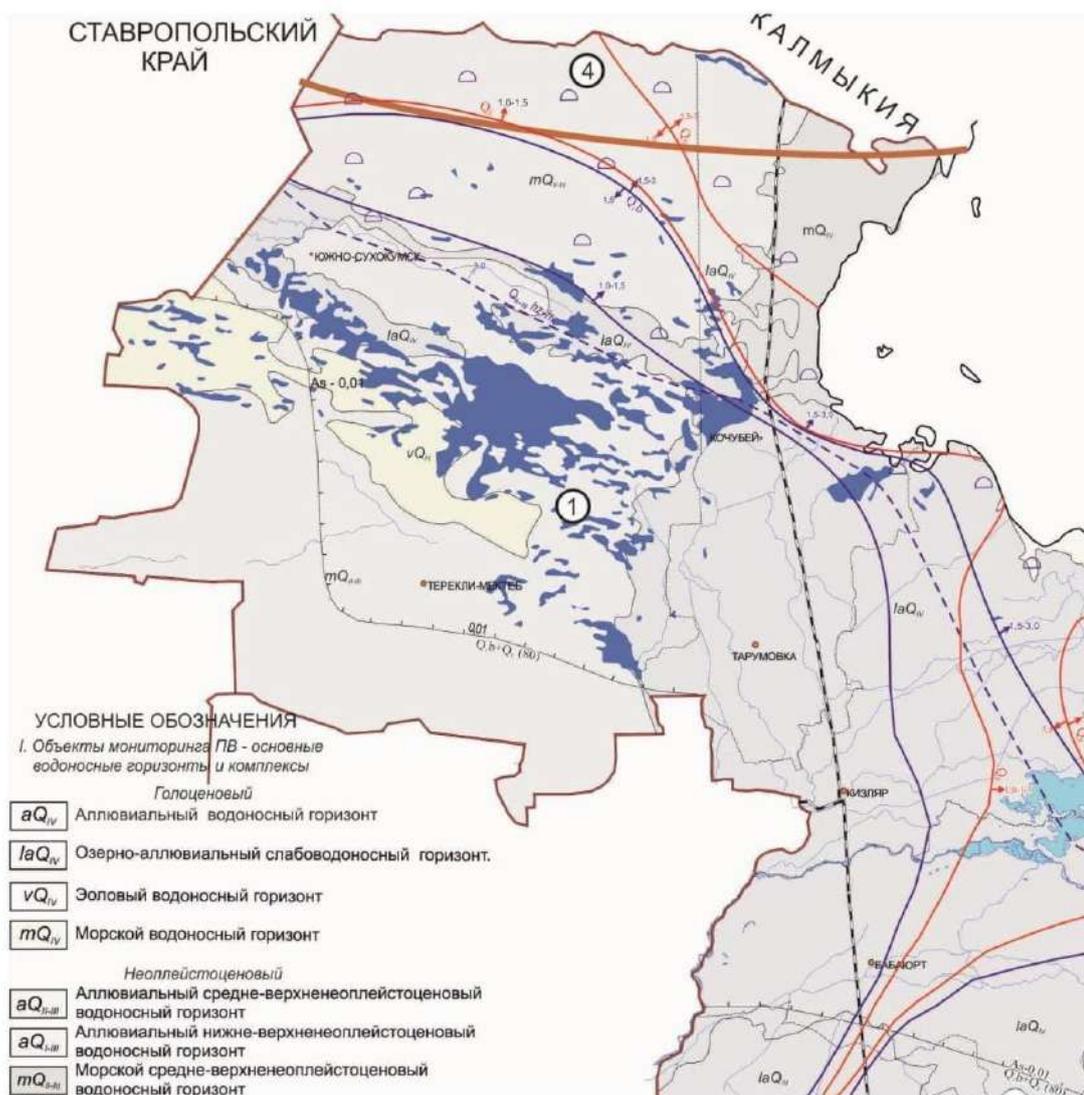
По результатам гидрохимического опробования основных водоносных горизонтов на территории Ногайского района отмечено следующие:

Юго-Западная площадь загрязнения (Терекли-Мектеб-Кунбатарский пост, пл.1 и 2) по морскому нижнеэоценовому и эоценовому водоносным горизонтам по-прежнему отмечены превышения: по мышьяку 2,7-12,5 ПДК, что выше, чем в 2022г на более, чем 10 ПДК; по кремнию 1,2-1,6 ПДК; бромю 1,0-2,7 ПДК (табл. 3, Рис. 1), в 2021г вновь отмечен бор -1,6 ПДК и марганец -1,38 ПДК, и впервые зафиксировано превышение по общей жесткости, составившее 1,1-1,4 ПДК. Площадь загрязнения в сравнении с 2022г. не изменилась и составляет 692,78 км² (табл. 4).

Западно - Ногайская площадь загрязнения (Бажигановский пост) по морскому эоценовому водоносному горизонту по-прежнему отмечено повышенное содержание бора 8,6 ПДК и брома 4,1 ПДК, вновь отмечен мышьяк до 23 ПДК и увеличился сухой остаток до 1,1 ПДК, но не отмечен марганец, в 2022г составившей 1,8 ПДК. Площадь загрязнения в сравнении с 2022г. не изменилась и составляет 140,41 км² (табл. 4).

В пределах Северо-Дагестанской площади природно-техногенного загрязнения по эоценовому водоносному горизонту, в микрокомпонентном составе подземных вод, по-прежнему отмечено повышенное содержание мышьяка 19,7-31,7 ПДК, бора 6,6-9,6 ПДК, брома 3,6-3,8 ПДК (табл. 3). Величина сухого остатка не превысила ПДК, но отмечено увеличение общей жесткости до 1,2-1,3 ПДК (табл. 4).

Площадь загрязнения в сравнении с 2022г. не изменилась и составляет 2939,13 км².



II	Изолинии гидрохимических аномалий
\uparrow As \uparrow $Q_{1b}+Q_E(80)$	мышьяк (стрелка указывает направление увеличения концентрации). Индекс – водоносный горизонт (комплекс), где выявлено превышение ПДК компонента. Цифра в скобках – процент скважин от общего их числа, где выявлено превышение ПДК компонента
Q_E \uparrow \downarrow	по апшеронскому ВК (стрелка указывает увеличение – снижение величины минерализации, г/дм ³)
Q_{1b} \uparrow \downarrow	по бакинскому ВК
$Q_{11-IIIbZ-hv}$ \uparrow \downarrow	по хазаро-хвалынскому ВК
①	Терско-Кумский артезианский бассейн III порядка
②	Кумо-Манычский артезианский бассейн III порядка

Рис. 1 Схематическая карта природного несоответствия качества подземных вод территории Ногайского района

Таблица 2

Результаты гидрохимического опробования подземных вод на общий химический анализ по ГОНС за 2023г.

№ п/п	№ ПН	Дата отбора	Номер пробы	Единица измер. веществ	НСО3-	Cl-	SO4-	Ca++	Mg++	Na+ и K+	PH	Сухой остаток мг/дм3	Жесткость общая мг-экв/дм3	NH4	NO2	NO3	Fe	нефтепродукты	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Бажигановский пост																			
1	907	27.05.23	297	мг/л	1121,7	3,2	43,4	13,8	8,4	437,0	8,2	1100	1,4	0,95	<0,01	0,1	0,11	<0,005	
				мг-экв/л	19,4	0,1	0,9	0,7	0,7	19,0									
				% экв	95,1	0,5	4,4	3,5	3,4	93,1									
2	881	27.05.23	298	мг/л	450,7	46,0	124,1	37,6	17,3	202,4	8,0	680	3,3	0,25	<0,01	13,2	0,06		
				мг-экв/л	8,2	1,3	2,6	1,9	1,4	8,8									
				% экв	67,7	10,8	21,5	15,7	11,6	72,7									
Кочубеевский пост																			
3	1АКТ	27.05.23	299	мг/л	890,1	32,5	1,2	46,8	38,6	248,9	8,1	840	5,5	0,20	<0,01	<0,1	0,09		
				мг-экв/л	18,4	0,9	0,02	2,3	3,2	10,82									
				% экв	94,4	5,5	0,1	14,1	19,6	66,3									
Терекли-Мектеб-Кунбатарская площадка I																			
4	743 б	27.05.23	300	мг/л	219,5	4,3	124,5	108,9	25,5	2,3	7,8	424	7,5	0,18	<0,01	<0,1	0,10	<0,005	
				мг-экв/л	3,8	1,2	2,6	5,4	2,1	0,1									
				% экв	50,0	15,8	34,2	71,0	27,6	1,4									
5	745ц	27.05.23	301	мг/л	158,4	18,9	119,7	60,1	30,4	6,9	8,2	324	5,5	0,16	0,50	<0,1	<0,01		
				мг-экв/л	2,8	0,5	2,5	3,0	2,5	0,3									
				% экв	48,3	8,6	43,1	51,7	43,1	5,2									
6	744ц	27.05.23	302	мг/л	146,2	18,8	116,8	60,1	24,3	11,5	8,3	316	5,0	0,20	0,11	<0,1	<0,01		
				мг-экв/л	2,6	0,5	2,4	3,0	2,0	0,5									
				% экв	47,3	9,1	43,6	54,5	36,4	9,1									
7	103ц	27.05.23	303	мг/л	36,4	7,0	10,2	20,0	6,1	6,9	10,3	98	1,5	0,15	0,08	0,2	0,10	<0,005	
				мг-экв/л	0,8	0,8	0,2	1,0	0,5	0,3									

Таблица 3

Гидрохимическое состояние ПВ в пределах северной части ВПАБ на территории РД												
№ п/п	Год образования	Суточный остаток г/лм ³	Аммоний, мг/лм ³	Нитриты, мг/лм ³	Нитраты, мг/лм ³	Общая жесткость мг-экв/лм ³	Нефтепродукты, мг/лм ³	As, мг/лм ³	Si, мг/лм ³	B, мг/лм ³	Mn, мг/лм ³	Br, мг/лм ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПСК, мг/лм ³		1500	1,5	3,3	45,0	7	0,1	0,01	20-25	0,5	0,1	0,2
морской эоплейстоценовый водоносный горизонт												
738а	2022	262	0,06	<0,01	<0,1	0,6		0,0027	1,54	0,66	0,064	0,40
	2023	240	0,09	<0,01	<0,1	4,5		0,0036	1,4	0,45	0,049	<0,2
744д	2022	356	0,17	0,11	<0,1	0,9		0,020	17,6	<0,005	0,32	0,54
	2023	316	0,20	0,11	<0,1	5,0		0,125	16,3	0,42	0,038	<0,2
745д	2022	352	0,09	1,18	<0,1	1,1		0,020	31,1	0,33	<0,005	0,27
	2023	324	0,16	0,50	<0,1	5,5		0,104	29,2	0,2	0,051	<0,2
1-АКЮТ	2022	820	0,35	6,13	0,3	0,7		0,020	30,1	1,70	<0,005	0,40
	2023	704	0,30	1,12	0,3	11,1		0,255	28,1	1,71	0,022	0,40
907	2022	912	0,24	<0,01	1,1	1,9	<0,005	<0,002	7,94	2,20	0,18	1,43
	2023	1100	0,95	<0,01	0,1	1,4	<0,005	0,231	13,3	4,29	0,009	0,82
902	2022	863	0,17	<0,01	<0,1	1,4		0,02	32,9	1,7	0,048	0,4
	2023	712	0,35	0,05	<0,1	1,1		0,301	30,9	1,62	0,047	0,22
1 АКТ	2022	780	0,36	<0,01	<0,1	0,5		0,020	9,71	3,44	0,008	0,93
	2023	840	0,20	<0,01	<0,1	5,5		0,199	12,8	4,78	0,01	<0,2
39/59	2022	796	0,72	0,02	0,2	0,6		0,020	9,39	3,32	0,011	0,40
	2023	848	0,17	0,02	0,1	8,5		0,317	13,0	3,76	0,010	0,75
264-К	2022	1128	0,69	0,10	0,4	0,7		0,020	9,92	5,60	0,008	0,41
	2023	784	0,08	0,10	0,2	9,1		0,197	9,2	3,30	0,010	0,72
морской нижнеолейстоценовый водоносный горизонт												
737д	2022	648	0,29	<0,01	1,8	7,3		0,002	8,86	1,05	0,035	0,27
	2023	520	0,12	<0,01	1,2	9,7		<0,002	6,5	0,8	0,138	0,22
743б	2022	568	0,11	<0,01	<0,1	4,0	<0,005	0,020	28,9	0,40	0,40	<0,005
	2023	424	0,18	<0,01	<0,1	7,5	<0,005	0,0273	24,2	0,36	0,013	<0,2
881	2022	640	14,0	<0,01	1,3	2,0						
	2023	680	0,25	<0,01	13,2	3,3						
900	2022	1002	0,48	0,08	9,9	1,0						
	2023	840	0,18	0,07	0,5	9,8						
903	2022	1402	0,48	0,54	0,1	13,1						
	2023	1272	0,20	<0,01	0,1	16,1						
11/46	2022	1646	5,10	0,09	4,3	2,3		0,020	27,7	3,43	0,131	1,26
	2023	652	0,16	0,09	1,1	11,2		0,0675	26,4	0,29	0,299	0,21
морской средне-верхнеолейстоценовый водоносный горизонт												
904	2022	1124	1,24	<0,01	<0,1	7,0						
	2023	1000	0,96	0,41	<0,1	7,3						
905	2022	1178	1,86	0,42	<0,1	8,2						
	2023	1192	0,41	<0,01	<0,1	7,8						
896	2022	168	0,03	<0,01	0,3	0,3						
	2023	148	0,10	<0,01	1,0	2,5						
103д	2022	124	0,13	0,08	0,2	0,64	<0,005					
	2023	98	0,15	0,08	0,2	1,5	<0,0005					

Таблица 4

Участки загрязнения подземных вод, выявленные и обследованные на территории Ногайского района в 2023г

№№ п/п	Участок загрязнения	Источник загрязнения	Площадь загрязнения, км ² 2021 2022	№№ скв.	Наименование загрязняющих веществ	Концентрация загрязняющих веществ и показатели	Вещества норматива	Интенсивность загрязнения, мг/дн ³	Класс опасности	Загрязняющие вещества	Водоносн ^о горизонт (комплекс)	Глубина, м							
												индекс	по глубине	уровня					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
1	Юго-Западная Ногайская площадь, нефтепровод с. Терекли-Мектеб	Разработка нефтяных месторождений, нефтепровод «Грозный-Баку»	692,78 692,78	7436	жесткость	7,50	7,0	1,1	-	-	Q1b	Нижнео-плейстоцено-вый	147	208	+1,15				
																мышьяк	0,027	0,01	2,7
					кремний	24,20	20	1,2	2										
					мышьяк	0,125	0,01	12,5	1	Qзар	Эоплейсто-ценовый	268	303	+3,99					
															бром	0,54	0,2	2,7	2
					мышьяк	0,104	0,01	10,4	1	Qзар	Эоплейсто-ценовый	370	400	+5,25					
															кремний	31,1	20	1,6	2
					жесткость	9,70	7,0	1,4	-	Q1b	Нижнео-плейстоцено-вый (бакинский)	120	172	3,68					
															бром	0,22	0,2	1,1	2
															бор	0,8	0,5	1,6	2
марганец	0,138	0,1	1,38	3															
907	Селетевная зона г.Южно-Сухокумск, площади разраб. нефтяных месторождений	сухой остаток	1100	1000	1,1	-	228	237	1,02										
										мышьяк	0,23	0,01	23,0	1					
										бром	0,82	0,2	4,1	2					
										бор	4,29	0,5	8,6	2					
3	Северо-Дагестанская площадь, с.Кочубей, 32-35км на север	Эксплуатация подземных вод, подпитывание некондиционны х вод со стороны Кальмики, разработка нефтяных месторождений	2939,13 2939,13	1АКТ	мышьяк	0,199	0,01	19,9	1	Qзар	Эоплейсто-ценовый	430	585	+18,6					
															бор	4,78	0,5	9,6	2
				264-к	жесткость	9,1	7,0	1,3	-	-	353	367	+1,94						
														мышьяк	0,197	0,01	19,7	1	
				бром	0,72	0,2	3,6	2	Qзар	Эоплейсто-ценовый (апшеронский)	-	-	-						
														бор	3,3	0,5	6,6	2	
				39/59	жесткость	8,5	7,0	1,2	-	-	304	312	+0,45						
														мышьяк	0,317	0,01	31,7	1	
														бром	0,75	0,2	3,8	2	
														бор	3,76	0,5	7,5	2	

В целом, по результатам оценки гидрохимического состояния подземных вод в пределах северной части ВПАБ необходимо отметить, что по макрокомпонентным показателям в разрезе от средне-верхнеоплейстоценовых до эоплейстоценового ВГ отмечено снижение величины сухого остатка и нитритов: по средне-верхнеоплейстоценовому сухой остаток с 1,1ПДК до ПДК нитриты не превышают предельно допустимых концентраций, по нижнеоплейстоценовому ВГ величина сухого остатка снизилась с 1,4-1,6 ПДК до 1,3 ПДК, по эоплейстоценовому ВГ величина сухого остатка и концентрация нитритов, в основном в пределах предельно допустимых концентраций [1-7].

При этом отмечено резкое возрастание значений общей жесткости практически по всем эксплуатационным горизонтам, особенно не характерно это для нижнеоплейстоценового и эоплейстоценового ВГ до 1,1ПДК-1,61 ПДК. Качество ПВ на большей части территории Ногайского района не отвечают требованиям СанПиН 1.2.3685-21.

При составлении данного заключения использованы фондовые материалы, находящиеся в информационной базе Института геологии ДФИЦ РАН.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. Номер НИОКТР 122032200276-7.

Литература

1. Самедов Ш.Г. Гидрохимический режим подземных вод Низменного Дагестана (в пределах Кизлярского района) // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа (ГЕОКАВКАЗ 2023). Том XIII / Науч. ред. И.А. Керимов, В.А. Широкова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашин. М.: ИИЕТ РАН, 2023. с. 600-606. DOI:10.26200/GSTOU.2023.66.88.080
2. Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Ибрагимова Т.И. Экологические аспекты рационального использования подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 2 (93) С. 56-60. DOI: 10.33580/2541-9684-2023-93-2-56-60
3. Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Юрченко Св.А. Гидродинамический режим подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна в пределах Дагестана. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 3 (94) С. 55-60. DOI: 10.33580/2541-9684-2023-94-3-55-60
4. Самедов Ш.Г., Газалиев И.М. Гидродинамический и гидрохимический режим Сулакского месторождения пресных подземных вод (Республика Дагестан). // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 4 (95) С. 64-69. DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-64-69
5. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Газалиев И.М., Гусейнова А.Ш., Мамаев А.С. Курбанова Л.М., Самедов Ш.Г., Курбанисмаилова А.С. Многолетняя эксплуатации Северо-Дагестанского Артезианского Бассейна-проблемы и пути их решения. // Труды Института геологии ДНЦ РАН. 2023. № 2 (93) С. 61-75. DOI: 10.33580/2541-9684-2023-93-2-61-75.
6. Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., Магомедов Р.А., Асгерова Д.Б., Галимова У.М. Об использовании пресных подземных вод засушливых регионов мира в борьбе с опустыниванием земель // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 2 (79). С. 3-12
7. Мамаев С.А., Кондаков В.М., Газалиев И.М., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., Мамаев А.С., Ахмедов А.С. Базы данных скважин Терско-Кумского артезианского бассейна для 3-d моделирования на современных геоинформационных системах // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 3 (90). С. 19-27.

УДК 551.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-38-45

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УЧАСТКАХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА У СЕВЕРНОЙ ОКРАИНЫ СЕЛЕНИЯ ДЫЛЫМ

*Сулейманов В.К., Мамаев С.А., Идрисов И.А., Атаев З.В., Черкашин В.И.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

В статье проанализированы инженерно-геологические условия участков, включающие характеристику климатических условий, геоморфологию, геологическое строение, гидрогеологические условия, физико-геологические процессы и явления.

Ключевые слова: участки №1-3, геоморфология, отложения, склон, экзогенные геологические процессы, оползень, уклон, части.

FEATURES OF ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS ON CONSTRUCTION SITES AT THE NORTHERN OUTSKIRTS OF THE DYLYM VILLAGE

*Suleymanov V.K., Mamaev S.A., Idrisov I.A., Ataev Z.V., Cherkashin V.I.
Institute of Geology DFIC RAS*

The article analyzes the engineering and geological conditions of the sites, including the characteristics of climatic conditions, geomorphology, geological structure, hydrogeological conditions, physico-geological processes and phenomena.

Keywords: sites No. 1-3, geomorphology, sediments, slope, exogenous geological processes, landslide, slope, parts.

В начале 2024 г специалистами института геологии ДФИЦ РАН проведены исследования участков, предназначенных для индивидуального жилищного строительства, расположенных на северной окраине с. Дылым Казбековского района Республики Дагестан на площади около 50 га (рис. 1). Участкам условно присвоены индексы: №1, №2 и №3.

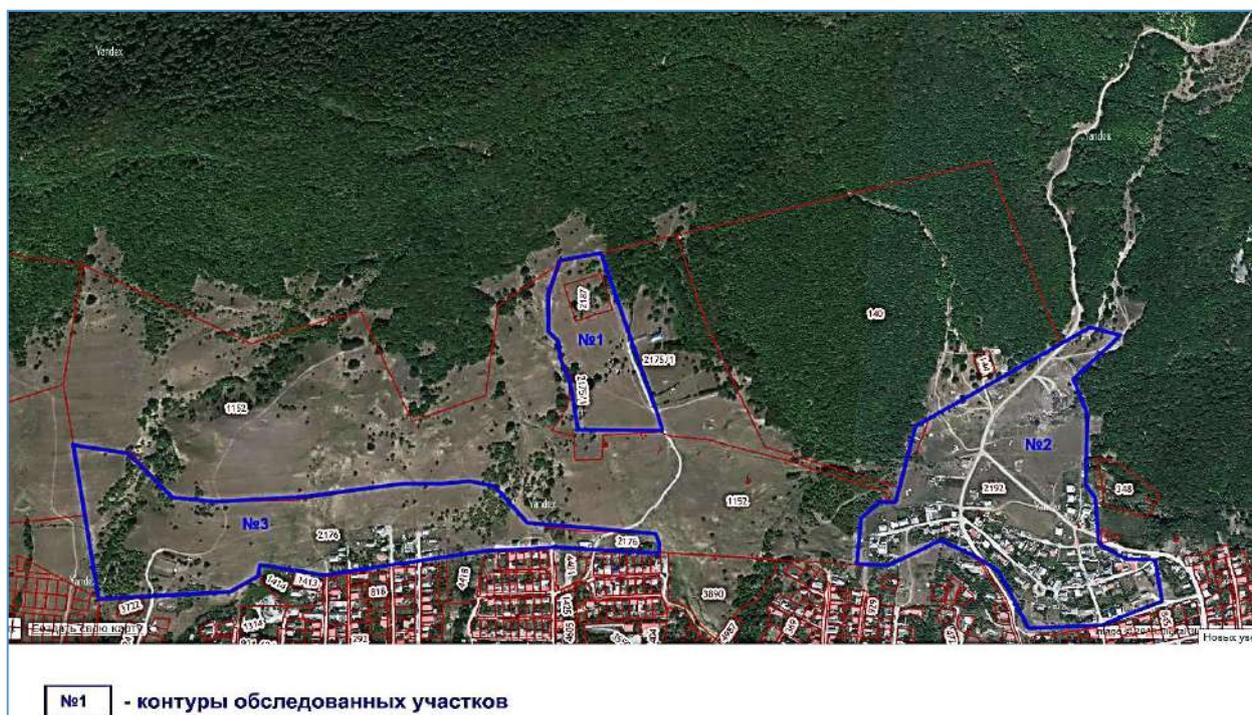


Рис. 1. Космоснимок исследованных участков

Целью являлось на основе накопленной информации регионального характера проанализировать и оценить инженерно-геологические условия участков.

Для достижения поставленной цели и получения сведений о природных условиях территории производились сбор, обработка и анализ фондовых и литературных источников по геолого-геофизическому строению района расположения участков, а также для определения инженерно-геологической обстановки, описания геоморфологии, неотектоники, развития геологических процессов современного происхождения и влияния антропогенного фактора проводилась инженерно-геологическая рекогносцировка посредством наземных маршрутов.

В геоморфологическом отношении исследованные участки расположены в пределах Предгорного Дагестана, который представляет собой самостоятельную физико-географическую провинцию и в его составе в пределах северо-западного физико-географического района, который занимает предгорную и низкогорную зону Черных гор и северные склоны хребта Салатау с высотами 200–1100 м. Участки приурочены к низкогорно-предгорной полосе в которой выделяется Дылымский лесостепной ландшафтный район. Исследованные участки расположены на средней ступени Дылымского лесостепного ландшафтного района к которой относятся склоновые местности хребтов до высоты 500–700 м с несколько большим увлажнением (до 500–600 мм в год) [1-9].

Климат района расположения исследованных участков определяется его географическим положением и рельефом местности. Район находится в Предгорном Дагестане, в области низкогорно-предгорных ландшафтных районов, что и обуславливает характер климата. По климатическим условиям район относится к северо-западной подзоне с умеренно теплым климатом и с хорошо выраженными признаками континентальности, которые, отчасти, обусловлены рельефом местности. Горные хребты большого Кавказа затрудняют доступ теплого воздуха с юга и влажного ветра с запада, а с севера открыт доступ холодным и сухим воздушным массам [2].

Площадь исследований представляет собой относительно пологие части склона хребта Гибек-кала южной экспозиции в верхней части (северной) покрытые лесом. Участки плавно понижаются с севера на юг. Поверхности относительно ровные с абсолютными отметками на южной границе 730-735 м и на северной границе 700-800 м. Участок с индексом 3 имеет некоторые поверхностно-рельефные особенности.

Гидрографическая сеть исследованных участков представлена сетью временных водотоков. В питании их участвуют дождевые и талые воды. Постоянных поверхностных водотоков на исследованных участках не имеется.

Участок №1 (рис. 2) представляет собой склон южной экспозиции хребта Гибек-кала, который плавно спускается от водораздела на юг в сторону села.

Поверхность относительно ровная с абсолютными отметками на южной границе 730-735 м и на северной границе 700-800 м.

Общий уклон рельефа в 17° на юго-юго-запад. В верхней части территории, примыкающей к лесу, уклон составляет около 27° . В центральной части уклон резко снижается, и вся южная часть имеет уклон порядка $7-8^{\circ}$.

В западной части участка расположено 2 балки, протягивающиеся в сторону села с севера на юг. Тальвеги их являются временными водотоками и заполняются водными паточками только во время выпадения осадков. Естественных выходов (родников) на территории нет. Процесс склоновой эрозии в средней и нижней частях балок является основным геологическим процессом, проходящим в них.

Поверхностные отложения на большей части имеют мощность менее 0,2 м. представлены сильно эродированными почвами. В юго-западной части в почвенном покрове отмечаются узкие небольшие трещины шириной порядка 1 см и протяженностью порядка 1 м изометричной формы. На участке имеют место развитие овражно-балочная эрозия и оползневые проявления.

Оползневые отложения представляют собой преимущественно майкопские глины с обломками песчаника размерами до 1 м.

Участок №2 также занимает южный склон хребта Гибек-кала и седловину между ним и примыкающим с юга холмом субширотного простираения.

Геоморфология участка сложная. Схема участка и примыкающих территорий, приведенная на рис. 3.

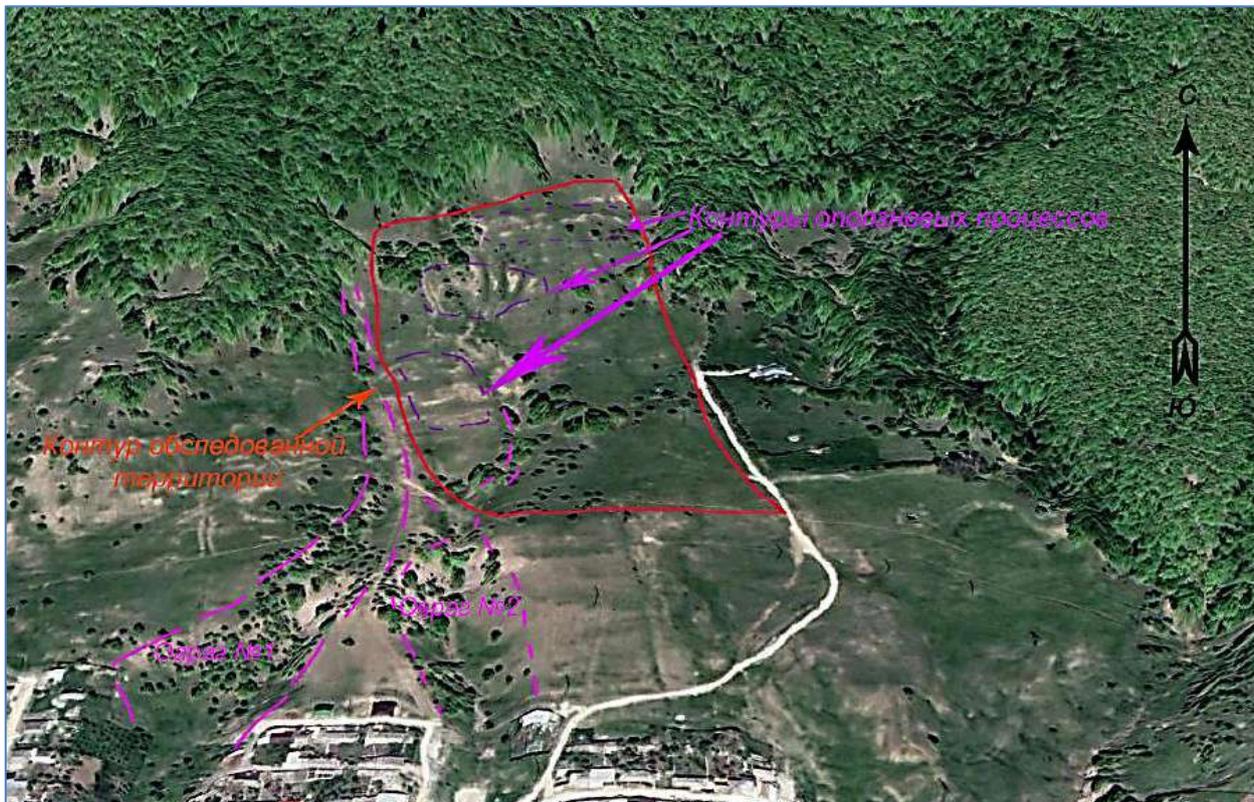


Рис. 2. Геоморфологическая схема участка 1 на космоснимке

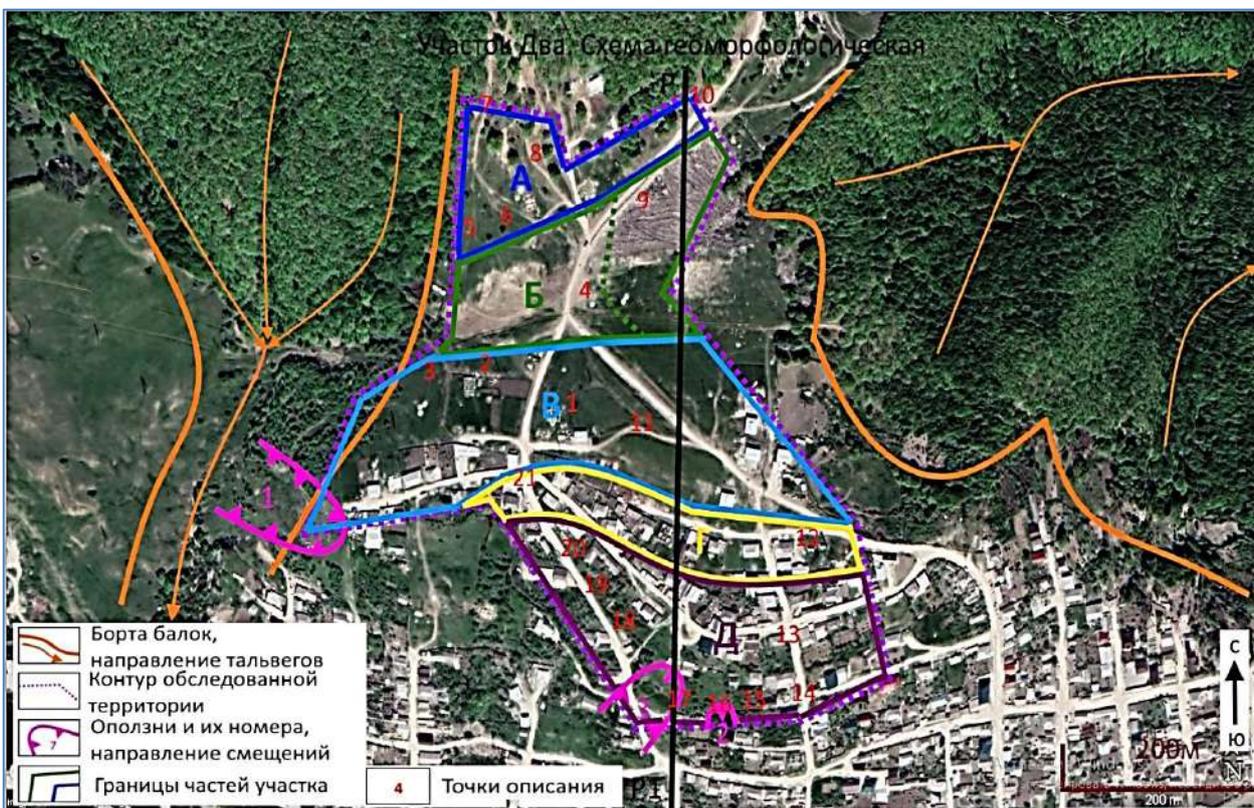


Рис. 3. Геоморфологическая схема участка №2 на космоснимке.

Участок понижается с севера на юг от высот порядка 760м до высот порядка 700м.

На основании особенностей уклонов поверхности в пределах участка выделено пять частей А, Б, В, Г, Д.

Часть А представляет собой склон хребта Гибек-кала южной экспозиции. С запада ограничена крупной балкой глубиной до 15м. Склон расчлениют небольшие овраги, глубиной до 1м.

Часть Б представляет собой седловину с уплощенной поверхностью. Ширина седловины в центральной части до 150м. В западном направлении отмечается крутой переход к балке. В целом характерен слабый уклон в восточном направлении к краю участка. На дне седловина заболочена. В восточном секторе скопление техногенных отложений и полигон бытовых отходов.

Часть В представляет собой склон холма северной экспозиции. Общая высота склона порядка 20м. Крутизна порядка 5° . На склоне отмечаются относительно небольшие подвижки грунта и построек (опоры ЛЭП и недостроенное здание) в северном направлении. В западном окончании характерен крутой переход к балке. Глубина балки порядка 15м.

Часть Г занимает плоскую поверхность холма (гряды). Ширина плоской части порядка 100м. Плотна застроена жилыми домами. Холм переходит на восток и юго-восток в гряды и представляет собой водораздел между бассейнами рек Сулак и Акташ.

Часть Д занимает склон холма южной экспозиции. Склон отличается крутизной до 10° в верхней части, на юг по склону крутизна быстро возрастает до 20° . Склон густо застроен домами. В пределах склона в ряде мест обнаружены трещины на домах, в основном трещины горизонтальные. Вероятно связаны с выжиманием грунта вниз по склону. Также обнаружено несколько оползневых очагов разной степени развития. В частности обнаружено несколько понижений рельефа со скоплениями воды – мочажин, которые представляют собой оползневые очаги в зачаточной форме. На все такие очаги осуществляется сброс поверхностных вод, что по нашему мнению и провоцирует развитие мочажин и формирование потенциально оползневого очага. Территория имеет тенденцию к образованию крупного оползня. Непосредственно с запада территория участка примыкает к активному крупному оползню шириной до 30м. Высота стенки отрыва до 10 м. Из ряда домов, расположенных выше оползня осуществляется сброс бытовых вод в оползневой очаг.

Участок №2 имеет сложное строение и его разные части резко отличаются друг от друга. Склон южной экспозиции (часть Д) имеет значительную крутизну, вероятно предельную для майкопских глин в регионе. При появлении дополнительной нагрузки, а особенно при сбросе воды на склон, он теряет устойчивость и образуются очаги оползней. В пределах части Д обнаружено несколько оползневых очагов различной степени развития, вплоть до активного сошедшего оползня.

При освоении территории примыкающей к крутым бортам балок недопустимо размещение построек вплоть до края балок и сброс вод на рельеф. В таких условиях формирование и развитие оползней практически неизбежно.

В пределах участка №2 выделяются части А, Б, В, Г, Д для которых установлены различные особенности строения и экзогенных процессов. Для освоения разных требуется проведение дополнительных инженерно-геологических изысканий.

Участок №3 расположен также на южном склоне хребта Гибек-кала на северо-западной окраине села Дылым к западу от участка №1, понижается с севера на юг от высот порядка 770м до высот порядка 690м и имеет сложную конфигурацию поверхности.

Геоморфология участка №3 сложная (рис.5).

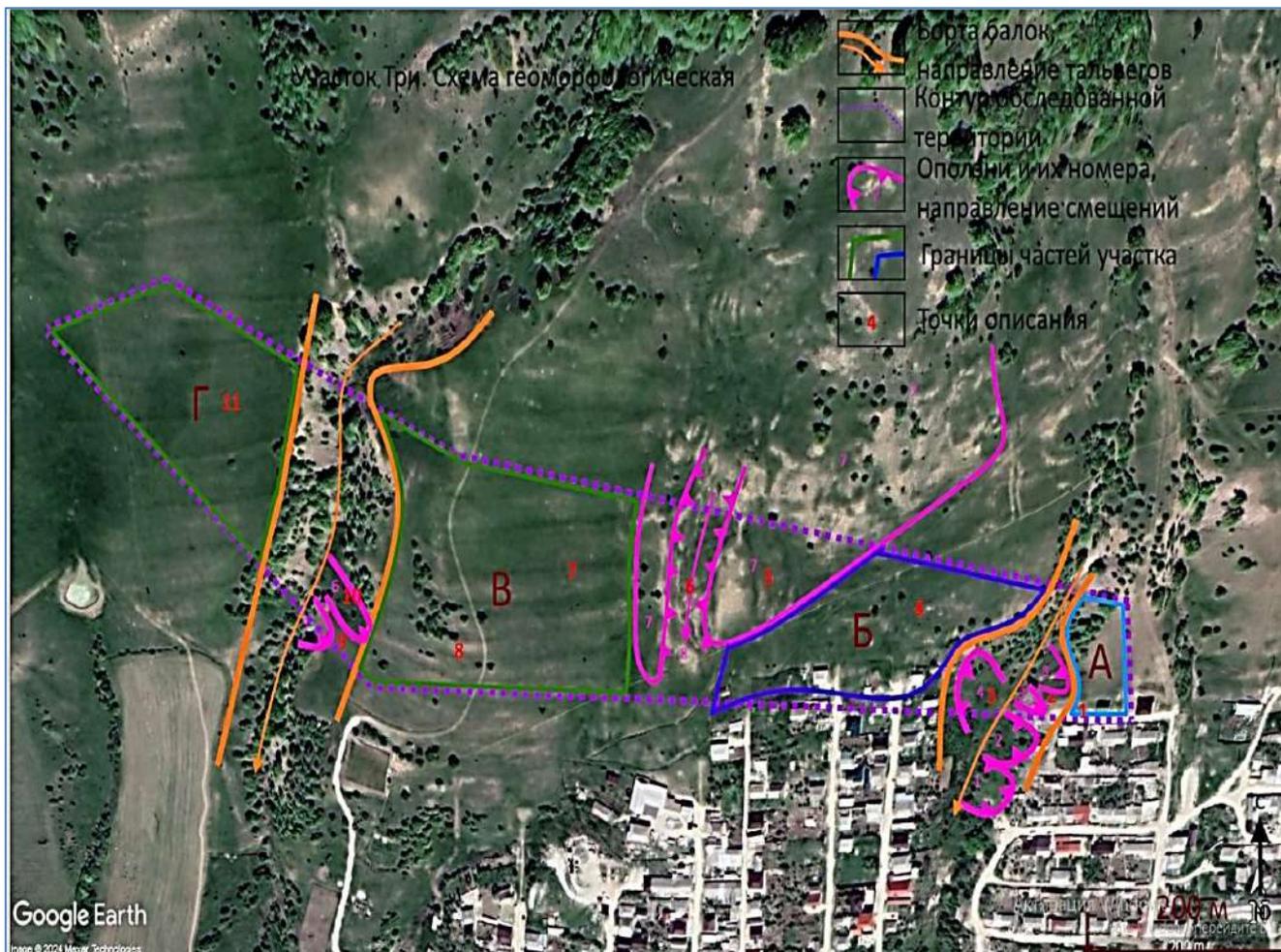


Рис. 5. Геоморфологическая схема участка №3 на космоснимке.

В целом участок № 3 представляет собой склон направленный на юг. Склон расчленяется эрозионными формами (балки разной величины). Между балками расположены относительно плоские части А, Б, В, Г, которые представляют собой водораздельные участки между балками и собственно формируют основной массив склона. Части Б и В занимают единую территорию между балками и отделяются по строению поверхностных отложений и экзогенным процессам.

Часть А представляет собой борт балки и примыкающую с востока часть межбалочного водораздела. Здесь вскрываются коренные породы (глины майкопа) которые под углом более 50° погружаются в северном направлении.

Между частями А и Б расположена балка глубиной до 15 м. Борты балки интенсивно нарушены активными оползнями. Особенно активные оползни вдоль левого борта. Цирки этих оползней доходят вплоть до хозяйственных построек. В борту правого борта отмечен стабильный оползень поперечником до 50 м.

Часть Б расположен к западу от балки южная граница которой шириной около 30 м застроена. Поверхность неровная слабоволнистая и сложена глинами и обломками песчаника. Вероятно они представляют собой склоновые плащеобразные отложения мощностью 1-2 м. В западном направлении распространены крупные оползневые валы высотой в 5 и более метров. Валы уходят и вверх по склону в сторону лесного массива и представляет собой крупный оползень, сложенный глинами и песчаниками.

Часть В, расположенная далее к западу, представляет собой склон крутизной $5-7^{\circ}$, которая увеличивается на запад, при приближении к борту крупной балки. Поверхность части В сложена

глинами с редкими обломками песчаников. Развита сильно эродированная почва. Отмечаются узкие трещины шириной порядка 1 см изометричной формы и протяженностью первые метры.

Далее к западу расположена крупная балка глубиной до 30 м с крутыми более 30° бортами, где вскрываются глины майкопа, которые погружаются на север под углом более 50°. Вверх по руслу балки вскрывается пачка переслаивания глин и песчаников мощностью до 7 м. Отложения пачки формируют сужение в русле балки, а по их простирацию на запад отмечается небольшой перегиб рельефа. В левом борту балки отмечаются два оползневых очага до 10 м в поперечнике. Следует отметить значительную глубину балки и крутизну ее склонов. При неблагоприятных условиях возможно существенное расширение на восток этих очагов и формирование новых.

Часть Г расположена далее на запад от отмеченной балки и представляет собой склон крутизной до 3° и самый оптимальный участок для освоения. В верхней части отмечается перегиб с повышением крутизны до 5°. Наличие перегиба обусловлено прохождением в склоне пачки песчаников. Поверхностные отложения на большей части имеют мощность менее 0,2 м и представлены сильно эродированными почвами.

Переход от практически плоской поверхности части Г к борту балки крутой. Породы вдоль балки в основном представлены глинами и при создании значительной нагрузки (например при постройке дома) возможна потеря устойчивости склонов и его сползание.

Следует отметить, что оползневые формы на участке № 3 быстрее развиваются на правых бортах балок. Однако учитывая большую глубину балок, крутизну склонов и дополнительное увлажнение, слагающих склоны глин, развитие оползневых процессов практически неизбежно для обоих бортов балок.

В геологическом строении (рис. 5) района расположения участков принимают участие палеоген-неогеновые отложения - майкопская свита нерасчлененная, сложенная глинистой толщей с прослоями песчаников, алевролитов и мергелей (P³₃ – N¹₁, олигоцен-нижний миоцен) [4].

Непосредственно в геолого-литологическом строении исследованных участков принимают участие отложения неогеновой системы – коренные породы майкопской свиты, которые выходят на дневную поверхность, представленные глинами с мергелями. Майкопские отложения в районе имеют мощность более тысячи метров. На участках вскрываются верхнемайкопские породы (зурамакентский) горизонт. Среди них абсолютно доминируют глины.

В тектоническом отношении район расположения участков находится в юго-восточной части Предкавказского прогиба, образовавшегося на стыке Русской платформы и складчатой системы Кавказа и приурочен к сводовой части Дылымской антиклинали. Территория отличается относительно простым тектоническим строением и представляет собой дальнейшее северо-западное и северное погружение Хадумского купола [4].

Фоновые ландшафты за пределами участков представлены широколиственными лесами с бурыми лесными почвами. В пределах участков развита травянистая растительность с сильно эродированными почвами.

Исходя из геологического строения исследованные участки не опасны в карстово-суффозионном отношении. На дневной поверхности рассматриваемых участков не выявлены какие-либо проявления инженерно-геологических процессов этого вида (воронки, провалы и т.п.).

Анализ инженерно-геологических условий показал, что геоморфология участков сложная и на участках выделяются части с различными особенностями строения поверхностных отложений и развитием экзогенных геологических процессов (ЭГП). Основными факторами активизации ЭГП являются климатические, характеризующиеся метеорологическими показателями и, прежде всего, количеством атмосферных осадков, режимом их выпадения, а также режимом колебаний температуры воздуха.

Геоморфологический фактор может заключаться в значительной крутизне склонов в отдельных частях участков, способствующий гравитационному смещению покровных отложений.



Рис.5. Фрагмент геологической карты района расположения участков

Техногенный фактор может заключаться в дополнительной динамической нагрузке на склоны и их подрезке при строительстве зданий и коммуникаций, нарушении естественного поверхностного и подземного стока, дополнительном переувлажнении оползневых отложений в результате отсутствия дренажно-канализационной системы.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 122032300053-3, 122032200220-0 и 122032200278-1.

Литература

1. Атаев З. В. Низкогорно-предгорная полоса Северо-Восточного Кавказа как региональный ландшафтный экотон / Наука и образование состояние, проблемы, перспективы развития: Материалы научной сессии профессорско-преподавательского состава Дагестанского государственного педагогического университета, Махачкала, 29–30 мая 2018 года. С. 521-524.
2. Атаев З.В. Климатическая дифференциация низкогорно-предгорных ландшафтов северо-восточного Кавказа. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 5. С. 287-291.
3. Агабалаев И.А., Цахуева Ф.П. Геологическая и геоморфологическая характеристика предгорий Дагестана / «Вестник социально-педагогического института». № 3 (11), 2014. С. 6-9.
4. Акаев Б.А., Галин В.Л., и др. Геология и полезные ископаемые Дагестана. Дагкнигоиздательство, 1976 г., 233с.
5. Идрисов И.А., Сулейманов В.К., Черкашин В.И. Опасные геологические (природные) процессы в районе г. Дербент (причина и следствие)//Труды института геологии ДНЦ РАН. 2020. №4. с. 90-99.
6. Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Мамаев А.С. Современное применение ГИС-технологий при мониторинге экзогенных процессов в республике Дагестан // Труды института геологии ДНЦ РАН №1(76).2019. с. 61-66.
7. Сулейманов В.К., Идрисов И.А., Черкашин В.И., Мамаев А.С. Численная оценка селевой опасности балок горы Джалган // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 2 (89). С. 63-67.
8. Сулейманов В.К., Мамаев А.С., Ахмедов А.С. Состояние информационно-аналитической системы и базы данных экзогенных геологических процессов на территории Республики Дагестан // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 1 (92). С. 14-19.
9. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Атаев З.В., Сулейманов В.К., Мамаев А.С., Алимагомедов А.А. Особенности оползневых процессов в селе Могох Шамильского района // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 3 (94). С. 35-41.

УДК 551.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-46-50

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА СЕЛЕОПАСНЫХ БАЛКАХ г. ДЖАЛГАН В ОКРЕСТНОСТЯХ г. ДЕРБЕНТА

*Мамаев А.С., Ахмедов А.С. Сулейманов В.К.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Статья посвящена необходимости организации гидрометеорологического мониторинга на селеопасных балках горы Джалган, расположенного у юго-западной границы г. Дербента. Актуальность определяется тем, что периодически раз в несколько лет для данных балок характерно сход селевых потоков, приводящих к негативным последствиям для г. Дербента.

Ключевые слова: сель, балка, мониторинг, Дербент.

HYDROMETEOROLOGICAL MONITORING ON THE MUDSLIDE-PRONE GULLIES OF THE JALGAN MOUNTAIN IN THE VICINITY OF THE CITY OF DERBENT

*Mamaev A.S., Akhmedov A.S. Suleimanov V.K.,
Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences*

The article is devoted to the necessity of organizing hydrometeorological monitoring on the mudslide-prone gullies of Mount Jalgan, located near the southwestern border of Derbent. The relevance is determined by the fact that periodically, once every few years, these beams are characterized by the descent of mudflows, leading to negative consequences for the city of Derbent.

Keywords: mudflow, beam, monitoring, Derbent.

Актуальность необходимости мониторинга экзогенных геологических процессов, в т. ч. селевых на основе современных ГИС технологий освещается в различной научной литературе [1,2,4,5,7 и др.].

Расположенность республики в пределах различных природно-климатических зон, а также сложное геоморфологическое строение рельефа, геолого-литологическое и структурно-тектоническое строение территории предопределило закономерности территориального распределения проявлений опасных геологических процессов.

С учетом высокого риска возникновения чрезвычайных ситуаций от воздействия ЭГП на объекты экономики и представляемой угрозы населению, мониторинг и прогнозирование развития опасных природных процессов становится необходимостью [6].

Мониторинг селевой опасности включает регулярное измерение, анализ и прогнозирование характеристик, указывающих на возможность селеформирования, наблюдение за ходом селевого процесса и раннее оповещение об угрозе или возникновении селевого потока населения и служб ЧС для последующего принятия управленческих решений по предотвращению ущерба. Необходимость мониторинга для прогноза селевых явлений в балках горы Джалган вызвана незащищенностью территории города Дербента и отсутствием селезащитных сооружений от периодически сходящих селевых потоков по балкам горы.

В зависимости от геолого-геоморфологических, гидрометеорологических, почвенно-растительных и антропогенных факторов определяются расход, объем и повторяемость селей, их плотность, характер отложений и дальность продвижения селевой массы.

Геолого-геоморфологические и почвенно-растительные факторы могут быть отнесенных относительно консервативным (медленно меняющимся). Изменение гидрометеорологического фактора является наиболее динамичным во времени и пространстве и играет важную роль в формировании как природных, так и антропогенных селей.

Дефицит оперативной информации о факторах, влияющих на формирование селевых процессов усложняет их прогнозирование и предупреждение. В этой связи организация

гидрометеорологического мониторинга на селеопасных балках горы Джалган становится весьма актуальной задачей.

Геолого-географическая характеристика селевых балок, геоморфология склонов и отложений, метеоданные и селеопасный период в статье [3].

Основная площадь селевых бассейнов балок представлена различными стокообразующими поверхностями: пашнями, садами, лесами, скалами, и осыпями.

По покрытию растительностью склоны балок резко отличаются. Оголенные части склона, значительные уклоны склонов и русел при ливневых и продолжительных осадках способствуют формированию обильного стока по тальвегу балок, что приводит к образованию бурных паводков и возможности передвижения крупнообломочного материала, слагающего днища балок.

Объект мониторинга представлен 6 крупными сухими долами (балками) (рис. 1), расположенными на восточном склоне горы Джалган.

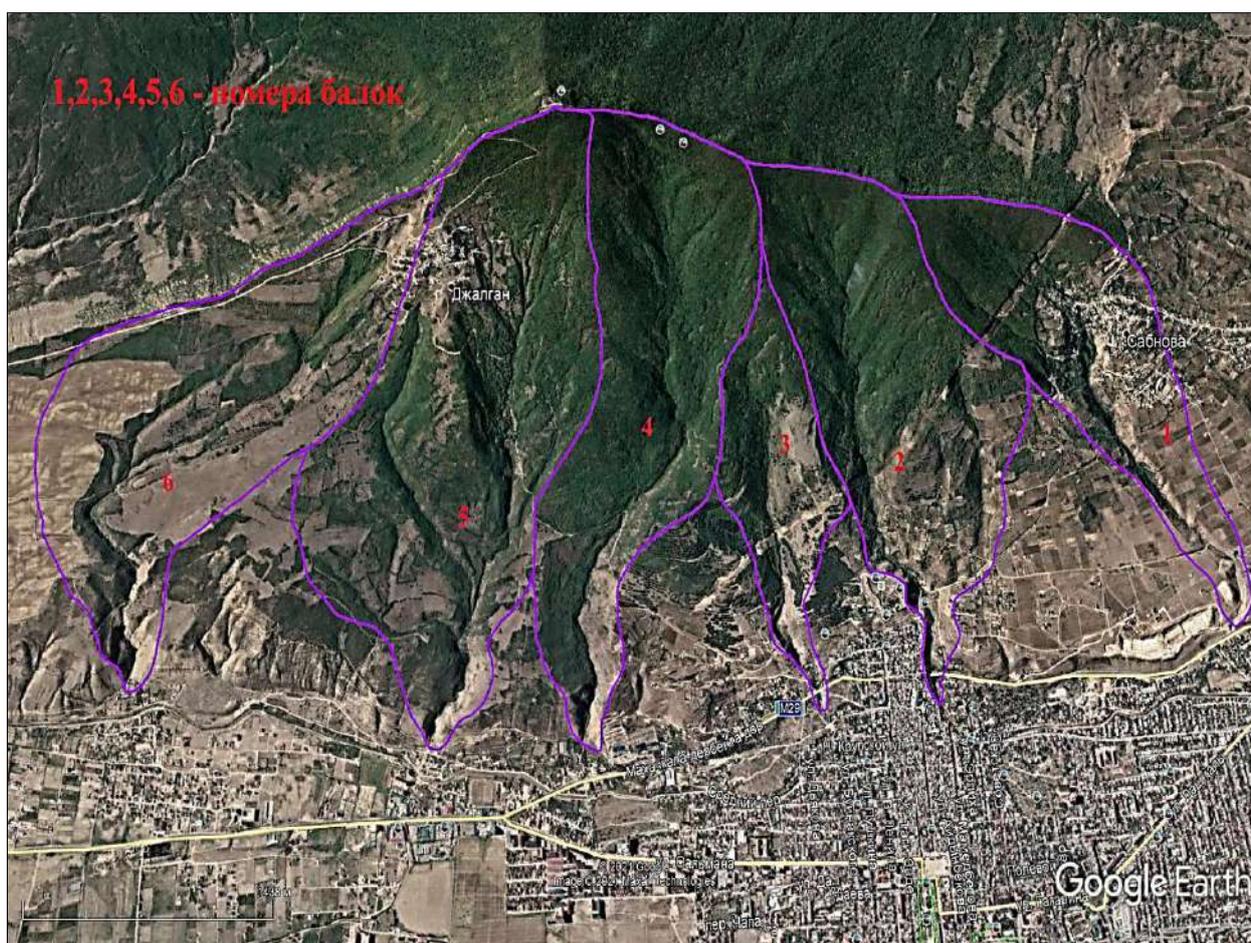


Рис.1. Бассейны селевых балок горы Джалган.

В результате схода селей наносится значительный материальный ущерб населенным пунктам на их пути и нередко случаются трагедии, связанные с гибелью людей. Так водокаменные потоки, вызванные интенсивными дождями в октябре 2012 г., привели к гибели 7 человек, прошли по 8 улицам и затопили более 300 домов, разрушили часть стены крепости Нарын-Кала. Параметры потока не фиксировались, а определялись лишь «на глаз» [8-11]. Основными факторами, приведшими к сходу селевого потока, стали гидрометеорологический и антропологический.

Степень гидрометеорологической изученности территории с точки зрения селевой опасности характеризуется как не изученная.

Формирование здесь селевых потоков генетически зависит от величины и интенсивности выпадения атмосферных осадков на склоны горы Джалган. Поэтому гидрометеорологический мониторинг данной селеопасной территории, включающий наблюдения за уровнями и расходами воды в руслах балок и во временных водотоках, а также за количеством и интенсивностью атмосферных осадков является неотъемлемой частью комплекса мероприятий для предотвращения опасности, создаваемой селевыми потоками.

Значительное влияние на климат и погодные условия в данном районе оказывает гора Джалган. Метеостанция «Джалган» (707 м), располагавшаяся ранее близ вершины горы над Дербентом, показывала количество осадков до 659 мм в год, т.е. на 211 мм больше, чем в Дербенте (-19 м). Особенно это было заметно по сезонам: если в Дербенте в декабре-феврале выпадало 125 мм, то на Джалгане – 197 мм или же в сентябре-октябре – 171 мм в Дербенте на Джалгане – 262 мм. Данные метеостанции «Дербент», расположенной на в приморской зоне города, значительно отличаются от климатических особенностей горы.

Селеопасный период для данной территории, по количеству выпадающих осадков, приходится на сентябрь-ноябрь [3].

В период с 20 по 21 сентября 2009 г. по данным метеостанции «Дербент» наблюдался ливневый дождь с количеством выпавших осадков 189 мм. В результате был нанесен значительный ущерб г. Дербенту. С 15 по 16 июля 2010 г. количество выпавших осадков составило 48,3 мм в следствие чего по балке 2 были вызваны водогрязевые потоки. 15.07.2012 г в период с 07 часов до 19-00 часов также наблюдался ливневый дождь с количеством выпавших осадков 55 мм, что также вызвал грязевые потоки. Также по метеостанции Дербент осадки, превышающие 30мм за 12 часов наблюдались: 26.09.2014 – 38,6 мм; 13.10.2015 г – 43,3 мм; 24.10.2016 г – 38,9 мм; 25.10.2016 г – 56,5 мм; 10.09.2018 г – 40,7 мм.

Приведенные данные свидетельствуют, что в районе практически ежегодно в августе-октябре выпадают дожди более 30 мм за 12 часов, в следствие чего образовавшиеся в селевых балках горы Джалган потоки причиняют ущерб г. Дербенту.

Горный характер рельефа характеризуют гидрологический режим и формирование стока территории. Изучение специфики формирования стока на малых селевых бассейнах таких как склоны г. Джалган ценны для раскрытия особенностей формирования наводнений и селей. Для этих целей на особо селеопасных балках 1, 2, 4 и 5 предлагается оборудовать гидрометрические посты с установкой современных приборных комплексов для ведения непрерывного наблюдения, позволяющих передачу данных в автоматическом режиме на главный сервер. Программное обеспечение должно дать возможность задавать режимы работы, считывать накопленную информацию и обновлять программу.

Для измерения атмосферных осадков, температуры, влажности воздуха, а также других метеопараметров рекомендуется установить необходимое количество современных автоматических метеостанций, распределенные по территории склона горы.

Водокаменные потоки 2012 г., особенно по балке 2, были сформированы вследствие выпадения обильных осадков. Невозможность прогнозирования этого события, вследствие полного отсутствия какого-либо мониторинга селевых процессов, привело к трагическим событиям и значительному ущербу городу. Установка автоматических метеостанций, а также оборудование сети автоматических гидрометрических постов для наблюдений поможет в понимании закономерностей формирования экстремальных осадков и уровней воды в селеопасных водотоках и в перспективе способствовать своевременному выявлению формирования опасных ситуаций. В базе данных автоматической системы должна быть информация о селеформирующих грунтах, их предварительном увлажнении, растительном покрове, продолжительности и интенсивности осадков. Система предупреждения о селевой опасности должна работать в непрерывном режиме с начала выпадения осадков.

Дербент – один из древнейших городов России и мира, крупный туристический центр, который ежегодно посещают более 300 тысяч туристов. Уникальное сочетание природных

условий приморской зоны и историко-культурных достопримечательностей древнейшего города России являются благоприятными условиями для развития туризма и отдыха в городе. Сегодня в городе проводятся работы по масштабной его реконструкции. Решение задачи формирования туристско-рекреационного кластера «г. Дербент» в свою очередь тесно связано с обеспечением защиты инфраструктуры и территории города от чрезвычайных ситуаций, вызванных опасными природными явлениями, такими как селевые потоки периодически сходящие со склонов горы Джалган и связанной с этим безопасностью населения и пребывающих туристов.

Отсутствие автоматизированной системы мониторинга селеопасных процессов, а также инженерных сооружений, обеспечивающих защиту города от селевых потоков, не способствуют защите города и туристов от чрезвычайных ситуаций и развитию туристско-рекреационного потенциала города.

Мониторинг параметров экзогенно-динамических процессов, способствующих возникновению селевых потоков, по мнению С.М. Флейшмана, мог быть организован с помощью комплексных специализированных станций гидрометеорологического режима и контролю за инженерно-геологическими условиями, приводящими к формированию селей и, очевидно, что подобные станции следует оборудовать дистанционной измерительной техникой и средствами связи, обеспечивающими передачу параметров контролируемых экзогенно-динамических процессов в реальном времени [1].

В современных условиях создание специализированных станций, с учетом необходимости заблаговременного оповещения и своевременного реагирования на ЧС, приобретает реальную актуальность и в этой связи мониторинг селевой опасности становится чрезвычайно важной и актуальной задачей.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 122032300053-3 и 122032200220-0.

Литература

1. Болов В.Р., Мочалов В.П. Методологические основы организации мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, инициированных селевыми потоками, в творческом наследии С.М. Флейшмана. Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды Второй конференции. Москва, 2012. с. 16-17.
2. Замай В.И., Добровольский Н.С. Разработка системы мониторинга параметров окружающей среды в бассейнах горных рек // Труды 2-й конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.М. Флейшмана: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Москва, 2012. с. 38-40.
3. Идрисов И.А., Сулейманов В.К., Черкашин В.И. Опасные геологические (природные) процессы в районе г. Дербент (причина и следствие)//Труды института геологии ДНЦ РАН. 2020. №4. с. 90-99.
4. Кичигина Н.В. Организация гидрометеорологического мониторинга на селеопасных водотоках в окрестностях п. Аршан // Материалы 4 международной конференции Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. г. Иркутск-пос. Аршан (республика Бурятия) 2016. с. 94-97.
5. Любимова А.В., Спиридонова В.В. Комплексное районирование территории Северо-Кавказского экономического района по природным рискам // Геоинформатика №1.2012. с. 42-50.
6. Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Мамаев А.С. Современное применение ГИС-технологий при мониторинге экзогенных процессов в республике Дагестан // Труды института геологии ДНЦ РАН №1(76).2019. с. 61-66.
7. Медеу А. Р., Благовещенский В. П., Баймолдаев Т. А., Киренская Т. Л., Степанов Б. С. Селевые явления юго-восточного Казахстана. Основы мониторинга в Иле Алатау. т.2. ч.2. Алматы. 2018. с. 288.
8. Сулейманов В.К., Идрисов И.А. Расчетные параметры селевых потоков балок горы Джалган в пределах города Дербент / Коллективная монография по материалам XI Всероссийской научно-

- технической конференции с международным участием «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа (ГЕОКАВКАЗ 2022)» 15-19 июня 2022. Махачкала. с. 561-566.
9. Сулейманов В.К., Идрисов И.А., Черкашин В.И., Мамаев А.С. Численная оценка селевой опасности балок горы Джалган // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 2 (89). С. 63-67.
 10. Сулейманов В.К., Мамаев А.С., Ахмедов А.С. Состояние информационно-аналитической системы и базы данных экзогенных геологических процессов на территории Республики Дагестан // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 1 (92). С. 14-19.
 11. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Атаев З.В., Сулейманов В.К., Мамаев А.С., Алимагомедов А.А. Особенности оползневых процессов в селе Могох Шамильского района // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 3 (94). С. 35-41.

УДК 551.3;

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-51-56

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЬНЫХ СКАЛЬНЫХ ОТКОСОВ ВЕРХНЕГО ГУНИБА (ДАГЕСТАН)

Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Идармачев А.Ш., Магомедов А.Г.
Институт геологии ДФИЦ РАН

Актуальность выполненных работ определена необходимостью проведения тщательного анализа состояния горных пород вблизи поселения Верхнего Гуниба (Дагестан) на предмет возможного разрушения и обрушения части скального откоса, что непосредственно повлечет за собой к необратимым последствиям уничтожения построек и самое главное приведет к человеческим жертвам. Предложена и апробирована методика непрерывного измерения ширины трещины скального массива, находящегося в условиях неустойчивого состояния на горных склонах над населенным пунктом Гуниб в Дагестане. Использование электронного датчика позволяет осуществить геофизический мониторинг опасных ландшафтных процессов дистанционным способом слежения за динамикой разрушения скального массива.

Ключевые слова: метеоусловия, горный массив, мониторинг, деформация, разрушение.

THE INFLUENCE OF SOLAR ENERGY ON THE DESTRUCTION OF ROCKS ON THE EXAMPLE OF INDIVIDUAL ROCK SLOPES OF UPPER GUNIB (DAGESTAN)

Idarmachev Sh.G., Cherkashin V.I., Idarmachev A.Sh., Magomedov A.G.
Institute of Geology DFRC RAS

The relevance of the work performed is determined by the need to conduct a thorough analysis of the state of rocks near the settlement of Verkhniy Gunib (Dagestan) for possible destruction and collapse of part of the rock slope, which will directly entail irreversible consequences of the destruction of buildings and, most importantly, lead to human casualties. A method for continuously measuring the width of a crack in a rock massif in an unstable state on mountain slopes above the settlement of Gunib in Dagestan has been proposed and tested. The use of an electronic sensor allows for geophysical monitoring of hazardous landscape processes by remotely tracking the dynamics of destruction of a rock massif.

Key words: weather conditions, mountain range, monitoring, deformation, destruction.

Метеоусловия оказывают большую роль в формировании ландшафтов и многих других геологических процессов. Выветривание – это первый шаг в разрушении породы и относится к группе процессов, которые измельчают горные породы на более мелкие фрагменты. Температура также активно влияет на выветривание горных пород. Циклический процесс нагревания и остывания горных пород, связанный с годовыми и суточными изменениями температуры приводит к термическим напряжениям: увеличение температуры приводит к их расширению, а остывание – сжатию. Образование в породе трещин различного ранга в конечном итоге приводит к разрушению породы, образуя глыбы, россыпи и пески [1–3]. При отрицательной температуре вода в трещинах увеличивает их размеры и тем самым также способствует разрушению горных пород [4].

Химическое выветривание - это процесс гниения. Он изменяет минералы горных пород, когда кислая вода растворяет карбонатные породы или минералы железа подвергаются воздействию кислорода и образуют ржавчину. Со временем процесс выветривания скальных откосов приводит к их разрушению и обвалам. Отдельные массивы крупного размера на неустойчивых горных склонах могут представлять угрозу для населенных пунктов.

Процесс температурных напряжений в породе, предшествующие ее разрушению, изучаются в различных странах многими авторами [5–11]. Природа фазы подготовки непосредственно перед разрушением породы остается пока не до конца изученной. Этот пробел в знаниях, в значительной степени, обусловлен трудностями, связанными с инструментальными измерениями физического состояния пород в условиях высокогорного рельефа.

Начиная с 2020 по 2024 гг. нами проводятся регулярные наблюдения на одном из неустойчивых массивов над Гунибом различными датчиками [12, 13]. Целью являлось исследование

динамики трещины отрыва от основной части скалы. В 2024 г. была сделана попытка исследовать механизмы, приводящие к неустойчивому состоянию других массивов той же части горного склона над Гунибом, представляющие опасность их обрушения.

На рисунке 1 показаны скальные массивы, расположенные в горной части Дагестана над населенным пунктом Гуниб.



Рисунок 1. Фото неустойчивых скальных массивов над Гунибом.

Отдельные из них прикреплены к основной части скалы с помощью обвязки тросами. В правой части видна висячая дорога по пути на Верхний Гуниб, выполненная в виде металлической конструкции из рельсов, заделанных в скалу. Длина ее составляет 60 м. Грузовые автомобили весом до 20 т и более вызывает в ней возникновение собственных колебаний большой амплитуды, что также будет приводить к постепенному снижению прочности конструкции. Поэтому результаты геофизических исследований скальных массивов на крутых склонах позволяют изучать не только ландшафтные процессы, но и применять их на практике для предупреждения обвалов и разрушения дорог.

На рисунке 2 показано фото скального массива с вертикальными отрывными трещинами, расположенного над этой дорогой. Высота его равна 12 м. Наибольшая ширина трещины составляет 12 см. Верхняя часть также формируется отрывной трещиной, заполненной мелкодисперсной породой. Данный массив состоит из валанжинских известняков.



Рисунок 2. Фото неустойчивого массива с вертикальными отрывными трещинами.

Трещинная поверхность скального массива можно представить себе, как шелуху луковицы с отслаивающимися пластами пород от скалы. Механизм отслаивания пород связан не только с метеофакторами, но и циклическими суточными изменениями температуры поверхности скалы от радиационного нагрева солнца. В высокогорных районах суточный перепад температуры атмосферы может достигать 20–30 °С, тем самым создавать термические напряжения в породе, которые приводят к деформации пласта и отслаиванию их от скалы.

На территории Гуниба минимальная температура атмосферы в январе составляет –7 °С, а максимальная достигает в июле (25 и более градусов). Суточные данные температуры и ширины трещины в сентябре 2024 г., когда проводились экспериментальные измерения показаны в

таблице 1. Суточная разница температуры атмосферы составляет 10 °С. Данные температуры атмосферы взяты на метеостанции "Гуниб".

Таблица 1.

Результаты суточных экспериментальных измерений температуры атмосферы и изменения ширины трещины скального массива на территории Гуниба.

Часы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T, гр	12	12	11	11	11	11	13	15	16	19	20	21
Δ, мкм	350	320	200	180	160	150	100	180	180	250	340	500
Часы	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
T, гр	22	22	21	20	15	13	13	13	12	12	11	11
Δ, мкм	680	950	850	900	800	650	520	450	400	400	450	400

Для оценки суточной деформации массива, обращенной к солнцу, в трещине был закреплен электрический резистивный датчик китайского производства марки КТС. Датчик представляет собой делитель напряжения, подключенный к источнику постоянного тока, напряжением 6 В. Электрическое напряжение на делителе датчика изменяется пропорционально линейному изменению подвижного элемента – штока. Погрешность измерения относительного перемещения штока датчика составляет 50 мкм.

Для регистрации электрического сигнала использовалась система, состоящая из АЦП "Руднев-Шиляев" LAI-50USB, сопряженная с ПК. Для питания ПК в полевых условиях в качестве автономного источника использовался автомобильный аккумулятор. Программа обработки обеспечивает получение среднечасовых значений сигнала, которые затем пересчитываются на микрометры.

Графики ширины трещины и температуры для визуального сравнения между собой приведены на рисунке 3.

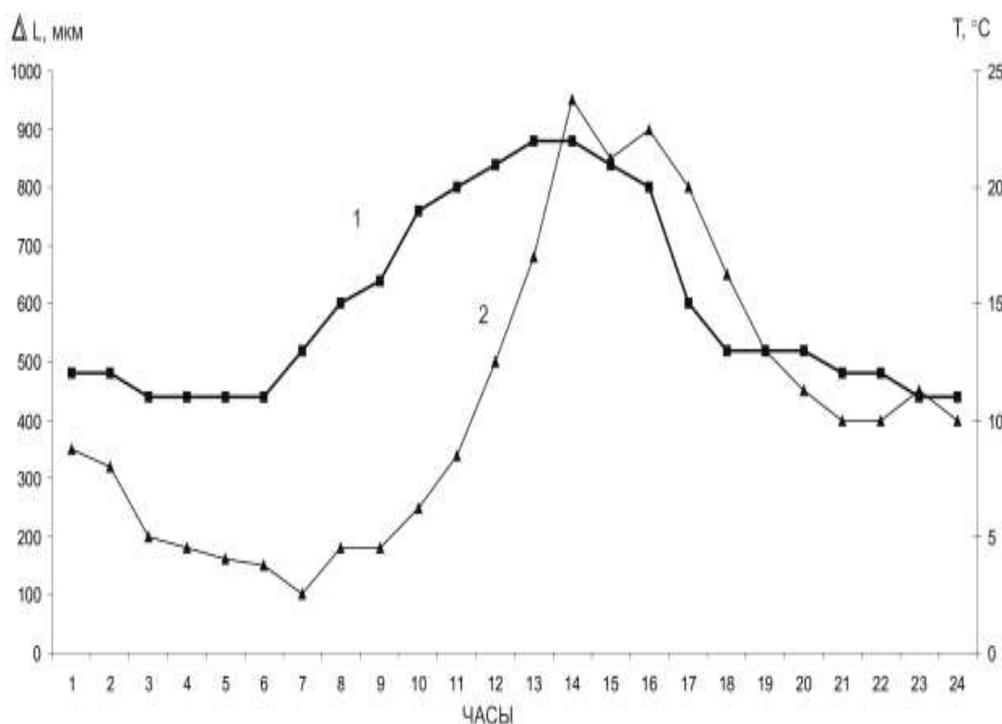


Рисунок 3. Суточные графики температуры атмосферы в сентябре 2024 г. (1) и изменения ширины трещины скального массива (2)

Минимального значения T атмосферы достигает рано утром в 4–6 ч. по московскому времени, а максимального – 13 ч. Изменение ширины трещины коррелируется с T атмосферы с некоторым отставанием по фазе на 1–2 ч. Это связано с тем, что для нагрева скалы требуется некоторое время. Максимальная амплитуда изменения ширины трещины составляет 800 мкм.

На данных графиках наблюдается также различие между их ходами, например, для периода времени между 10–13 ч темп роста ширины трещины опережает температуру атмосферы. Данный период времени характеризуется максимальным влиянием солнечной радиацией. Данная работа является пионерской и требует своего дальнейшего продолжения как в методическом плане, так и в совершенствовании измерительной аппаратуры.

Выводы

1. Экспериментальными измерениями установлен суточный ход изменения ширины трещины, связанный с термическими напряжениями в скальном массиве, вызванными солнечной радиацией и температурой атмосферы. В период нагревания поверхности скального массива солнечной радиацией, начиная от 10 ч до 13 ч, наблюдается резкое увеличение ширины трещины, связанная с термическими напряжениями поверхности скалы.

2. Предложена методика геофизического мониторинга, позволяющая контролировать состояние вертикальных трещин, скального массива, находящегося в условиях неустойчивого состояния. Измерительная аппаратура состоит из электрического датчика, сопряженного с компьютером. Программа обработки отправляет ежечасные значения, полученные в течение суток, получателю на электронную почту.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 122032200277-4.

Литература

1. В.В. Братков, Н.И. Овдиенко. Геоэкология. – Москва, – 2005. 311 с.
2. А.Г. Исаченко. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учебник. – М.: Выс. шк., – 1991. 336 с.
3. А.С. Куренко, Е.В. Захаров. Экспериментальные исследования отрицательной температуры на энергоёмкость разрушения карбонатных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. № 6. С. 88–102.
4. Г.Г. Каркашадзе. Механизм разрушения горных пород. – 2004. 222 с.
5. Aldred, J.; Eppes, M.C.; Aquino, K.; Deal, R.; Garbini, J.; Swami, S.; Tuttle, A.; Xanthos, G. The Influence of Solar-Induced Thermal Stresses on the Mechanical Weathering of Rocks in Humid Mid-Latitudes. *Earth Surf. Process. Landf.* 2016, 41, 603–614. [Google Scholar] [CrossRef]
6. Bakun-Mazor, D.; Keissar, Y.; Feldheim, A.; Detournay, C.; Hatzor, Y.H. Thermally-Induced Wedging–Ratcheting Failure Mechanism in Rock Slopes. *Rock Mech. Rock Eng.* 2020, 53, 2521–2538. [Google Scholar] [CrossRef]
7. Bakun-Mazor, D.; Hatzor, Y.H.; Glaser, S.D.; Carlos Santamarina, J. Thermally vs. Seismically Induced Block Displacements in Masada Rock Slopes. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 2013, 61, 196–211. [Google Scholar] [CrossRef]
8. Collins, B.D.; Stock, G.M.; Eppes, M.C.; Lewis, S.W.; Corbett, S.C.; Smith, J.B. Thermal Influences on Spontaneous Rock Dome Exfoliation. *Nat. Commun.* 2018, 9, 762. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed] [Green Version]
9. Collins, B.D.; Stock, G.M.; Eppes, M.C. Relaxation Response of Critically Stressed Macroscale Surficial Rock Sheets. *Rock Mech. Rock Eng.* 2019, 52, 5013–5023. [Google Scholar] [CrossRef]
10. Gunzburger, Y.; Merrien-Soukatchoff, V.; Guglielmi, Y. Influence of Daily Surface Temperature Fluctuations on Rock Slope Stability: Case Study of the Rochers de Valabres Slope (France). *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 2005, 42, 331–349. [Google Scholar] [CrossRef]

11. Hall, K.; Thorn, C.E. Thermal Fatigue and Thermal Shock in Bedrock: An Attempt to Unravel the Geomorphic Processes and Products. *Geomorphology* 2014, 206, 1–13. [Google Scholar] [CrossRef]
12. Идармачев Ш.Г., Джамалудинов А.М. Мониторинг движения неустойчивого скального массива на горе Гуниб // *Научные исследования: итоги и перспективы*. ДГТУ. – Махачкала. – 2022. – Том 3.- № 3. – С.3–11. ID: 49621045. DOI: 10.21522/2713-220X-2022-3-3-3-1.
13. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Скала «Спящая красавица» в Дагестане и ее опасное геологическое состояние // В книге: *Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии*. Aliyev M.M., Aliyev T.R., Aliyev Y.N., Babayev G.R., Gasimov E.E., Ganapathy P., Muradi I.B., Аббасов Е.Я., Аббасов Э.Я., Абгарян Г.В., Агаева Л.А., Акатова К.Н., Акбиев Р.Т., Акулова В.В., Акшяков З.Т., Аминзода П., Анаев М.Т., Аптикаев Ф.Ф., Аптикаева О.И., Арамян Ш.А. и др. Коллективная монография. Научный редактор В.Б. Заалишвили. Владикавказ, 2022. С. 461-467.
14. Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Алиев И.А., Идармачев И.Ш. Изучение динамики ширины трещины потенциально обвального скального массива струнным датчиком на горе Гуниб (Дагестан) // *Геология и геофизика Юга России*. – 2022. – Том. 12. - № 2. – С. 78-88. DOI: 10.46698/VNC.2022.70.64.006

УДК 551.24

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-57-66

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИПОЦЕНТРОВ СОВРЕМЕННЫХ СИЛЬНЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ СЕКТОРЕ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

Магомедов Р.А.

Институт геологии ДФИЦ РАН

В работе исследовалось пространственное распределение гипоцентров землетрясений в северо-восточном секторе Восточного Кавказа по данным каталога ЕГС РАН и ее Дагестанского отделения за период 1960-2024 гг. Выявлены субгоризонтальные, изометричные в горизонтальном профиле, скопления гипоцентров (группирования «очагов») сильных землетрясений на разных уровнях глубины, вплоть до 70 км. Гипоцентры землетрясений равновероятно заполняют все пространство скоплений в процессе их формирования. Не наблюдается прямой корреляции скоплений с сильнейшими в регионе землетрясениями с $M \geq 6,0$ за исключением афтершокового роя Дагестанского землетрясения 1970 года. Распределение скоплений гипоцентров через каждые 5 км в интервале глубин 5-70 км позволяют предположить о слоистости осадочного чехла и метаморфизованной части фундамента региона и наличии субгоризонтальных тектонических напряжений. Предполагается, что структуры, по которым развивается сейсмический процесс в виде скопления, формируются существенно раньше, чем период инструментальной регистрации землетрясений. Частично это подтверждается анализом исторических землетрясений. Т.е., определенную роль играют неотектонические геодинамические процессы.

Высказано предположение о возможной роли динамики флюидов в литосфере как источнике образования скоплений гипоцентров. Их существование свидетельствует о сильной анизотропии верхней части коры, которая может скачкообразно изменяться с течением времени. Предполагается, что группирование «очагов» землетрясений является следствием протекающих друг за другом череды «взрывов» в поле тектонического стресса – взрывной механизм «очага» землетрясения (помимо механизмов «очага» землетрясений связанных с деформациями вещества в геопространстве). Тектонический стресс и метаморфические реакции в зонах «активных» разломов приводят не только к изменению физико-химических процессов в геологической среде, но и давления флюидов (изменению ГГД-поля), в том числе – к скачкообразному. Выделение воды из минералов со взрывом, при соответствующих критических P-T-условиях, сопровождается увеличением объёма конечных продуктов, а реализация процесса со взрывом связана с деформациями вещества – образованием разрывов в пластах, реализацией сдвигов, взбросов, сбросов и т.д.

Ключевые слова: сейсмический режим; скопления гипоцентров землетрясений; пространственное распределение гипоцентров; флюиды в литосфере; механизм «очага» землетрясений; геотектоника; тектоническое напряжение.

SPATIAL DISTRIBUTION OF HYPOCENTERS MODERN STRONG EARTHQUAKES IN THE
NORTHEASTERN SECTOR OF THE EASTERN CAUCASUS

Magomedov R.A.

Institute of Geology of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

The paper investigated the spatial distribution of earthquake hypocenters in the northeastern sector of the Eastern Caucasus according to the catalog of the Unified State Register of Sciences of the Russian Academy of Sciences and its Dagestan branch for the period 1960-2024. Sub horizontal, isometric in the horizontal profile, clusters of hypocenters (groupings of "foci") of strong earthquakes at different depth levels, up to 70 km, were revealed. Earthquake hypocenters are equally likely to fill the entire space of clusters during their formation. There is no direct correlation of clusters with the strongest earthquakes in the region with a magnitude of ≥ 6.0 , with the exception of the aftershock swarm of the Dagestan earthquake of 1970. The distribution of hypocenter clusters every 5 km in the depth range of 5-70 km suggests the stratification of the sedimentary cover and the metamorphosed part of the basement of the region and the presence of sub horizontal tectonic stresses. It is assumed that the structures along which the seismic process develops in the form of a cluster are formed significantly earlier than the period of instrumental earthquake registration. This is partially confirmed by the analysis of historical earthquakes, i.e., neotectonic geodynamic processes play a certain role.

It is suggested that the dynamics of fluids in the lithosphere may play a role as a source of formation of hypocenter clusters. Their existence indicates a strong anisotropy of the upper part of the crust, which can change abruptly over time. It is assumed that the grouping of earthquake "foci" is a consequence of successive series of "explosions" in the field of tectonic stress – the explosive mechanism of the earthquake "focus" (in addition to the mechanisms of the earthquake "focus" associated with deformations of matter in geospatial space). Tectonic stress and metamorphic reactions in the zones of "active" faults lead not only to a change in the physico-chemical processes in the geological environment, but also to fluid pressure (a change in the GHD field), including an abrupt one. The release of water from minerals with an explosion, under

appropriate critical P-T conditions, is accompanied by an increase in the volume of final products, and the implementation of the process with an explosion is associated with deformations of matter – the formation of fractures in formations, the implementation of shifts, upsurges, discharges, etc.

Keywords: seismic regime; clusters of earthquake hypocenters; spatial distribution of hypocenters; fluids in the lithosphere; mechanism of earthquake "hearth"; geotectonics; tectonic stress.

Введение

Распределение гипоцентров землетрясений по глубинам является важной характеристикой сейсмического режима региона. Оно дает сведения о сейсмоактивном слое и его глубине залегания, а также информацию о кинематике движущихся масс и протекающих физико-химических процессах.

Основным процессом, определяющим тектоническую обстановку на Восточном Кавказе является взаимодействие Евразийской и Аравийской плит начиная с верхнеюрского периода (периода инверсии геотектонического режима в регионе) [3,5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 23, 24, 27,28, 29, 33, 35, 36 и др.]. Обнаруженные и изученные многими исследователями глубинные, мелководные, прибрежные и континентальные фации, свидетельствуют о многообразии явлений, в том числе и катастрофических, сопровождающих процесс коллизии континентальных плит.

Целью данной работы является изучение пространственного распределения скоплений гипоцентров современных сильных землетрясений в геосфере региона и выявление возможной закономерности в их распределении.

Материал и методика исследований

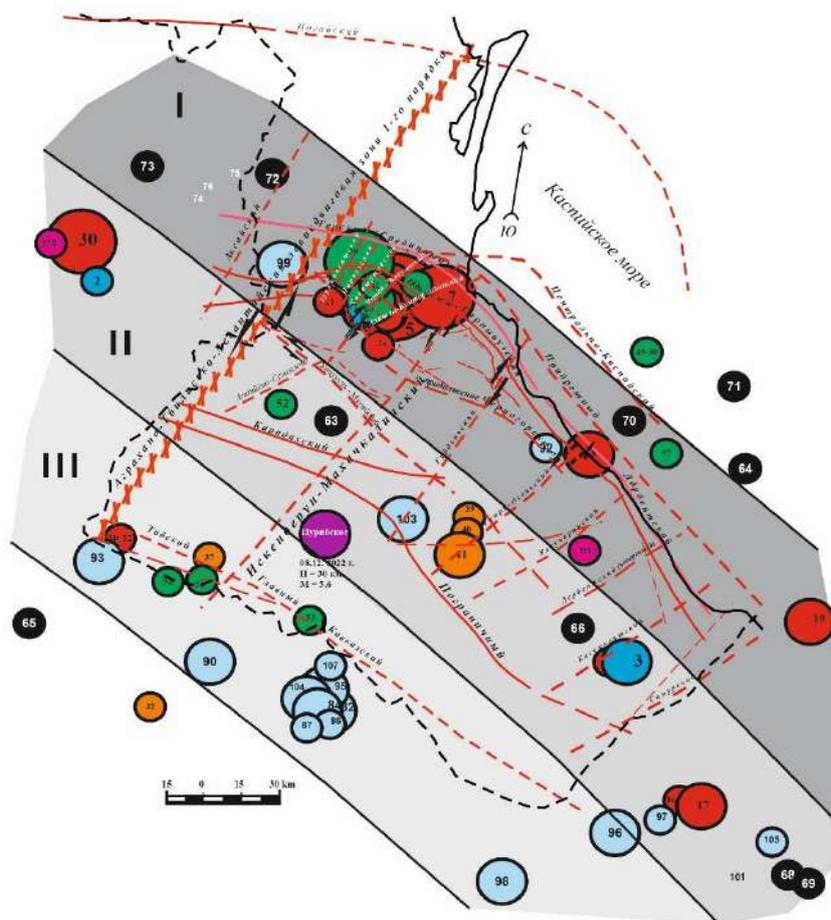
В работе использовался каталог сейсмических событий ЕГС РАН и ее Дагестанского отделения за период 1960-2024 гг. [34]. Начиная с 1960 г. сейсмологическая служба ЕГС ведет работу по определению координат гипоцентров землетрясений на 16 станциях на основе региональных уточненных таблиц времен пробега. Точность определения широты и долготы составляет не хуже $0,01^{\circ}$, глубины – 1 км для мелких землетрясений и 4-5 км для глубоких. Распределение гипоцентров сильных землетрясений с $M \geq 5$ в северо-восточном секторе Восточного Кавказа строилось по 127 сейсмическим событиям. Гипоцентры их очагов расположены в интервале глубины от 3 до 70 км.

Под «очагом» землетрясения (гипоцентром) здесь понимается точка с заданными пространственными координатами и магнитудой. Для отображения пространственного распределения гипоцентров землетрясений в заданном районе использованы некоторые возможности программ STATISTICA и Corel DRAW. Поиск скоплений гипоцентров происходил, главным образом, посредством отображения всех сильных землетрясений изучаемого района в 3D виде и в визуальном выделении скоплений землетрясений характерной конфигурации.

Обсуждение и результаты

Распределение эпицентров сильных землетрясений по площади изучаемого региона (рис. 1) показывает, что последние тяготеют к известным субкавказским глубинным разломам (сейсмичность локализуется вдоль глубинных разломов) зоны коллизии крупных тектонических плит.

Анализ их распределения за инструментальный период наблюдений (1960-2024 гг.) выявил 3 субширотные зоны повышенной тектонической активности в Предгорной и Горной частях региона контролируемые крупными разломами субширотного (кавказского) простирания: I – Предгорная, II – Центральная, III – Горная (рис. 1). Первая, наиболее активная – контролируется Терским (Срединным), переходящим в юго-восточном направлении на Прибрежный и Дербентский разломы, а также, Пшекыш-Тырныаузским, которая ориентирована параллельно первому.



Условные обозначения

Эпицентры землетрясений с энергетической характеристикой (в хронологическом порядке - выделены цветом):
 1960-69 гг.; 1970-79 гг.; 1980-89 гг.; 1990-99 гг.; 2000-2009 гг.; 2010-19 гг.; 2020- гг.



1 – глубинные разломы (а – достоверные, б – предполагаемые); 2 – разрывные нарушения в осадочном чехле (а – достоверные, б – предполагаемые); 3 – направление смещения блоков; 4 – административная граница республики Дагестан.

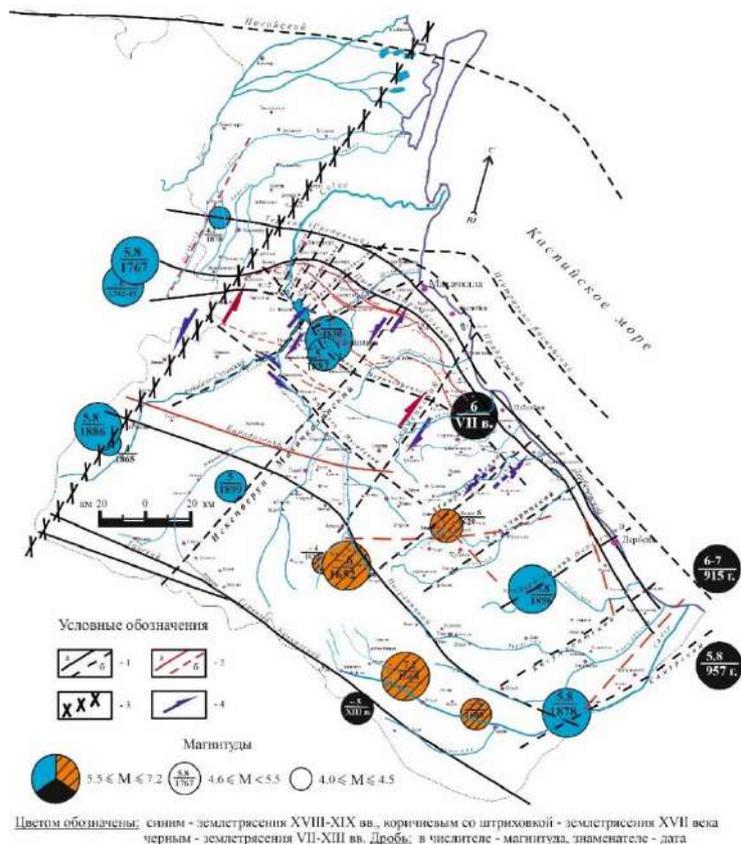
Субширотные зоны повышенной тектонической активности в Предгорной и Горной частях региона контролируются крупными разломами: I – Предгорная, II – Центральная, III – Горная.

Рис. 1. Распределение эпицентров современных сильных землетрясений с $M \geq 5$ по площади С-В сектора Восточного Кавказа.

Вторая зона контролируется Унцукуль-Мугибским предполагаемым глубинным разломом с продолжением в юго-восточном направлении в сторону Азербайджана и Пограничным, которая также ориентирована параллельно первому.

Третья зона контролируется так называемым Главным Кавказским разломом.

Все три зоны отмечены высокой современной тектонической и сейсмической активностью и согласуются с исторической активностью (рис. 2).



Цветом обозначены: синим - землетрясения XVIII-XIX вв., коричневым со штриховкой - землетрясения XVII века, черным - землетрясения VII-XIII вв. Дробью; в числителе - магнитуда, знаменателе - дата

1 – глубинные разломы (а – достоверные, б – предполагаемые); 2 – разрывные нарушения в осадочном чехле (а – достоверные, б – предполагаемые); 3 – фрагмент Аграхано-Тбилиско-Левантийской левосдвиговой зоны 1-го порядка; 4 – направление смещения блоков.

Рисунок 2 - Карта эпицентров сильных исторических землетрясений на разломно-блоковой структуре северо-восточного сектора Восточного Кавказа.

На рисунке 3 представлена картина распределения гипоцентров сильных землетрясений с $M \geq 5$ по глубине в исследуемом регионе, демонстрирующая что, магнитуда землетрясений не имеет линейной зависимости с глубиной.

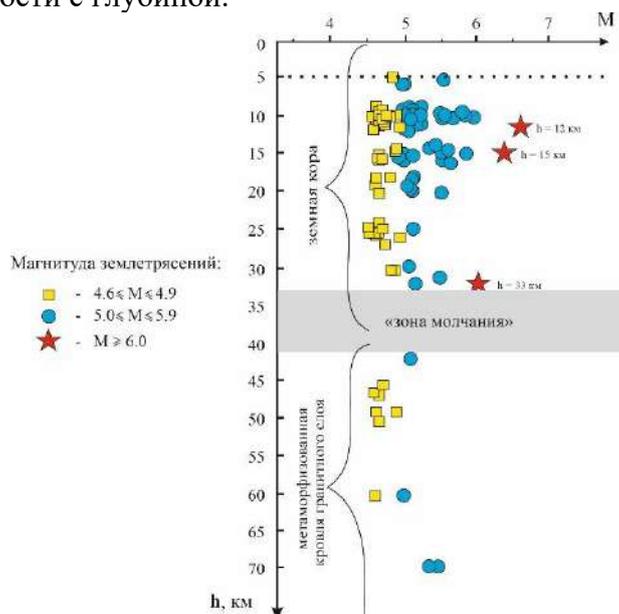


Рис. 3. Распределение гипоцентров современных сильных землетрясений с $M \geq 5$ по глубине в северо-восточном секторе Восточного Кавказа

Наибольший максимум концентраций гипоцентров (группирование «очагов») сильных землетрясений сосредоточен в интервале глубин от 8 до 12 км, т.е. в верхней части осадочного чехла региона (в его «жесткой» части), остальные максимумы – в доюрском фундаменте, где геологическая среда находится уже в других Р-Т-условиях. В интервале глубины 5-33 км сосредоточено около 90 % всех сильных сейсмических событий региона, остальные 10 % – от 43 до 70 км. По картине распределения их очагов наблюдается расслоенность геологической среды региона что, вероятно, указывает на современные сейсмически активные зоны, по которым происходит «скольжения пластин» и другие катастрофические геологические процессы, неизвестные пока, исследователям. Это наше предположение. Заключение делать преждевременно, поскольку еще не создана теория, объясняющая протекание физико-химических процессов в геологической среде в условиях коллизии континентальных плит.

Распределение гипоцентров сильных землетрясений по глубине демонстрирует также наличие в интервале глубин, в среднем от 33 до 42 км, «зоны молчания» что, вероятно, характеризует физико-химические условия геологической среды в пограничной области между земной корой региона и метаморфизованной кровлей гранитного слоя. Наличие «зоны молчания» не противоречит данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) [20].

В результате тангенциального, субмеридионального сжатия, имевшего место в преакчагыльскую фазу складчатости (~ 9 млн. лет назад), впоследствии и в Восточно-Кавказскую (~ 1,5 млн. лет назад), произошло резкое усложнение ранее сформированных структур. Надвигание складчатого осадочного чехла происходило и происходит в настоящее время, по разломам глубокого заложения с южным падением смесителей, не выходящих в приповерхностные участки к северу, в сторону Терско-Каспийского прогиба. Именно здесь, в зоне коллизии (сопряжения) крупных структурных подразделений на глубинах от нескольких км до нескольких десятков км, происходит сжатие пород с образованием складок и разрывов, смещение по ним и формирование «очагов» землетрясений и другие катастрофические геологические события, связанные с протеканием физико-химических процессов в условиях тектонического стресса.

В верхней части земной коры на глубинах до 100 км, в условиях коллизии литосферных плит, происходят интенсивные процессы выделения воды: выжимание ее из пор, трещин, осадков в условиях тектонического стресса, выделение воды из минералов со взрывом при соответствующих критических Р-Т-условиях [1, 2, 4, 7-10, 12, 22, 26, 31, 32, 38-41]. Нелинейные процессы динамики флюидов рассмотрены во многих работах, в том числе и в вышеприведенных, где объясняются особенности и возможные механизмы «очагов» землетрясений.

Тектонический стресс и метаморфические реакции в зонах «активных» разломов приводят не только к изменению физико-химических процессов в геологической среде, но и давления флюидов (изменению ГГД-поля), в том числе – к скачкообразному. Экспериментальные исследования показали, что воздействия акустических и электрических полей на водонасыщенные породы приводят к существенному повышению проницаемости пород, что обусловлено разрушением плёнок связанной воды [40]. Влияние сейсмических явлений на изменение уровней и дебитов пластовых вод в скважинах и источниках осуществляется не только за счёт сжатия пород, но и вследствие увеличения их проницаемости при действии упругих волн со звуковой и ультразвуковой частотой. Аномальное гидрогеодинамическое поле [7, 8, 10, 11] и поле высокочастотной составляющей сейсмических волн (поле ультразвуковых колебаний) возникают с началом процесса подготовки сейсмического события, что установлено непосредственными наблюдениями. Экспериментально обнаружено [2, 12, 37, 39-41], что перед землетрясением возникает акустическое излучение, фиксируемое на расстояниях первых десятков км от «очага» готовящегося сейсмического события. Механизм возникновения высокочастотных сейсмических колебаний деформационными процессами в литосфере Земли изучается экспериментально с момента ее открытия – с 1975 года [31, 32 и др.]. Высокочастотное излучение является откликом трещиноватой геологической среды на деформацию. Аномальные изменения высокочастотных колебаний, связанные с повышением сейсмической активности, как обнаружено

[42], могут значительно превышать таковые, связанные с другими процессами: лунно-солнечными приливами, изменением метеорологических и флюидодинамических условий.

Скорость распространения ультразвуковых волн, по сравнению с фильтрацией, движением флюида в пласте, можно считать практически мгновенной (скорость звука в воде при 0 °C составляет 1485 м/сек, в граните – 3950 м/сек). Поэтому имеет место практически одновременное, с началом процесса формирования «очага» сейсмического события, воздействие ультразвуковых волн на подземные воды и водовмещающие породы области формирования «очага» и вокруг него. Опыты, проведенные Н.В. Черским, показали что, под влиянием ультразвука разрушаются пленки связанной воды и резко возрастает проницаемость пород – через несколько секунд после обработки упругими волнами она возросла в десятки раз. В сильном акустическом поле на границе раздела фаз *твердое тело-жидкость* возникают интенсивные течения, и мало подвижная связанная вода высвобождается, приобретая способность к более быстрой миграции. Мироненко В.А., Шестаков В.М. [30] отмечают, что часть связанной воды переходит в свободное состояние в случае приложения к породе динамических нагрузок. Завершающая стадия подготовки сейсмического события и есть динамическая нагрузка.

В геологической среде неустойчивость и аномальные геофизические поля создают и химическое разупрочнение пород, и фазовые переходы с изменением объема. Экспериментально установлено [38], что минералы, содержащие воду при одноосном сжатии под действием нагрузки свыше 10^4 кгс/см² разлагаются с выделением воды со взрывом. Такие явления сопровождаются увеличением объема конечных продуктов, а реализация процесса со взрывом связана с деформациями вещества – образование разрывов в пластах, сдвиги, взбросы, сбросы и т.д. Не исключено что, группирование «очагов» землетрясений, отмеченное нами выше, является следствием протекающих друг за другом череды «взрывов» в поле тектонического стресса – своеобразный «взрывной» механизм очага землетрясения.

Одной из трудностей и осложняющих обстоятельств при исследовании сейсмического процесса является также импульсность и кратковременность («молниеносность») протекания самого сейсмического события, которое, как очевидно в настоящее время, является трудно предсказуемым [18-19]. Мы посчитали здесь уместным изложить образное сравнение процесса подготовки и свершения сейсмического события в геосфере с молнией в атмосфере, так как находим много общего между этими природными явлениями. Сходство: 1. Концентрация огромной энергии (в молнии – электрической, в сейсмическом процессе – геотектонической, физико-химической, ...). 2. Быстрота протекания процесса – секунды и десятки секунд. 3. Избирательность «проявления» в пространстве – в атмосфере и литосфере. 4. Периодичность (квазипериодичность), связанная с атмосферными и геодинамическими процессами. Фактически, сейсмическое событие – это подземная молния в своем, характерном для конкретной геосреды, пространственно-временном интервале.

На рисунке 4 представлена картина пространственного распределения гипоцентров сильных землетрясений с $M \geq 5$ (M более 4.6) за период 1960-2024 гг. Пространственное распределение гипоцентров землетрясений в регионе также демонстрирует неоднородность в их распределении по глубине. Распределение носит дискретный характер, что выражается наличием «этажей», на которых концентрируются «очаги», которые могут быть отнесены к субгоризонтальным сейсмическим зонам (см. рис. 3). В то же время для данных, начиная с 11 и ниже энергетического класса, подобная дискретность отсутствует, и распределение имеет непрерывный вид. На «этажах» обнаружены компактные (близкие к шаровой форме в пространстве) скопления «очагов» сильных землетрясений. Характерные шаровые формы скоплений расположены через каждые ~ 5 км в интервале глубин 5-70 км.

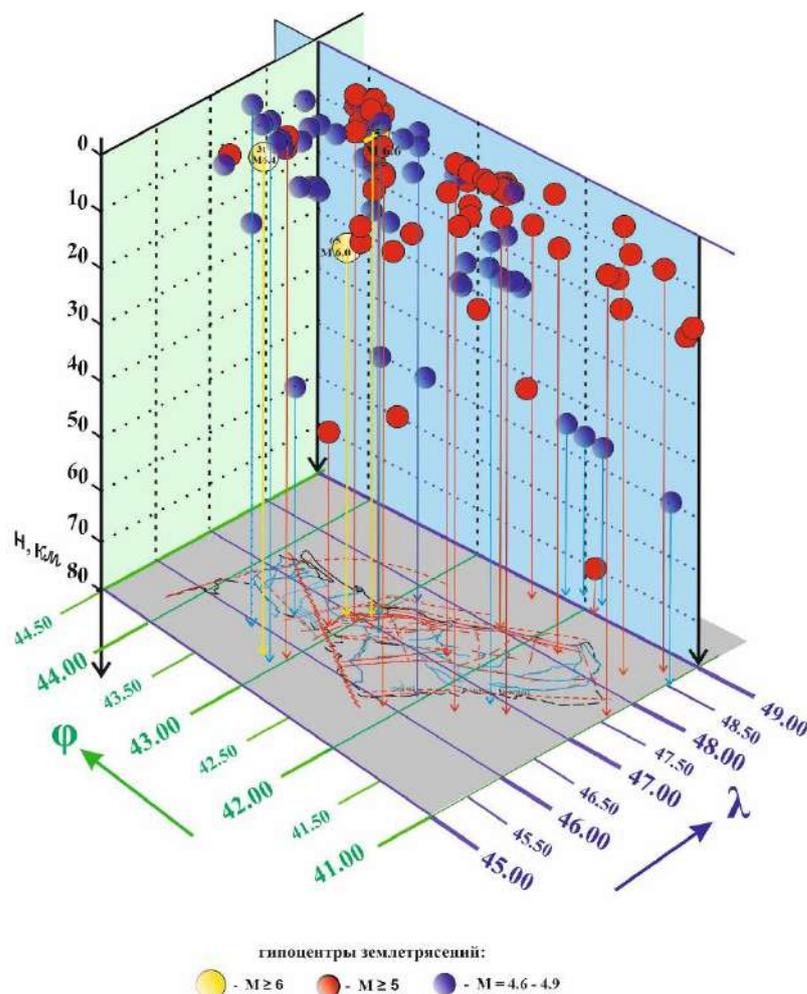


Рис. 4. Пространственное распределение гипоцентров современных сильных землетрясений северо-восточного сектора Восточного Кавказа.

Анализ пространственного распределения очагов сильных землетрясений с $M \geq 5$ показывает, что подавляющее их большинство приходится на область геопространства, связанную с продольными субкавказскими разломами: продолжением Черногорского, Пшекыш-Тырныаузским, Срединным и Пограничным (рис. 2). Плоскости продолжения Черногорского разлома в пределах области Дагестанского выступа, Пшекыш-Тырныаузского – представляет собой зону узких пластин и Пограничного разломов наклонены с преимущественным падением под складчатое сооружение Большого Кавказа. Ограничивающие зону узких пластин разрывы осадочного чехла сближаются на глубине в единый субвертикальный разлом.

Скопления гипоцентров землетрясений обращают на себя внимание близкими своими формами к шарообразным образованиям. При исследовании было установлено, что скопления гипоцентров землетрясений, образуются как в осадочном чехле, так и в метаморфизованной части фундамента, причем в первом их значительно больше, что, по-видимому, связано с его большей «жесткостью» (хрупкостью). Глубина их образования не превосходит 70 км. Эпицентральная проекция отдельного скопления имеет размер $\sim 15-30$ км в диаметре. Пример такого скопления, сформировавшегося из 23 землетрясений с $M \geq 5$ в течение периода 1970-2018 гг. в области Дагестанского выступа (с координатами $42,85^{\circ}-43,20^{\circ}$ с.ш. и $46,75^{\circ}-47,30^{\circ}$ в.д.), показан на рисунке 1. Иллюстрация позволяет судить о его форме и размере. Данная структура простирается до глубины 33 км.

Представляется, что проекции гипоцентров современных и исторических землетрясений с магнитудами более 5 на дневную поверхность отражают их пространственные положения на

смесителях глубинных разломов при глубинах от ~ 12 до 70 км, что соответствуют инструментальным данным и моделям сочленения Скифско-Туранской плиты и Кавказского складчатого сооружения [23, 28, 29, 35 и др.].

Проявившиеся скопления гипоцентров, вероятно, связаны с современным сейсмическим режимом в регионе [24, 25 и др.], так как они тяготеют, в основном, к субкавказским и поперечным к ним разломам глубокого заложения и их пересечениям.

Время образования отдельного скопления гипоцентров сильных землетрясений варьирует от нескольких до первых десятков лет. Небольшие зарождающиеся скопления могут образовываться за несколько лет.

Какого-либо тренда изменения глубины событий с течением времени не наблюдается. Хронологическое отслеживание событий каталога показало, что формирование скопления происходит во всем интервале глубин и не наблюдается предпочтительного направления его роста – вверх или вниз. Фурье-анализ этой временной последовательности также не позволил выявить каких-либо периодов изменения глубины гипоцентров с течением времени.

Активизация проявления сейсмичности в зоне скопления может повторяться несколько раз в течение периода его образования, как это имело место за последние несколько десятилетий в зоне пересечения субкавказских Пшекыш-Тырныузского и Нарат-Тюбинской системы разломов с областью сочленения Сулакского выступа с Капчугайским грабеном по Чиркей-Экибулакскому поперечному разлому. Предполагаем, что структуры, по которым развивается сейсмический процесс в виде скопления, формируются существенно раньше, чем период инструментальной регистрации землетрясений. Частично это подтверждается анализом исторических землетрясений. Т.е., определенную роль играют неотектонические геодинамические процессы. Не учет этого фактора может привести к неправильной интерпретации современного тектонического режима и механизмов возникновения «очагов» сейсмических событий. Во временном масштабе тектонических процессов, определяющих сейсмичность региона, скопления гипоцентров современных сильных землетрясений представляют собой почти мгновенные, локальные явления. В структуре самих скоплений гипоцентров проявляется свойство самоподобия: отмечается, что некоторые скопления состоят из нескольких более мелких, подобных им.

Интервал времени 1960-2024 гг. слишком мал, чтобы уверенно говорить о временных и пространственных характеристиках распределений скоплений сильных землетрясений региона. Тем не менее, особенности их проявления дают нам возможность высказать предположение о возможной роли флюидов и физико-химических процессов в сейсмических зонах осадочного чехла и метаморфизованного фундамента в процессе их образования в условиях тектонического стресса.

Заключение

Проведенные исследования позволили установить наличие группирования «очагов» сильных землетрясений в верхней части земной коры региона в интервале глубин 5-70 км в форме близкой к шаровым скоплениям. Выявлены субгоризонтальные, изометричные в горизонтальном профиле, скопления гипоцентров сильных землетрясений на разных уровнях глубины. Распределение носит дискретный характер, что выражается наличием «этажей», на которых концентрируются «очаги», которые могут быть отнесены к субгоризонтальным сейсмическим зонам. Это позволяет нам предположить о слоистости осадочного чехла и метаморфизованной части фундамента региона и наличии субгоризонтальных тектонических напряжений.

Не установлено предпочтительного направления (вверх или вниз) формирования скоплений с течением времени, формирование отдельного скопления происходит сразу во всем интервале глубин. Гипоцентры землетрясений равновероятно заполняют все тело скопления в процессе его формирования. Время формирования – первые десятки лет. Интервал времени 1960-2024 гг. слишком мал, чтобы уверенно говорить о временных и пространственных характеристиках распределений скоплений сильных землетрясений региона.

Высказано предположение о возможной роли динамики флюидов в литосфере как источнике образования скоплений. Их существование свидетельствует о сильной анизотропии верхней части коры, которая может скачкообразно изменяться с течением времени. Предполагается, что группирование «очагов» землетрясений является следствием протекающих друг за другом череды «взрывов» в поле тектонического стресса – своеобразный взрывной механизм «очага» землетрясения. Тектонический стресс и метаморфические реакции в зонах «активных» разломов приводят не только к изменению физико-химических процессов в геологической среде, но и давления флюидов (изменению ГГД-поля), в том числе – к скачкообразному. Выделение воды из минералов со взрывом при соответствующих критических Р-Т-условиях, сопровождается увеличением объёма конечных продуктов, а реализация процесса со взрывом связана с деформациями вещества – образованием разрывов в пластах, реализацией сдвигов, взбросов, сбросов и т.д.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 122032200277-4.

Литература

1. Абдрахаимов М.З., Кузнецов Ю.И., Зонн М.С. Структура порового пространства глубинных образований земной коры (по данным Кольской сверхглубокой скважины) // Физика Земли. № 5, 1996. С. 35-45.
2. Баннов Ю.А., Брудный Л.Г., Мирзев К.М. Акустические излучения перед землетрясениями // Прогноз землетрясений. Душанбе: Дониш, 1982. № 1. С. 242-251.
3. Белоусов Т.П., Куртасов С.В., Мухамедиев Ш.А. Делимость земной коры и палеонапряжения в сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах Земли. М.: ОИФЗ РАН. 1997. 324 с.
4. Бримхолл. Д.Х., Крерар Д.А. Рудные флюиды: от магматических до гипергенных. Термодинамическое моделирование в геологии. Москва, Мир. 1992. С. 247-353.
5. Брод И.О. Тектоника и нефтеносность Восточного Предкавказья // Сов. геол., 1938. Т. VIII. № 7. С. 3-23.
6. 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.
7. В государственном комитете СССР по делам изобретений и открытий // Вестник АН СССР. 1984. № 1. С. 132-142.
8. Вартамян Г.С. Гидрогеодеформационное поле в исследовании механизмов геодинамики // Отечественная геология. 1995. № 4. С. 29-37.
9. Вартамян Г.С. и др. Воздействие геодинамических процессов на водоносные горизонты // Водные ресурсы. 1986. № 5. С. 70-74.
10. Вартамян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // Доклады АН СССР. 1982. Т. 262, вып. 2. С. 310-314.
11. Вартамян Г.С., Куликов Г.В. О глобальном гидрогеодеформационном поле Земли // Советская геология, 1983. № 5. С. 116-125.
12. Грацинский В.Г., Горбушина Л.В., Тыминский В.Г. О выделении радиоактивных газов из образцов горных пород под действием ультразвука // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1979. № 10. С. 32-44.
13. Думитрашко Н.В., Лилиенберг Д.А., Муратов В.М. Особенности современных тектонических движений Кавказа: Сборник СДЗК. М.: 1968. №3. С. 265-281.
14. Етирмишли Г.Д., Казымов И.Е. Современная GPS-геодинамика Азербайджана // Геология и геофизика Юга России. 2022. 12 (4). С. 19-30.
15. 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.
16. Кожевников А.В., Никитин М.Ю. Антропоген долины р. Сулак на Сев. Кавказе // Бюл. МОИП. 1977. Отд. геол. Т. 52, вып. 3. С. 26-44.
17. Короновский Н.В. Аграхан-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона - важнейшая структура Кавказского региона // Докл. РАН. 1994. № 1. Т. 337. С.83-89.
18. Короновский Н.В., Захаров В.С., Наймарк А.А. Краткосрочный прогноз землетрясений: реальность, научная перспектива или проект-фантом? // Вестник МГУ им. М.В. Ломоносова. Серия 4. Геология. 2019. № 3. С. 3-12.

19. Короновский Н.В., Захаров В.С., Наймарк А.А. Непредсказуемость сильных землетрясений: новое понимание проблемы и ее решение // Вестник МГУ им. М.В. Ломоносова. Серия 4. Геология. 2021. № 3. С. 14-25.
20. Краснопевцева Г.В. и др., 1966. Результаты глубинного сейсмического зондирования земной коры Кавказа.- В кн.: Глубинное строение Кавказа. М.: Наука. С. 43-56.
21. Криволицкий Н.В. Тектонические характеристики области Известнякового Дагестана // Тр. ВНИГРИ, 1954. № 4. С. 148-193.
22. Магомедов Р.А. Аномальный характер режима подземных вод в высокочастотном поле сейсмических колебаний // Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования, промышленность: Сб. трудов Шестой международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». 16-17. 10. 2008 г, Санкт-Петербург, Россия. Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 348 с. С. 273-277.
23. Магомедов Р.А. Геолого-тектонические условия, геодинамическая позиция и современная сейсмичность Восточного Кавказа // Труды ИГ ДНЦ РАН. 2017. Вып. № 2(69). С. 13-32.
24. Магомедов Р.А. Дизъюнктивная тектоника и современная сейсмичность территории Восточного Кавказа // Отечественная геология, № 3. 2014. С. 69-77.
25. Магомедов Р.А. Сильные землетрясения XX века и сеймотектонический потенциал блоков Восточного Кавказа // Труды ИГ ДНЦ РАН. Вып. № 2(89). АЛЕФ. Махачкала, 2022. С. 68-71.
26. Магомедов Р.А. Способ предсказания силы и места землетрясения. Пат. № 2163385 (Россия). БИ, 2001. № 5.
27. Маркус М.А. Долгоживущие структуры Восточного Кавказа // Сов. геология. 1986. № 10. С.63-69.
28. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра. 1968. 482 с.
29. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории земли: рифтогенез в подвижных поясах. Москва: Недра, 1987. 295 с.
30. Мироненко В.А., Шестаков В.М. Основы гидрогеомеханики. М.: Недра, 1974. 295 с.
31. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Модуляция высокочастотных микросейсм // Докл. АН СССР. 1978. № 2. С. 303-306.
32. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Явление модуляции высокочастотных сейсмических шумов Земли //Диплом на открытие № 282 Госкомизобретений СССР. М.: 1983. С.1.
33. Соборнов К.О. Формирование складчато-надвиговой структуры Дагестанского клина // Геотектоника. 1991. № 3. С. 34-46.
34. ФИЦ ЕГС РАН, www.dbgsras.ru
35. Хаин В.Е. Общая геотектоника. М.: «Недра». 1973. 512 с.
36. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. Москва, 2010. КДУ. 576с.
37. Черский Н.В., Царев В.П. Механизм синтеза углеводородов из неорганических соединений в верхних горизонтах земной коры // Докл. АН СССР. 1984. Т. 279. № 3. С. 731-734.
38. Черский Н.В., Царев В.П. О новых моделях физико-химических преобразований горных пород в высокоомобильных областях Земли // Докл. АН СССР. Т. 245. № 5. 1979. С.1200-1203.
39. Черский Н.В., Царев В.П. Причины приуроченности крупнейших зон нефтегазоаккумуляции к краевым участкам литосферных плит // Докл. АН СССР. 1978. Т. 242. № 3. С. 683-686.
40. Черский Н.В., Царев В.П., Кузнецов О.Л. Влияние ультразвуковых полей на проницаемость горных пород при фильтрации воды // Докл. АН СССР. 1977. Т. 232. №1. С. 201-204.
41. Черский Н.В., Царев В.П., Николаев С.К. О возможности преобразования ископаемого органического вещества при воздействии сейсмических процессов // Докл. АН СССР. 1977. Т. 232. № 4. С. 931-934.
42. Diakonov V.P., Karyev B.S., Khavroshkin O.B., Nikolaev A.V. etc all. Manifestation on earth deformation processes by high frequency seismic noise characteristics // Physics of the Earth and Planetary Interior. Amsterdam. 1990. Vol. 63. P. 151-162
43. Iriyama J. Energy balance in the Earst interior // Tectonophyisca, 1977. V. 41. P. 243-249.

УДК 550.34.06.013.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-97-2-67-73

ИЗМЕНЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА СУЛАКСКОГО КАСКАДА ГЭС ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ (1974 – 2023 гг.)

*Мусаев М.А.**Институт геологии ДФИЦ РАН*

В предыдущих работах нами была исследована сейсмичность района Сулакского каскада ГЭС. Было отмечено, что последнее десятилетие наблюдается заметное снижение сейсмической активности на исследуемой территории. Сейсмостатистика последних трех лет показывает дальнейшее снижение сейсмичности данной территории.

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

CHANGES IN THE SEISMICITY OF THE SULAK CASCADE AREA OF THE HPP OVER THE LAST 50 YEARS (1974 – 2023)

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

In previous works, we investigated the seismicity of the Sulak cascade area of the HPP. It was noted that the last decade has seen a marked decrease in seismic activity in the study area. The seismostatistics of the last three years shows a further decrease in the seismicity of this area.

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

Введение

На реке Сулак в Дагестане построены и запущены уже семь ГЭС из них самыми крупными являются Чиркейская и Ирганайская.

Нами ранее были исследованы влияния заполнения Чиркейского и Ирганайского водохранилищ на сейсмичность прилегающих к ним территорий [3–7, 9]. 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 [10]. Предыдущее исследование сейсмичности данного района показало, что с 2011 по 2020 гг. здесь наблюдалась снижение сейсмической активности [9].

Сейсмическая активность исследуемого района

Для анализа сейсмичности района Сулакского ГЭС за период с 1974 по 2023 гг. нами рассмотрена соответствующая территория с координатами 42,47° – 43,16° с. ш. и 46,58° – 47,35° 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) [11].

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 сейсмостанция «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 [1].

Расчет активности A_{10} проводился по известной формуле [2,8-9]:

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

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 2023 гг. – соответственно, 0,56 и $K_{\min} = 7$.

Перед вычислением сейсмической активности используемый каталог землетрясений был очищен от афтершоков. Выделение афтершоков из каталога осуществлялось с помощью компьютерной программы AftIdent, составленной и любезно предоставленной нам д.ф.-м.н., заведующим кафедрой физики Земли физического факультета МГУ В.Б. Смирновым.

Расчет сейсмической активности по формуле (1) проводился с помощью программы, разработанной нами на Delphi.

График изменения во времени сейсмической активности исследуемого района A_{10} построен для скользящего окна длительностью один год с шагом в 0,5 года (рис. 1.).

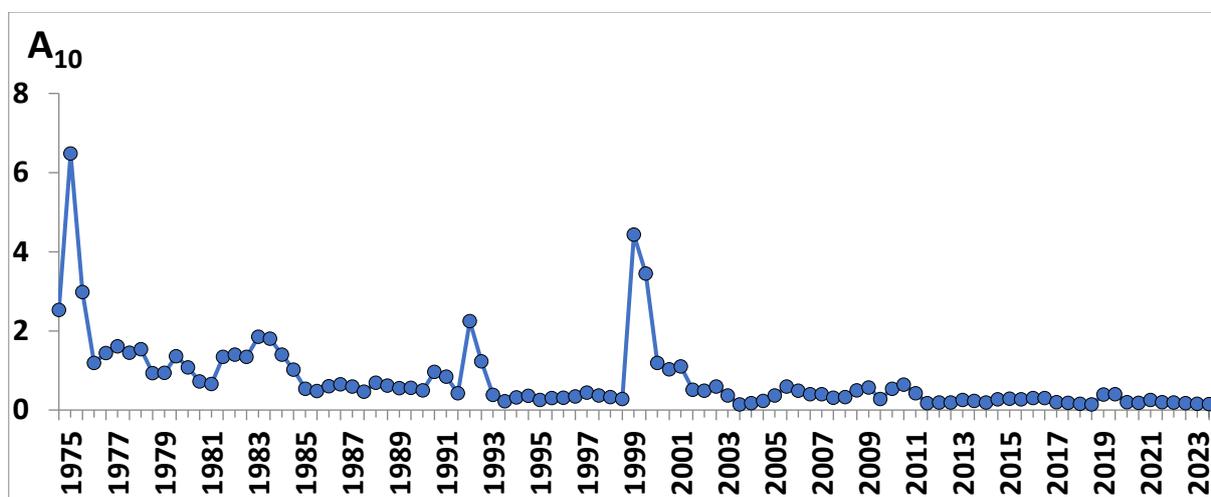


Рис. 1. Изменение сейсмической активности A_{10} исследуемой территории за период 1974 – 2023 гг.

На графике изменения сейсмической активности A_{10} выделяются три 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., 46.80° в.д. с глубиной очага 6 км; и Буйнакским – $K=14.0$, 09.01.1975 г. с координатами эпицентра 42.90° с.ш., 47.10° в.д. с 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 [6].

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, а 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>) [7].

Второй пик (1992 г.) связан с Тлохским землетрясением энергетического класса $K=12.5$, которое произошло 15.02.1992 г., с координатами эпицентра 42.65° с.ш., 46.60° в.д. и глубиной очага 10 км.

Третий 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., 46.97° в.д. и глубиной очага 33 км.

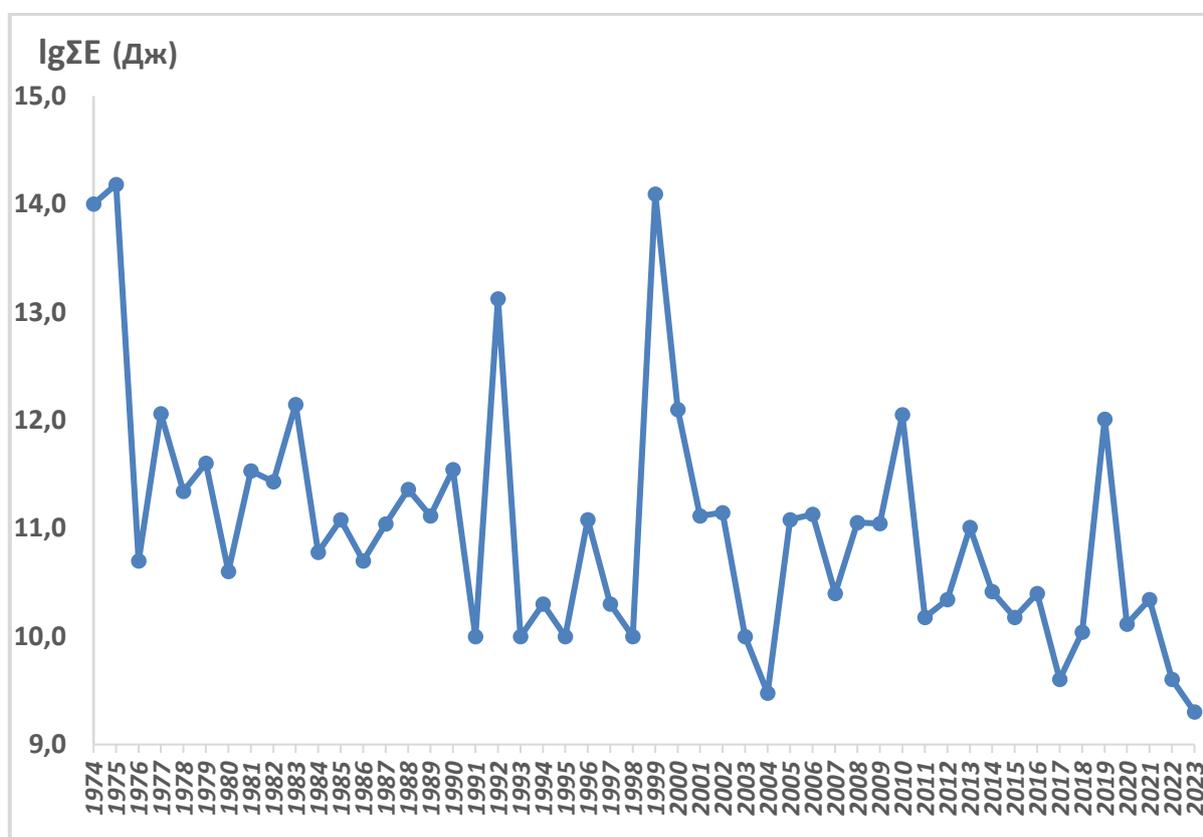


Рис. 2. Изменение суммарной энергии землетрясений, произошедших на исследуемой территории за период 1974 – 2023 гг.

Из графика изменения сейсмической активности (рис. 1.) 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, за период 1974 – 2023 гг. (рис. 2.), причем последние три года, 2021 – 2023 гг., – продолжает заметно уменьшаться.

В 2021 – 2023 гг. на рассматриваемой территории произошло из сильных только два землетрясения 10 класса (рис. 3.), а в 2023 г. – и того меньше: ни одного 10-го и всего одно 9-го класса

(рис. 4.); и на всей территории Дагестана в 2023 г. из сильных землетрясений произошло только четыре 11 класса (рис. 5.).

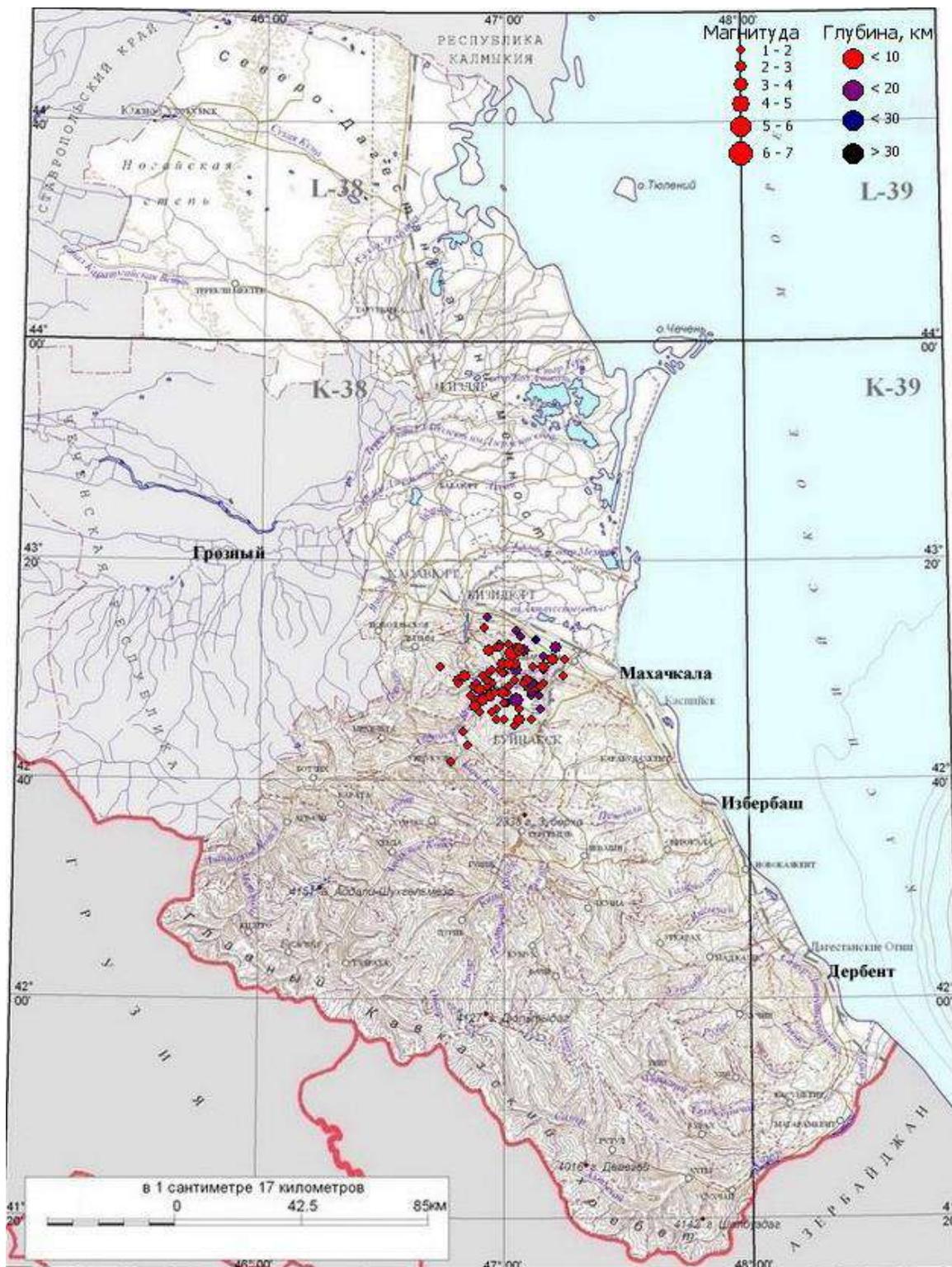


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений, произошедших на исследуемой территории за период 2021 – 2023 гг.

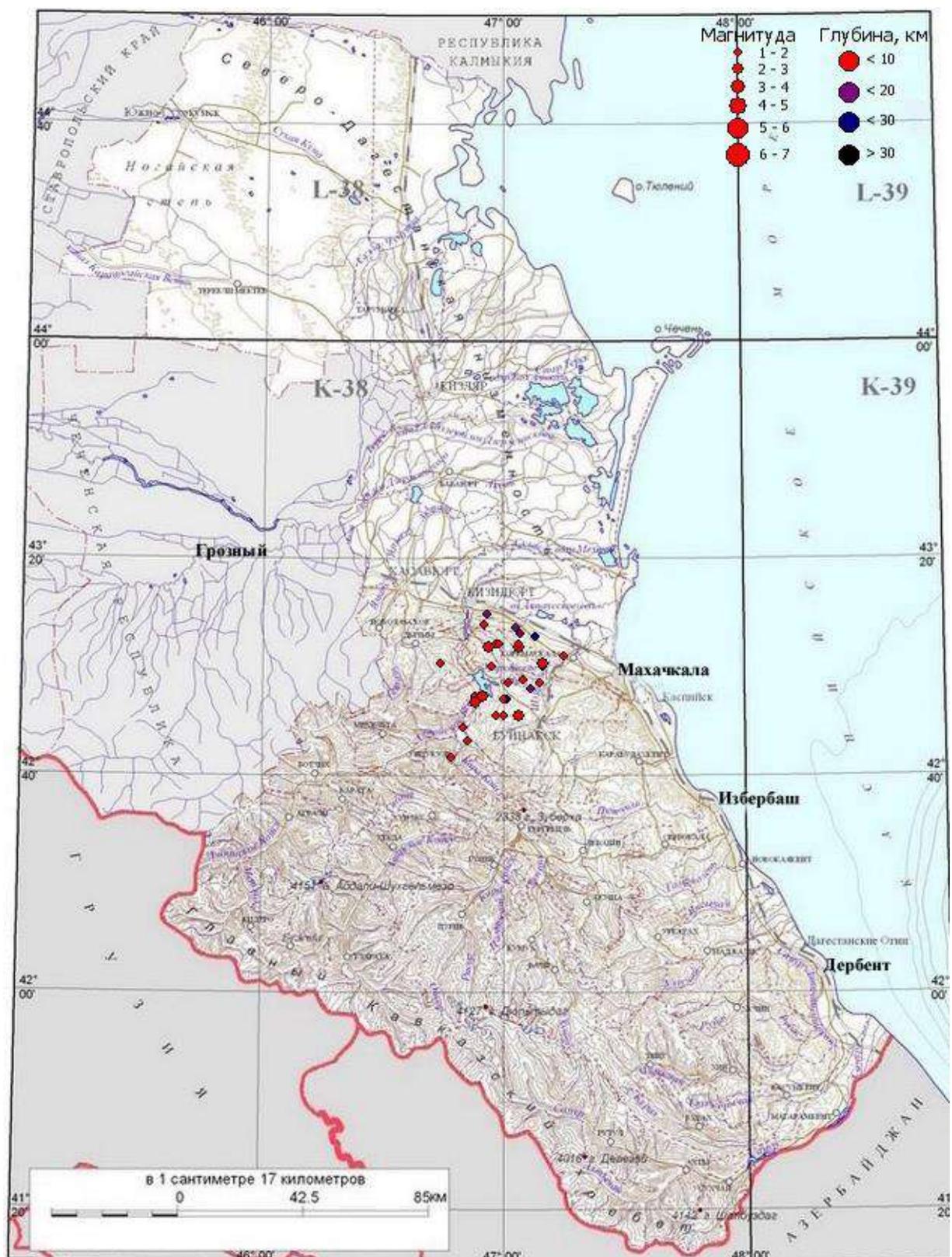


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений, произошедших на исследуемой территории в 2023 г.

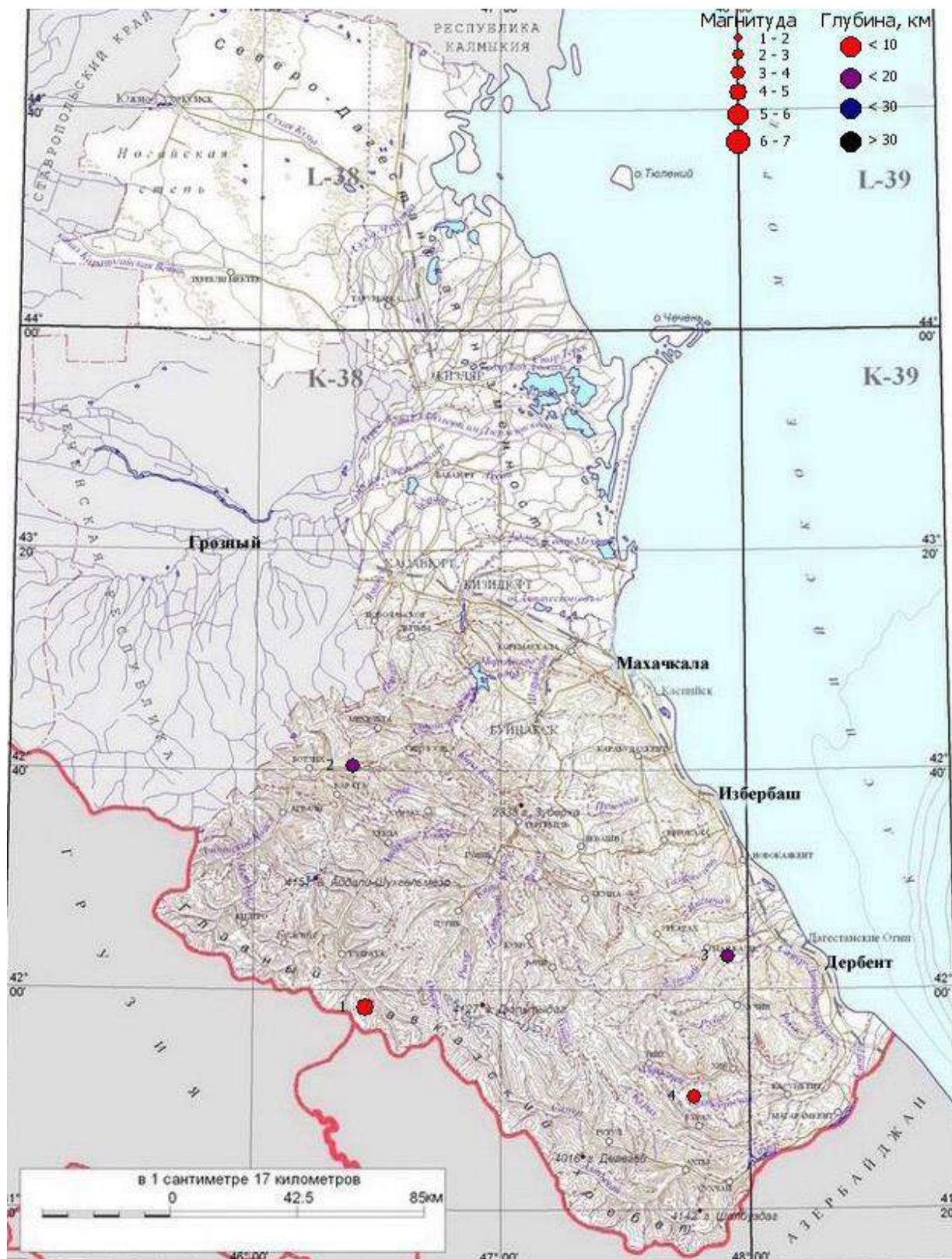


Рис. 5. Карта эпицентров самых сильных землетрясений, произошедших на территории Дагестана в 2023 г. (это 11-го класса).

Выводы

Проведенное в данной работе исследование изменение сейсмичности района Сулакского каскада ГЭС показывает, что последнее десятилетие наблюдается заметное снижение сейсмической активности на исследуемой территории, а последние три года – вообще упала.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 122032200277-4.

Литература

1. 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.
2. Бунэ В.И. Сейсмический режим Вахшского района Таджикской ССР. Душанбе: АН Тадж. ССР. 1965. С. 71–128.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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: «Алерф». 2012. 103 с.
7. 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.
8. 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.
9. Мусаев М.А. Сейсмичность района Сулакского каскада ГЭС за период 1974 – 2020 гг. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 1 (88). С. 37–43. DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-37-43.
10. Саидов О.А. О сейсмичности территории Чиркейско-Ирганайского узла Сулакского каскада ГЭС // Геология и геофизика Юга России, № 4, 2016. С. 111 – 119.
11. www.dbgsras.ru, www.ceme.gsras.ru

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 алфавитно-хронологическом (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).*

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-81133 от 25 мая 2021 года

Ежеквартальный научный журнал
"Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН"
Выпуск № 2 (97) 2024

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 20.06.2024 г. Формат 60×84¹/₈.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 8,9. Уч.-изд. л. 4,3. Тираж 200 экз. Заказ №24-06-97. Цена свободная.



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