



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Институт геологии  
Дагестанского федерального  
исследовательского центра РАН

"ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ  
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН"

ISSN: 2541-9684

№ 2 (85), 2021  
Ежеквартальный  
научный журнал

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

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

**Научно-редакционный совет:**

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

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

**Редакционная коллегия:**

д.г.-м.н., г.н.с., ДФИЦРАН

к.т.н., в.н.с., ДФИЦРАН

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

Черкашин В.И.  
(главный редактор)  
Мамаев С.А.  
(зам. главного редактора)  
Алиев И.А.  
Ахмедов Г.Я.  
Ахмедов С.А.  
Ашурбеков Н.А.  
Газалиев И.М.  
Гусейнов А.А.  
Залибеков З.Г.  
Ибаев Ж.Г.  
Идармачев Ш.Г.  
Идрисов И.А.  
Кондаков В.М.  
Курбанисмаилов В.С.  
Магомедов Р.А.  
Маммаев О.А.  
Мацапулин В.У.  
Таймазов Д.Г.  
Темирбекова У.Т.  
Тотурбиев Б.Д.  
Юсупов А.Р.  
Якубов А.З.  
Гусейнова А.Ш.  
Мамаев А.С.

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

**При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.**

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

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

## НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

### ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

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

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

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

#### Научное направление журнала - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

ISSN: 2541-9684

Журнал является рецензируемым.

Журнал выходит 4 раза в год.

Тираж - 200 экземпляров

<http://elibrary.ru/> (РИНЦ)

<http://www.igdncran.ru>

## СОДЕРЖАНИЕ

ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ОСАДОЧНЫЕ СУЛЬФИДЫ ПОЛИМЕТАЛЛОВ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮРЫ ДАГЕСТАНА <i>Мацапулин В.У., Тулышева Е.В., Исаков С.И.</i> .....	4
ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ПЛАСТОВЫХ ВОД НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ <i>Маммаев О.А., Магомедов Ш.А., Маммаев Б.О.</i> .....	10
РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГАЛЕРЕИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ <i>Ахмедов С.А., Ахмедова З.Х.</i> .....	15
ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА <i>Самедов Ш.Г., Курбанисмаилова А.С.</i> .....	19
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ, УРОВЕНЬ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БЛОКОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ И РАЗЛОМНО-БЛОКОВАЯ ТЕКТОНИКА ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА <i>Магомедов Р.А.</i> .....	25
УРУС-МАРТАНОВСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 12 ДЕКАБРЯ 2020 ГОДА, ЕГО ФОРШОКИ И АФТЕРШОКИ <i>Павличенко И.Н.</i> .....	33
АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ в 1981-1987 гг. <i>Алиева А.В.</i> .....	40
ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ РСО-АЛАНИЯ ПО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ И ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ <i>Мельков Д.А., Ревазов М.О.</i> .....	48
РЕЗУЛЬТАТЫ НАКЛОНОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОПАСНОМ СКАЛЬНОМ МАССИВЕ НАД НАСЕЛЕННЫМ ПУНКТОМ ГУНИБ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ <i>Идармачев Ш.Г., Джамалудинов А.М., Идармачев И.Ш.</i> .....	55
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>Кануков А.С., Корбесова К.В.</i> .....	61
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЖИГАНИЯ ПОПУТНОГО ГОРЮЧЕГО ГАЗА НА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ <i>Курбанисмаилова А.С.</i> .....	69
ПОЛИСИЛИКАТ НАТРИЕВЫЕ КОМПОЗИЦИИ ИЗ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД <i>Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б.</i> .....	75
НЕРУДНОЕ СТРОИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДАГЕСТАНА. СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Сулейманов В.К., Юсупов А.Р.</i> .....	83
АБАКАРОВ Абакар Джансулаевич .....	92

УДК 553.435 (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-4-9

## ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ОСАДОЧНЫЕ СУЛЬФИДЫ ПОЛИМЕТАЛЛОВ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮРЫ ДАГЕСТАНА

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

*Институт геологии ДФИЦ РАН*

Отмечается присутствие сульфидов железа и полиметаллов в песчано-глинистых отложениях юры Дагестана совместно с проявлениями колчеданных и жильных кварц-полиметаллических рудопоявлений. Сульфиды подразделены на осадочные, гидротермально-осадочные в зависимости от ряда отличающихся признаков. В южном Дагестане в верхнем тоаре и нижнем аалене в конгломератах широко проявлены сульфидные рудокласты.

*Ключевые слова:* сульфиды, галенит, сфалерит, халькопирит, гидротермальный, осадочный, генезис.

## HYDROTHERMAL-SEDIMENTARY SULFIDES OF POLYMETALS IN SANDY-CLAYY SEDIMENTS OF THE JURASSIC DAGESTAN

*Matsapuln V.U., Tulysheva E.V., Isakov S.I.*

*Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, RAS*

The presence of iron sulfides and polymetals is noted in the sandy-argillaceous deposits of the Jurassic of Dagestan, together with manifestations of pyrite and vein quartz-polymetallic ore occurrences. Sulfides are subdivided into sedimentary, hydrothermal-sedimentary, depending on a number of differing features. In southern Dagestan, in the Upper Toarcian and Lower Aalenian conglomerates, sulfide ore clasts are widespread.

*Keywords:* sulfides, galena, sphalerite, chalcopyrite, hydrothermal, sedimentary, genesis

При проведении поисково-разведочных, съемочных и тематических работ в юрских отложениях Горного Дагестана отмечается довольно широкое развитие сингенетического пирита. На месторождении Кизил-Дере в осадочно-диагенетический этап формирования Ю.П. Андреевым, О.А.Осетровым [2] и др. выделен пирит и марказит.

Сульфиды полиметаллов (сфалерит, халькопирит, галенит) и пирротин отмечены в массивных сингенетических рудах (осадочно-эксгальационного типа) на рудопоявлении Курдул II [7], в проявлениях Куруш-Мазинского рудного поля [5], в эффузивно-осадочных толщах плинсбахы и тоара в Аваро-Андийском рудном районе (Диваков и др. работы 1977-78 гг.)

Специальные исследования осадочно-диагенетических сульфидов, их распространенности и др. на территории Дагестана практически не проводились. Здесь можно лишь отметить статью А.Г. Алиева и др. [1], раскрывающую закономерности образования аутигенной минерализации в зависимости от геохимических фаций осадконакопления.

В центральной части Большого Кавказа осадочно-диагенетическое оруденение изучено более детально, что позволило Черницыну [7] выделить одноименные формации для цинка и меди.

Нами проводилось изучение осадочно-диагенетических сульфидов в тоарско-ааленских отложениях на рудных полях месторождения Кизил-Дере, рудопоявлений Скалистое, Мушлак, в тоарских отложениях в долинах рр. Кутлаб, Орицкали, Метлюта. В результате исследований в песчано-глинистых отложениях установлено широкое развитие, кроме пирита - пирротина, сфалерита, халькопирита, гораздо реже галенита. Сульфиды распространены в породах в микро- и макроформах.

Пирит отмечается в конкрециях различных размеров от 1 до 15-20 см по длинной оси с самым различным распределением. Выделяются линзовидные образования мелкозернистого пирита (до 1 мм), ассоциирующего с кремнеземистой массой, отмечающиеся во вмещающих породах месторождения Кизил-Дере и в осадочных отложениях Мушлакского рудного поля.

Но чаще всего встречаются линзовидные образования с крупнокристаллическим пиритом (до 0,5-1см), которые нередко (Мушлак) секут сланцеватость, но согласны со слоистостью, что создает впечатление об их эпигенетичности. В ааленских осадочных отложениях (р. Мулларчай) широко развиты конкреционно-желваковые пиритовые образования. Почти повсеместно они претерпевают диагенетические преобразования - разбиты трещинами, выполненными волокнистым кремнеземом. В тоаре отмечаются спаренные конкреции (р. Кутлаб), сульфидизированные окатанные обломковидные образования с крупнокристаллическим пиритом, ожезненным с поверхности. Переотложенный пирит выделяется в обломочном материале конгломератов.

В осадочных породах широко распространены метакристаллы пирита размером до 0,1-3 см. Отмечены они в песчано-алевролитовых породах тоара верховьев р.р. Андийского и Аварского Койсу, Диваковым и др.- на рудопроявлениях Калакор, Мачхалор. Макроформы пирита являются исключительно диагенетическими образованиями, сюда же относятся и пирит, развивающийся по диагенетическим микротрещинам.

Основную массу пирита в песчано-глинистых отложениях составляют рассеянные аутигенные микроформы различного морфологического облика, которые выделяются в цементирующей массе осадочных отложений, реже в виде замещения по фауне и углефицированных остатков растительных тканей. Широко развиты микроглобулы пирита, особенно во вмещающих породах месторождения Кизил-Дере, что описывал еще Н.С. Скрипченко [6]. Микроглобулы отмечаются в ааленских (рудопроявление Скалистое) и тоарских отложениях (рудопроявление Курдул I, Мушлак). Фрамбоиды пирита совместно с глобулярными формами сфалерита и халькопирита (Диваков К.С. и др. 1977-78 г.г) выделены в рудах Мачхалора. Наряду с фрамбоидальным пиритом нами установлены сфалеритовые (Мушлак, Скалистое, рис. 1, 2) и халькопиритовые (Кизил-Дере) микроглобулы. Распределение микроглобул в породах самое разнообразное: единичные, рассеянные формы, в виде цепочкообразных, линзовидных и округлых образований, размеры микроглобул составляют порядка 3-40 микрон.

Образование осадочно-диагенетического пирита (и, вероятно, сульфидов вообще), судя по данным нефтяников, происходит не только в юрских породах, вмещающих сульфидную минерализацию на территории Горного Дагестана, но также и в породах карбона, перми, триаса, вскрытых глубокими скважинами в пределах равнинного Дагестана.

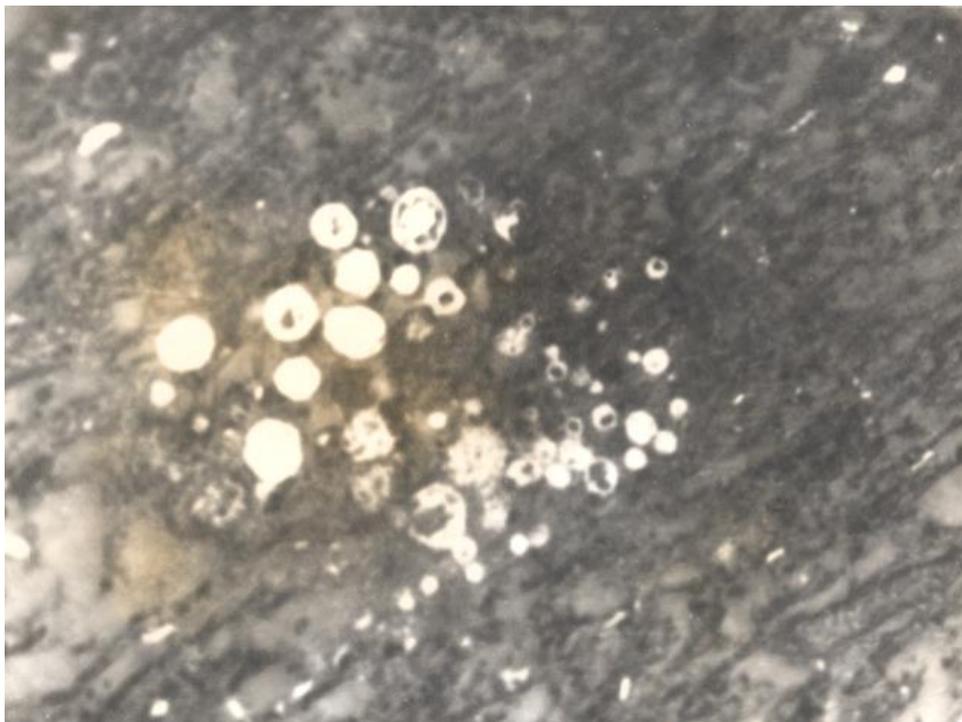


Рис.1. Микроглобулы пирита, сфалерита в аргиллитах. Мушлак,  $\times 200$

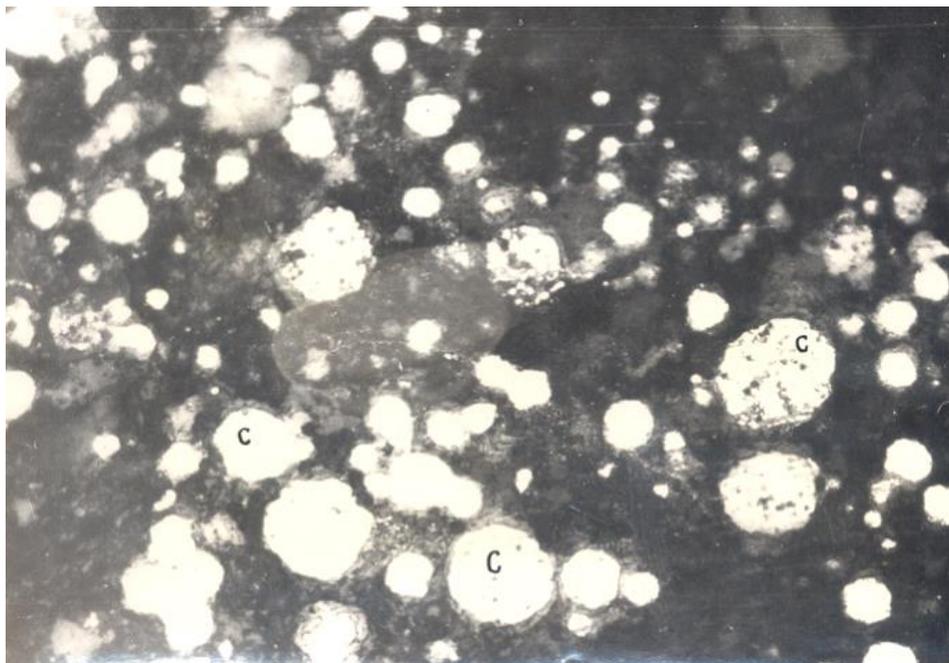


Рис.2. Микроглобули пирита, сфалерита (с) в песчанике. Скалистое,  $\times 220$

Широкое развитие пирротина отмечено нами в массивных алевролитах черного и серого цвета, установленных в коренных выходах тоарских осадочных пород и в аллювиально-дельювиальных отложениях долины р. Кутлаб. Наибольшее количество его развивается по микрофауне, в виде сингенетичных прослоек, выполнения диагенетических микротрещин. Выделяются карбонатные конкреционноподобные стяжения с рассеянным пирротином; конкреции, в которых внешняя оболочка полностью выполнена пирротином, а ядро – рассеянным мелкозернистым FeS; карбонатные конкреции сложной формы с рассеянным пирротином. Совместно с пирротином в резко подчиненном количестве отмечаются пирит и халькопирит. Фациальные условия образования отмеченного нами пирротина отличаются от стустковых и пластообразных сульфидизированных горизонтов, выделяемых К.С. Диваковым и др. (работы 1977-78 гг.), обилием фауны.

Сфалерит по широте распространения следует непосредственно после пирита. Он образует макроскопические обособления до 1-2 мм (вещающие породы месторождения Кизил-Дере), но в основном представлен микроформами - это различные обособления неправильных очертаний, слегка удлиненные, часто напоминают обрывки остатков растительных тканей и нередко тесно ассоциируют с ними. Гораздо реже отмечаются непосредственное развитие сфалерита по растительным остаткам. В осадочных породах отмечаются определенный антагонизм между сфалеритом и другими аутигенными сульфидами, по крайней мере, более значительные скопления ZnS (достигающие 1-2 %) отмечены за пределами развития пирита (Кизил-Дере, Мушлак). Характерно также, что в породах, где отмечено развитие осадочного пирротина (Кутлаб), сфалерит встречается в единичных знаках. Размер зерен сфалерита обычно составляет в пределах 0,01-0,05 мм.

Халькопирит встречается реже сфалерита в виде еще более ксеноморных образований. Он выполняет промежутки между глобулями пирита (рис.3), диагенетические микротрещины, встречается в виде замещения по фауне совместно с пирротином и в пирротиновых прослойках, а так же в виде почти самостоятельной аутигенной рассеянной минерализации в осадочных породах.

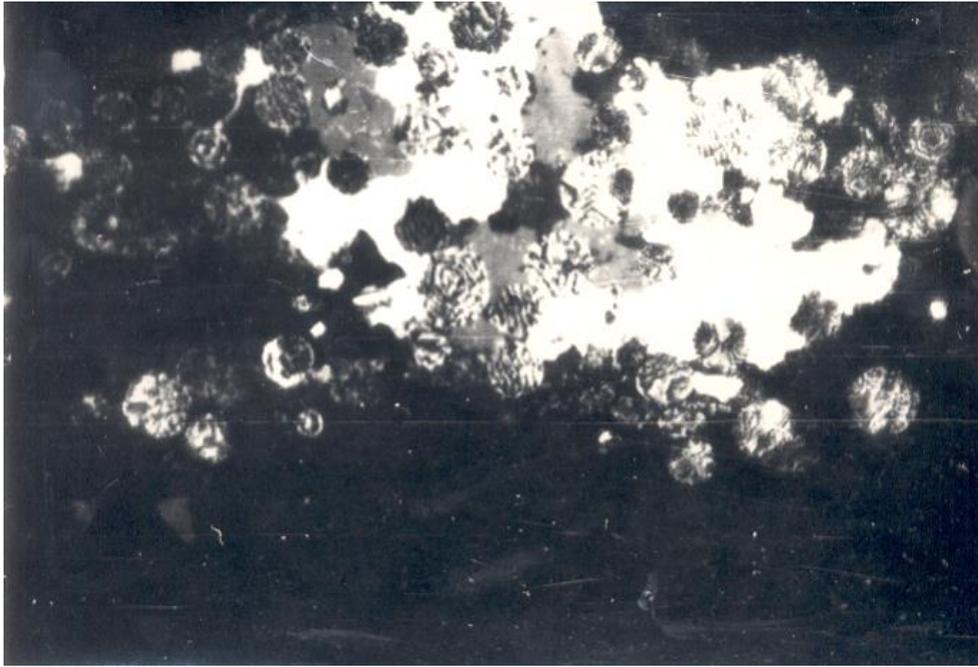


Рис. 3. Микроглобули пирита, промежутки выполнены халькопиритом (белое), сфалеритом (серое) аргиллиты. Кизил-Дере,  $\times 400$

Наибольшая концентрация халькопирита (до 5 %) установлена в небольшой линзочке тоарских алевролитов в долине р. Мушлак (рис.4.). Галенит в виде незначительных по размерам (0,01-0,02) зерен определен в сланцах долины р. Метлюта и в конгломератах долины р. Джурмут [4]. Сульфид свинца отмечен совместно с пиритом и сфалеритом. Совместное нахождение с последним позволило уверенно диагностировать галенит.

Приведенные материалы свидетельствуют, прежде всего, о том, что в юрских отложениях по территории Горного Дагестана широко развиты осадочно-диагенетические сульфиды полиметаллов. Не все изученные образцы подверглись спектральным анализам, но часть из них проанализирована: глинистые сланцы долины р. Метлюта, вмещающие метакристаллы пирита со сфалеритом Zn - 0,02 %, профиль в долине р. Мушлак с Zn - 0,003-0,1%, (8 проб), Кизил-Дере шт.3, р-8. вмещающие породы Zn до 0,01 %.

Большой фактический материал по геохимии осадочных отложений приводится в отчетах поисково-съёмочных работ. Геохимическое опробование песчано-глинистых отложений показывает в отдельных пробах повышенное содержание полезных компонентов в удалении от эндогенных образований. Для примера приведем содержание полиметаллов в осадочных отложениях по данным Лучникова (табл.1) (отчет по поисково-съёмочным работам М-ба 1:50000, 1965-66 гг.)

При металлогенических исследованиях (Диваков и др. 1968-69гг.) выделены геохимические аномалии с максимальным фоновым содержанием компонентов в районе р.р. Курдул-Каяна-Дюльтычай: по одной на Zn и Cu две на Co. Аномалии с максимальным фоновым содержанием меди отмечены в районе р.р. Химрик-Джурмут-Кудаор. В районе р. Кутлаб, где нами отмечена осадочно-диагенетическая медно-пирротиновая минерализация, прослеживается аномалия со среднефоновым содержанием Cu. Комплексная аномалия на Cu, Zn и среднефоновым содержанием Pb выделена на правом берегу р.Самур, в верховьях ручьев Бол. Бадак-Даккичай. Отмеченные аномалии лишь частично совпадают с магнито - и гравиметрическими.

Объяснить образование отмеченных геохимических аномалий, учитывая емкостные свойства песчано-глинистых отложений, как первичных ореолов при становлении эпигенетических гидротермальных или магматических тел, невозможно. Мы считаем, что подобные аномалии,

выделяющиеся в осадочных отложениях, обусловлены наличием осадочно-диагенетических сульфидов. Образование их обусловлено как эксгальционными процессами при подводном излиянии гидротерм (особенно для сульфидов полиметаллов, судя по их приуроченности к глубинным разломам), так и осадочными процессами, находящимися в тесной связи с геохимическими фациями осадконакопления.

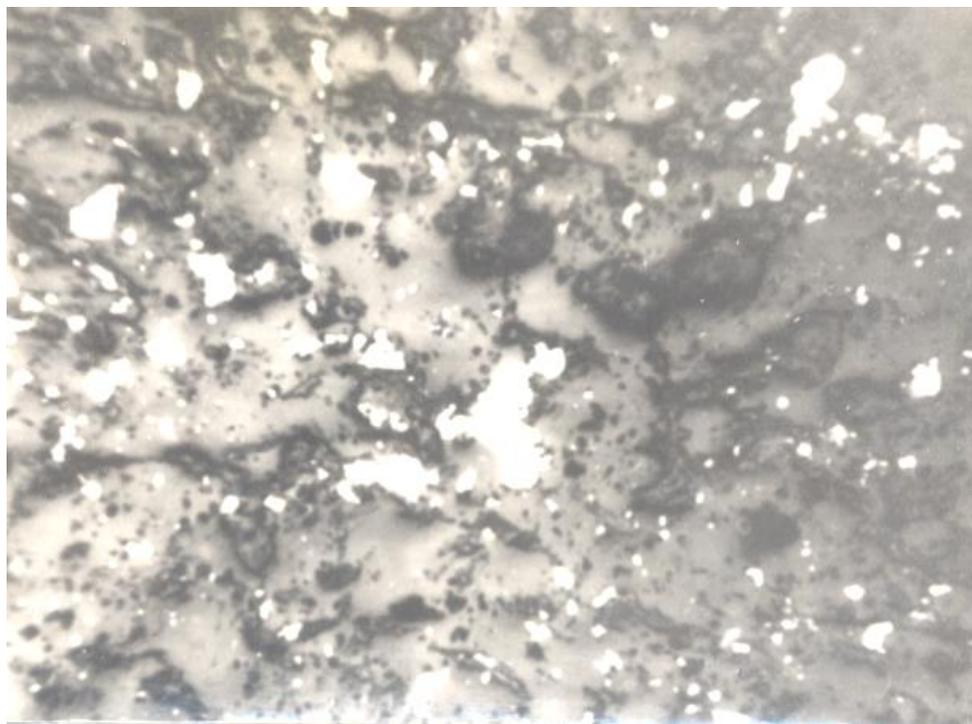


Рис. 4. Халькопирит (белые точки) в алевролитах. Мушлак,  $\times 80$ .

Эти аномалии заслуживают внимания для проведения на них более детальных геологических и геохимических исследований. В первую очередь подобные работы необходимо провести на комплексной аномалии в междуречье р.р. Бол. Бадак-Даккичай. По отдельным профилям здесь выделяются контуры от 10 до 40 м, с суммарным содержанием полиметаллов до 2-2,5 %.

Приверженцами осадочного образования сульфидов полиметаллов на территории Восточного Кавказа являются Д.Д.Мазанов, который относил колчеданные месторождения Азербайджана к осадочным [3]. Н.К. Поливода, длительное время изучавший сульфидные образования Дагестана, относил все месторождения (включая и Кизил-Дере) к осадочным [5]. Он даже совместно с д.г.-м.н. Осикой Д.Г. в одной из своих статей сделал прогноз на промышленные полиметаллические осадочные руды Дагестана в размере 6-8 миллиардов тонн руды, основываясь на высоких кларках полиметаллов в осадочных отложениях некоторых участков. В связи с этим отметим, что на разведанное медно-пирротинное месторождение Кизил-Дере существуют различные взгляды на его происхождение. Пожалуй, все существующие модели образования колчеданных руд примерялись для месторождения. Один из последних вариантов генезиса изложил М.М. Курбанов в своей кандидатской диссертации – месторождение образовалось за счет «черных курильщиков». Но последние образуются при спрединге, т.е. раздвиге океанского бассейна, которого на территории не было, это доказывают геотектонисты, взгляды которых отражены в монографии [8] под редакцией акад. Ю.Г. Леонова. В тоар-аалене на территории формировался только прогиб, не дошедший до стадии спрединга. Все осадочные и другие экзотические виды генезиса на сульфидных рудопроявлениях и месторождениях основываются на недостаточных или непроверенных данных.

Таблица 1

## Содержание полиметаллов в осадочных породах

№№ профиля	№№ проб	Cu	Pb	Zn	Co	Удаление от эндогенных образований
1	2	3	4	5	6	7
№ 2, Бол. Бадак.	243	–	0,15	0,2	–	150
	232	1,2	–	0,05	–	200
	205	0,3	–	–	–	500
№ 3. J2a2 др	309	0,9	0,02	1,2	0,004	180
	310	0,9	0,02	1,2	0,02	170
	308	0,016	0,014	0,004	–	160
	307	0,016	0,014	–	0,004	150
	306	0,05	1,2	0,8	–	140
J2a2JK25	305	0,15	1,2	0,8	–	130
	318	0,03	0,2	0,25	–	–
	–	–	–	–	–	–
№ 6 J2t3C12 (Чингар)	955	0,04	0,3	–	0,002	350
	959	0,03	0,2	0,015	0,0015	310
	966	0,15	0,07	0,10	0,002	250
№ 8 J1t3ng1	1144	0,1	0,1	0,3	0,003	400
	1167	0,008	0,07	0,02	0,002	160
	1168	0,007	0,07	0,05	–	150
	1169	–	0,2	0,05	–	140
№ 16 J1t3C13	3241	0,02	0,3	–	0,0025	300
	3224	0,015	0,2	0,2	0,0025	150

Учитывая широкую распространенность осадочно-диагенетических сульфидов полиметаллов, при геохимической опробовании осадочных пород необходимо проводить изучение форм нахождения элементов-примесей для решения вопроса о природе (сингенетичности, эпигенетичности) геохимических ореолов. Это значительно повысит эффективность геохимических исследований.

Имеющиеся материалы позволяют говорить о возможном существовании в нижнесреднеюрских отложениях Горного Дагестана осадочно-гидротермальной формаций полиметаллов.

## Литература

1. Алиев А.Г., Акаева В.П. Геохимические фации юрских отложений юго-восточного Кавказа и смежных районов Дагестана // Тр. Геологического института. Т.1. Махачкала. 1957. 256с.
2. Осетров О.А. Сульфидные месторождения цветных металлов в сланцевых толщах. М., Изд-во «Недра». 1978. 320с.
3. Мазанов Д.Д. Литология и генезис юрских отложений Большого Кавказа в пределах Азербайджана. Баку. Изд-во АН Аз.ССР. 1969. 270с.
4. Мацапулин В.У. Гидротермально-осадочное сульфидообразование в верхнетюринско-нижнеааленских отложениях южного Дагестана. Дис. канд. геол.-мин. наук. Тбилиси. 1984г. 270с.
5. Паливода Н.К., Паливода А.А. Новое о генезисе полиметаллической минерализации Куруш-Мазинского рудного поля в Дагестане // ДАН СССР. Т. 237. №6. 1977. С. 36-44.
6. Скрипченко Н.С. Гидротермально-осадочные сульфидные руды базальтоидных формаций. М., Изд-во «Недра». 1972. 287с.
7. Черницын В.Б. Металлогения Большого Кавказа. М., Изд-во «Недра». 1977. 302с.
8. Леонов Ю.Г. (гл. редактор) Большой Кавказ в альпийскую эпоху. М.: Геос. 2007. 368 с.

УДК 38.53.29

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-10-14

## ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ПЛАСТОВЫХ ВОД НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

*Маммаев<sup>1</sup> О.А., Магомедов<sup>1</sup> Ш.А., Маммаев<sup>2</sup> Б.О.*  
*<sup>1</sup>ИПГ и ВЭ ОИВТ РАН, <sup>2</sup>Институт геологии ДФИЦ РАН*

В статье на основе собственных и литературных данных анализируется изотопный состав кислорода ( $\delta^{18}\text{O}$ ) и водорода ( $\delta^2\text{H}$ ) пластовых вод нефтегазовых месторождений Восточного Предкавказья. В результате проведенного анализа, устанавливается вертикальная зональность различных генетических типов подземных вод и примерные пропорции смешения вод древних седиментационных бассейнов с поверхностными и древними инфильтрационными водами.

*Ключевые слова:* изотопный состав, пластовые воды, генетический тип, инфильтрационные воды.

## ISOTOPIC COMPOSITION OF STRATAL WATERS OF OIL AND GAS FIELDS IN THE EASTERN CISCAUCASIA

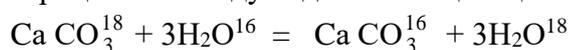
*Mammaev<sup>1</sup> O.A., Magomedov<sup>1</sup> Sh.F., Mammaev<sup>2</sup> B.O.*  
*<sup>1</sup>IPG and VE JIHT RAS, <sup>2</sup>Institute of Geology, DPhIC RAS*

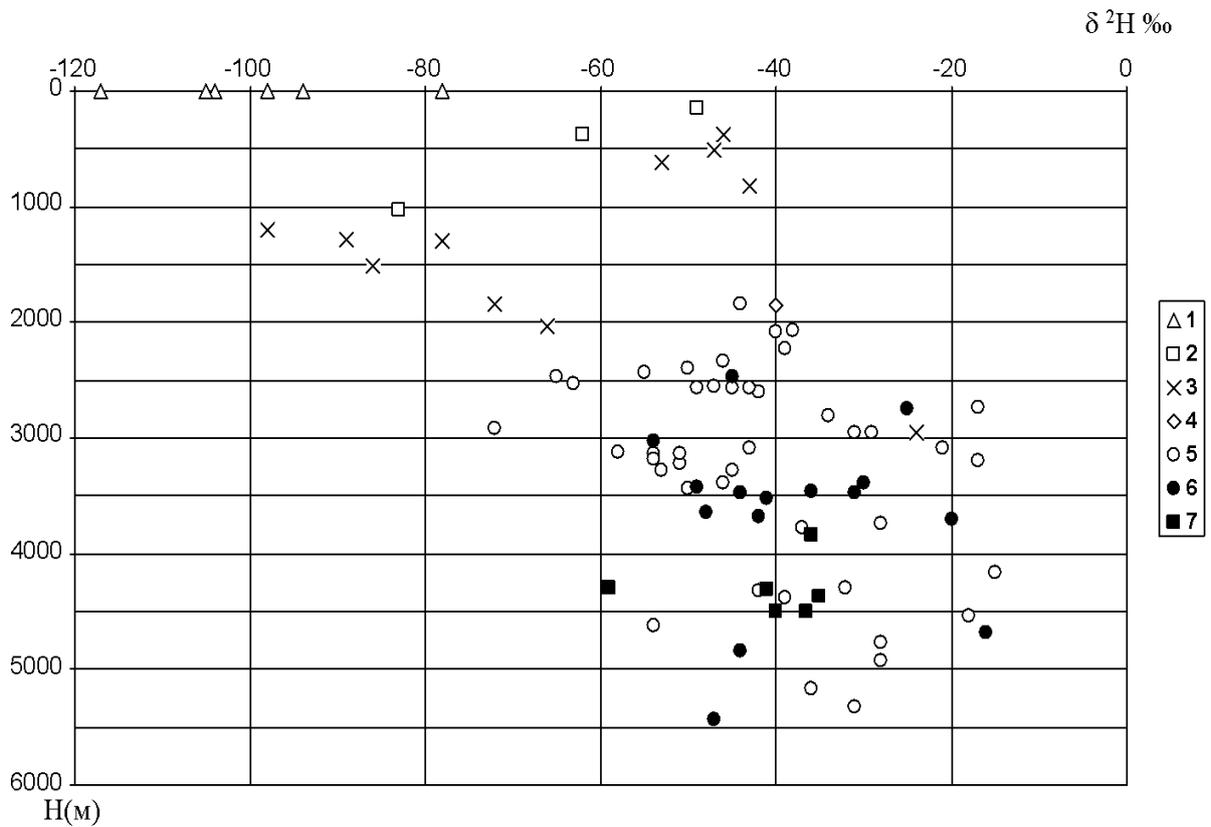
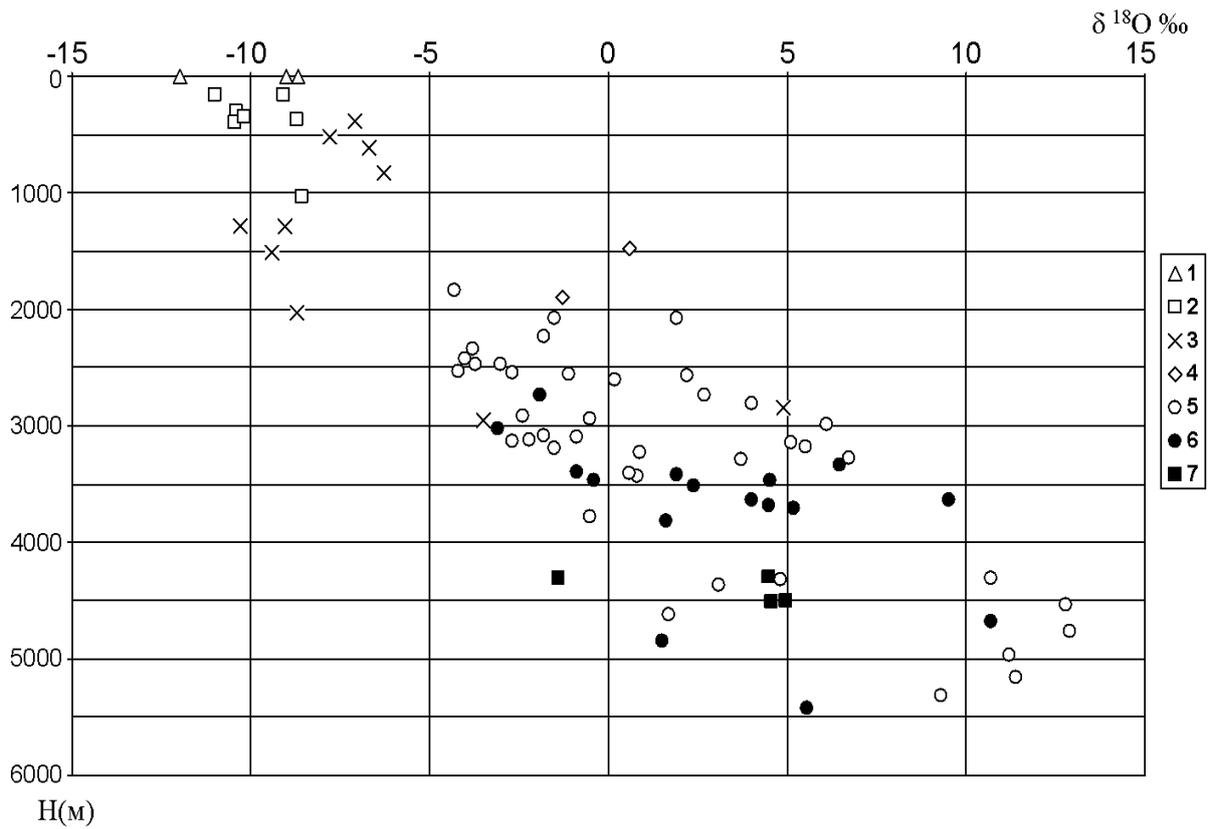
The article analyzes the isotopic composition of oxygen ( $\delta^{18}\text{O}$ ) and hydrogen ( $\delta^2\text{H}$ ) of formation waters of oil and gas fields in the Eastern Ciscaucasia on the basis of our own and published data. As a result of the analysis, the vertical zoning of various genetic types of groundwater and the approximate proportions of mixing of the waters of ancient sedimentary basins with surface and ancient infiltration waters are established.

*Key words:* isotopic composition, formation waters, genetic type, infiltration waters.

Анализ значений изотопных соотношений подземных вод нефтегазовых месторождений Восточного Предкавказья по нашим данным и литературным источникам [1-4,7-10] выявил их относительно тяжелый изотопный состав (рис. 1). Интервалы значений  $\delta^{18}\text{O}$  пластовых вод мезозойских отложений (на уровне доверительной вероятности 0,95) составляют: для триасовых отложений (+3,22+5,34) ‰, для юрских отложений (+4,11+8,59) ‰, для меловых отложений (+4,35 +7,92) ‰. Значения отношений  $\delta^{18}\text{O}$  для рассолов юрских отложений достигают величины +9,54‰ (Майская, скв. 22). Значения  $\delta^{18}\text{O}$  для рассолов триасовых и меловых отложений образуют сравнительно узкие диапазоны. При этом в пластовых водах, связанных с карбонатными коллекторами, наблюдаются относительно высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$  по сравнению с терригенными. Эта закономерность отмечается для пластовых вод всех водоносных комплексов мезозоя. Так, пластовые воды верхнего и карбонатной толщи нижнего мела характеризуются значениями  $\delta^{18}\text{O}$  (+6,72, +7,17) ‰; (Подсолнечная, скв. 7, Сухокумская, скв. 35), воды карбонатного горизонта верхней юры – (+6,46, +9,54) ‰ (Сухокумская, скв. 40, Майская, скв. 22), в то время как для вод, приуроченных к песчаникам средней юры значения  $\delta^{18}\text{O}$  снижаются до (+4,54, +3,99) ‰ (Р. Хутор. скв. 47, Сухокумская, скв. 49). Аналогичным образом с несколько меньшими значениями  $\delta^{18}\text{O}$  меняются изотопные отношения для вод триасового водоносного комплекса. Воды, связанные с нижнетриасовыми карбонатными коллекторами характеризуются значениями  $\delta^{18}\text{O}$  (+4,95, +4,57) ‰ (Юбилейная, скв. 11, 12), а со среднетриасовыми – (+3,75) ‰ (В. Сухокумская, скв. 6).

В целом изотопный состав рассолов мезозойских отложений обогащен кислородом – 18, что можно объяснить, наличием высоких термобарических условий (Т до 150–190 °С, Р до 400 атм. и более) и карбонатных коллекторных пород в пластах. Эти обстоятельства способствуют активным изотопно-обменным процессам между водой и вмещающими породами по схеме:





1 – поверхностные воды; воды отложений: 2 – плиоцен-четвертичных, 3 – миоцена, 4 – палеогена, 5 – меловых, 6 – юрских, 7 – пермо-триаса.

Рис. 1. Зависимость значений  $\delta^{18}O$  и  $\delta^2H$  пластовых вод Восточного Предкавказья от глубины залегания водоносного горизонта.

Как известно, кислород карбонатов осадочных отложений обогащен тяжелыми изотопами относительно подземных вод [1,5]. Высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$  рассолов мезозойских отложений характеризуют степень гидрогеологической закрытости бассейна и длительность времени контактирования системы вода – вмещающие породы.

Изотопный состав водорода в целом для рассольных вод мезозойских отложений характеризуется интервалом значений равным  $(-44,38 \div -48,42)$  ‰. Анализ значений изотопных отношений для рассолов мезозойских отложений Платформенного Дагестана показывает изотопный состав близкий к предполагаемой ювенильной воде, для которой  $\delta^2\text{H} = -48 \pm 20$  ‰ и  $\delta^{18}\text{O} = 7-8$  ‰.

Конечно, нельзя утверждать, исходя из изотопного состава, ювенильный генезис этих рассолов. Хотя рассматриваемый район является напряженным по своему тектоническому строению и геотермическим условиям. Такой изотопный состав данных вод мог образоваться в процессе изотопно-обменных реакций с вмещающими породами при наблюдаемых термобарических условиях в водоносных пластах.

Все термальные рассолы мезозойских отложений обогащены кислородом-18 и обеднены дейтерием относительно стандарта SMOW. Для термальных вод мезо-кайнозоя отмечается утяжеление изотопного состава ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ) с увеличением глубины залегания водоносного пласта (рис. 1) и ростом минерализации.

Относительно близкие значения  $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  для вод мезозойских комплексов Платформенного Дагестана можно объяснить общностью их генезиса и наличием перетоков между этими комплексами. При прослеживании изотопного состава вод вдоль линии движения потока пластовых вод юрского комплекса [4], наблюдается незначительное изменение  $\delta^2\text{H}$  и увеличение значения показателя  $\delta^{18}\text{O}$ . Некоторое утяжеление изотопного состава  $\delta^2\text{H}$  в районе Сухокумского участка обусловлено инверсией пластовых рассолов из триасового комплекса в этой зоне. Возрастание значения  $\delta^{18}\text{O}$  вод происходит по мере увеличения контакта и изотопно-обменных процессов с вмещающими породами вдоль движения потока.

Для вод нижнемелового комплекса вдоль направления потока изотопный состав  $\delta^2\text{H}$  примерно постоянный, а  $\delta^{18}\text{O}$  заметно уменьшается в районе Р. Хутора, что может быть следствием ослабления изотопно-обменных процессов в пластах в связи с понижением и геотермических температур в этом же направлении. В целом изменения изотопного состава водорода и кислорода подтверждают указанные по гидродинамическим данным направления движения потоков пластовых вод [4].

Полученные изотопные данные являются характерными для подземных вод преимущественно морского генезиса в закрытых артезианских бассейнах. При анализе изотопных отношений рассматриваемых рассолов, необходимо также отметить и роль древних инфильтрационных вод в их формировании, которые частично заменили морскую воду в течение длительной геологической истории.

Низкие относительно среднеокеанической воды значения  $\delta^2\text{H}$  в мезозойских рассолах можно объяснить частично так называемым «солевым эффектом» [5], при котором в начальной фазе концентрирования морская вода обогащается  $\delta^2\text{H}$ , а после выпадения солей содержание тяжелых изотопов заметно уменьшается. По увеличению  $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  с ростом минерализации и глубины для рассматриваемых мезозойских рассолов можно предположить незначительное влияние солевого эффекта. Вероятнее предположить разбавление рассолов древними инфильтрационными водами.

Для расчетов по исследуемому региону с учетом изотопного состава пластовых и поверхностных вод нами приняты значения  $\delta^2\text{H} = -30,0$  ‰ – для седиментационных вод и  $\delta^2\text{H} = -(100-130)$  ‰ – для инфильтрационных вод соответственно равнинной и горной части [4]. При принятых значениях  $\delta^2\text{H}$  можно подсчитать долю инфильтрационных вод по формуле:

$$\delta^2\text{H} = \left(1 - \frac{P}{100}\right) \delta^2\text{H}_1 + \frac{P}{100} \delta^2\text{H}_2, \quad 1.$$

где  $\delta^2\text{H}$  – фактический изотопный состав в исследуемой воде,  $\delta^2\text{H}_1$  и  $\delta^2\text{H}_2$  – изотопный состав морских и инфильтрационных вод для исследуемого региона,  $P$  – содержание инфильтрованной воды в %. При подсчете для мезозойских рассолов получается в среднем доля древней инфильтрационной воды до 20–25%. Однако такие пропорции нельзя строго принимать, так как, они являются условными, поскольку трудно учесть все факторы, влияющие на формирование  $\delta^2\text{H}$  в естественных условиях. Определение генезиса пластовых вод нефтегазовых месторождений в региональном масштабе имеет большое научное и прикладное значение при поисках и разведке нефтегазовых месторождений и промышленных термальных вод. Проникновение в пласты инфильтрационных вод является одним из признаков бесперспективности исследуемых районов на нефть и газ, а установление же генезиса опресненных вод традиционными гидрохимическими методами недостаточно эффективно.

Для термальных вод среднемиоценовых отложений значения  $\delta^{18}\text{O}$  меняются в широких пределах: от  $-10,29$  ‰ до  $+4,09$  ‰. Доверительный интервал среднего значения  $\delta^{18}\text{O}$  для вод среднемиоценовых отложений Терско-Кумского бассейна составляет  $(-11,32 \div +1,7)$  ‰. Для термальных вод участка Кизляр по нашим данным установлено  $\delta^2\text{H} = -72$  ‰ и  $\delta^{18}\text{O} = +4,09$  ‰ – для чокракского горизонта и  $\delta^2\text{H} = -83$  ‰ и  $\delta^{18}\text{O} = -8,57$  ‰ – для апшеронского горизонта (скв. 5т, 6т). Для термальных вод участка Тернаир  $\delta^2\text{H} = -81$  ‰ и  $\delta^{18}\text{O} = -8,57$  ‰. Изотопные отношения водорода и кислорода для термальных вод среднемиоценовых отложений подчиняются эмпирической зависимости вида

$$\delta^2\text{H} = 0,89 \delta^{18}\text{O} - 76 (\text{‰}). \quad 2.$$

Изотопные отношения ( $\delta^2\text{H}$ ) в водах миоценовых отложений Платформенного Дагестана близки к значениям вод плиоцен-четвертичных отложений и речных вод, что обусловлено преимущественно инфильтрационным питанием этих вод.

Для речных вод (Сулак, Терек) величины изотопных отношений составляют  $\delta^2\text{H}$   $(-98 \div -94)$  ‰ и  $\delta^{18}\text{O}$   $(-9,00 \div -8,68)$  ‰. Значительное обеднение речных вод тяжелыми изотопами водорода и кислорода по отношению к водам осадков (Кривая Крейга) и дождевой воде (г. Махачкала) можно объяснить преобладающей долей ледникового питания. Для сравнения воды рек Средней Азии (Зеравшан, Аму-Дарья) с ледниковым питанием имеют изотопные отношения:  $\delta^2\text{H} = (-130 \div -88)$  ‰,  $\delta^{18}\text{O} = (-11 \div -8)$  ‰ [1, 5].

Для подземных вод плиоцен-четвертичных отложений Терско-Кумского бассейна характерен изотопно-легкий состав. Доверительные интервалы изотопных отношений составляют: для  $\delta^2\text{H} = (-97,5 \div -114,5)$  ‰, для  $\delta^{18}\text{O} = (-9,11 \div -10,69)$  ‰. Примерно таким же пределам соответствуют значения изотопных отношений речных вод (рис. 1) и принятые для исследуемого региона значения  $\delta^2\text{H} = (-100 \div -130)$  ‰, для инфильтрационных и поверхностных вод. В целом изотопный состав подземных вод плиоцен-четвертичных отложений бассейна соответствует питанию инфильтрационными атмосферными и поверхностными источниками.

Таким образом, анализ изотопных соотношений водорода и кислорода в рассмотренных водах различных генетических типов нефтегазовых месторождений бассейна показывает широкий диапазон их изменения и качественно дополняет информацию о генезисе природных вод региона, и может быть использовано при нефтегазопоисковых работах совместно с другими геохимическими и геолого-геофизическими данными.

### Литература

1. Алексеев Ф.А., Готтих Р.П., Сааков С.А., Соколовский Э.В. Радиохимические и изотопные исследования подземных вод нефтегазоносных областей СССР. / М., Недра, 1975. 271с.
2. Никаноров А.М., Тарасов М.Г., Федоров Ю.А. Гидрохимия и формирование подземных вод и рассолов. / Л., Гидрометеиздат, 1988. 248с.

3. Никаноров А.М., Федоров Ю.А. Стабильные изотопы в гидрохимии. / Л., Гидрометеиздат, 1998. 248 с.
4. Маммаев О.А. Подземные воды Восточного Предкавказья (формирование, гидрогеохимия и процессы радиотеплогенерации). / Махачкала: ДНЦ РАН, 2006. 280с.
5. Ферронский В.И., Дубинчук В.Т., Поляков В.А. и др. Природные изотопы гидросферы. / М., Недра, 1975. 280с.
6. Мирзоев Д.А., Шарафудинов Ф.Г. Геология месторождений нефти и газа Дагестана. / Махачкала, Даг. кн. изд-во, 1986. 311с.
7. Магомедов Ш. А., Маммаев О. А. Классификация природных вод по изотопному составу водорода и кислорода воды. // Материалы XI Школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» им. Э. Э. Шпильрайна. Вып. 7. Махачкала: АЛЕФ, 2018. С 384-389.
8. Магомедов Ш.А., Маммаев О. А., Магомедов А. Ш. Исследования геотермальных месторождений по изотопному составу кислорода и водорода воды. // Материалы IV Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы» Вып. 5. Т. 1. Махачкала: ИП Овчинникова (АЛЕФ), 2015. С. 296-300.
9. Магомедов Ш.А., Маммаев О.А., Чупалаев Ч.М., Расулов Г.С. Классификация природных вод по изотопному составу водорода и кислорода воды // В сборнике: Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. Материалы XI Школы молодых ученых. 2018. С. 384-389.
10. Маммаев О.А., Маммаев Б.О., Магомедов Р.А. Оценка теплоэнергетического потенциала геотермальных ресурсов месторождения термальных вод // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 287-290.

УДК: 504.052; 556

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-15-18

## РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГАЛЕРЕИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Ахмедов С.А., Ахмедова З.Х.*

*Дагестанский государственный университет, e-mail: ahmedovsa@mail.ru*

Наличие естественных проявлений нефти, газа и многочисленных источников термальных вод позволит нашему региону быть одним из предпочтительных регионов страны по освоению топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов. Гидротермальные ресурсы являются возобновляемым источником энергии, который реально может занять значительное место в топливно-энергетическом балансе в нашем регионе. Дагестан может претендовать в качестве природного региона для обработки в деле комплексного использования возобновляемых источников энергии и прежде всего гидротермальных ресурсов.

*Ключевые слова:* проявление нефти и газа, термальные воды, водоносный пласт, теплопроводность, температурное поле.

## CALCULATION OF THE TEMPERATURE REGIME OF THE GALLERY DURING THE DEVELOPMENT OF A THERMAL DEPOSIT

*Akhmedov S.A., Akhmedova Z.Kh.*

*Dagestan State University, e-mail: ahmedovsa@mail.ru*

The presence of natural manifestations of oil, gas and numerous sources of thermal waters will allow our region to be one of the preferred regions of the country for the development of fuel, energy and mineral resources. Hydrothermal resources are a renewable energy source that can really take a significant place in the fuel and energy balance in our region. Dagestan can claim as a natural region for processing in the integrated use of renewable energy sources and, above all, hydrothermal resources.

*Key words:* manifestation of oil and gas, thermal waters, aquifer, thermal conductivity, temperature field.

Территория Предгорного Дагестана относится к одному из наиболее геотермически и сейсмически активных областей региона. Исследования чокракских отложений Предгорного Дагестана, являющиеся источником тепловодоснабжения, посвящены работы профессора Курбанова М.К. Он проводит и прогнозную оценку гидротермальных ресурсов осадочной толщи Дагестана как по площади, так и по геологическому разрезу. Так суммарные запасы термальных вод только Северо-Дагестанской равнины составляют 40-50 млн.м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>. Потенциальные естественные ресурсы термоводоносных комплексов составляют около 1млрд. м<sup>3</sup>/Г [1, 2].

Благодаря установлению промышленной нефтегазоности еще в начале XX века и большому объему буровых работ, геологическое строение Предгорного Дагестана изучено довольно хорошо. Предгорный Дагестан относится к одному из наиболее геотермически и сейсмически активных областей Кавказа, что имеет немаловажное гидрологическое значение для формирования вертикальной миграции глубинных газофлюидов и гидротерм.

К основным месторождениям термальных вод удобных для использования в народном хозяйстве являются: Махачкала-Тарнаирское, Избербашское, Каякентское, Кизлярское, Терекли-Мектебское и Червленно-Бурунское.

В пределах Предгорного Дагестана чокракские отложения, являющиеся источником тепловодоснабжения, распространены регионально, характеризуются выдержанностью мощностей и представлены чередованием мощных высокопроницаемых равномернозернистых песчаников и глин.

По приближенным расчетам [1,8] суммарные прогнозные ресурсы паротермальных вод Дагестана составляют более 3 млн·м<sup>3</sup>/сутки с теплоэнергетическим потенциалом около 10<sup>18</sup> Дж/год.

В процессе поисков, разведки и эксплуатации залежей нефти и газа проводились и гидрогеологические исследования подземных термальных вод для практического использования. На заключительной стадии разработки нефтяных месторождений термальные воды частично использовались для закачки в пласты с целью поддержания пластового давления.

В 1950г разведочная скважина в районе Махачкалы была испытана на термальную воду. В интервале 1517-1487 м была получена минерализованная вода с дебитом 2000 м<sup>3</sup>/сутки, температурой на устье более 60 °С. Вода этой скважины вначале была использована для отопления, а в последующем, учитывая ее бальнеологическую ценность, для разлива минеральной воды «Махачкала – 160»

Промышленные масштабы использования термальных вод выдвигают ряд проблем экологического и технико-экономического характера. В частности, неотложного решения требуют вопросы сброса минерализованных термальных вод и максимального использования их теплоэнергетического потенциала. Универсальным решением важного вопроса освоения глубинного тепла Земли является воспроизводство гидротермальных ресурсов путем закачек использованной термальной воды обратно в пласт.

Нагнетание в пласт использованной и остывшей термальной воды с температурой 40-50 °С будет приводить к постепенному изменению температурного режима пласта – снижению пластовой температуры и истощению запасов термальной энергии [3-7]. Практический интерес представляет прогнозирование изменения температуры добываемой воды и сроков разработки данного участка месторождения, а также общее количество поровых объемов, которые можно прокачать через коллектор, пока температура добываемой воды не упадет настолько низко, что добыча ее станет нерентабельной.

Если водоносный пласт мощный (100м и более), то приток тепла с кровли и подошвы не будет играть существенной роли, и пласт можно считать термически замкнутым. Если же пласт маломощный (10м и менее), то существенное значение приобретает приток тепла с кровли и подошвы.

Найдем скорость распространения тепла в пласте при наличии фильтрации. В случае, когда фильтрационный поток является поступательным и термальная вода вытесняется из мощного пласта той же, но остывшей водой, задачу определения температурного поля математически можно сформулировать так:

$$C_* \frac{\partial T}{\partial t} + C_{ж} v \frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$T(x,0)=T_0; T(0,t) = T_v.$$

Пренебрегаем кондуктивной теплопроводностью. В (1)  $C_*$  - объемная теплоемкость пластовой системы (коллектор+жидкость);  $C_{ж}$  - объемная теплоемкость жидкости;  $v$  - скорость фильтрации;  $T$  – температура пластовой системы;  $C_* = m * C_{ж} + (1 - m)C_n$ , где  $m$  – пористость,  $C_{ж}$  и  $C_n$ - объемные теплоемкости жидкости и скелета пористой среды.

Решением (1) служит:

$$\begin{aligned} T=T_0 \quad \text{при } x > \frac{C_{ж} \cdot v}{C_*}; \\ T=T_v \quad \text{при } x < \frac{C_{ж} \cdot v}{C_*} \end{aligned} \quad (2)$$

При заданной длине пласта  $L$ , начало снижения температуры  $t_3$ , и общее количество добытой термальной воды в поровых объемах  $V_v$  определяется по формулам:

$$t_3 = \frac{C_{ж} \cdot L}{C_* \cdot v}; \quad V_v = \frac{C_{ж}}{m \cdot C_*} \quad (3)$$

Обычно для расчета температурного поля маломощных пластов применяют схему Ловере, согласно которой перенос тепла в кровле и подошве за счет теплопроводности принимается происходящим только в вертикальном направлении.

Математическая формулировка задачи для температуры горной породы и пласта с учетом теплообмена, согласно Ловерье, будет выглядеть так:

$$\begin{aligned} C \frac{\partial T}{\partial t} &= \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \quad z > 0 \\ C_* \frac{\partial T}{\partial t} + C_{ж} v \frac{\partial T}{\partial x} &= \frac{2\lambda}{h} \frac{\partial T}{\partial z}, \quad z = 0 \\ (x, z, 0) &= T_0, \quad T(0, 0, t) = T_B \end{aligned} \quad (4)$$

Решение (4) будет иметь вид

$$\frac{T-T_0}{T_B-T_0} = \operatorname{erfc} \left( \frac{z + \frac{2\lambda x}{C_{ж} v h}}{2a \sqrt{t - \frac{C_* x}{C_{ж} v}}} \right) \quad (5)$$

где,  $a = \sqrt{\frac{\lambda}{c}}$ ,  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $h$  - мощность пласта.

Если подкоренное выражение отрицательное, правую часть в формуле (5) надо считать равной нулю. Чтобы получить температуру в эксплуатационной галерее  $T_3$ , надо в формуле (5) предположить  $z=0$  и  $x=L$ .

После упрощений (5) примет вид:

$$\frac{T_3-T_0}{T_B-T_0} = \operatorname{erfc} \left( \frac{\sqrt{\lambda c} t_0}{C_{ж} h \sqrt{t-t_0}} \right), \quad t_3 = \frac{C_* L}{C_{ж} v} \quad (6)$$

Здесь  $t_3$  представляет собой время, за которое температурное возмущение достигнет эксплуатационную галерею,  $T_0$  - температура закачиваемой воды.

Приведем примеры расчетов, приняв  $C_* = 2.7$ ,  $C_{ж} = 4.2$ ,  $C = 3.2 \frac{\text{Дж} \cdot \text{С}}{\text{см}^3}$ ,  $v = 0.15$  м/сут,  $T_0 = 70$  °С,  $T_B = 40$  °С,  $Q = 2000$  м<sup>3</sup>/сут.

Если длина  $L=500$ м, мощность пласта  $h=50$ м, коэффициент теплопроводности  $a^2=3.2 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с, время достижения температурного возмущения до эксплуатационной скважины составит 6,7 лет, а если длина пласта равна 1100м, то время достижения температурного возмущения до эксплуатационной скважины ( $t_3$ ) составляет 13.5 лет.

Рассмотрим случай, когда длина пласта  $L=600$ м;  $h=30$ м;  $Q = 1500$  м<sup>3</sup>/сут; температура пластовой воды  $T_0 = 90$  °С; коэффициент теплопроводности  $a^2=3.2 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с, тогда время достижения температурного возмущения до эксплуатационной скважины составляет 10 лет.

$T_3, ^\circ\text{С}$	90	87,5	85	82	80	79	78
$t, \text{годы}$	10	15	20	75	30	35	40

Через 40 лет температура пластовой жидкости уменьшилась на 12°.

При тех же условиях, если расстояние между скважинами равно 700м, то время достижения возмущения до эксплуатационной скважины увеличивается и составляет 18.5 лет.

$T_3, ^\circ\text{С}$	90	89	87	84,5	83	81	79	77
$t, \text{годы}$	18,5	20	25	30	35	40	45	50

Темп падения температуры пластовой жидкости больше, если теплопроводность окружающих пород (кровли и подошвы) будет меньше. Срок службы эксплуатационной залежи зависит не только от теплопроводности окружающих пород, но и от мощности пласта и темпов отбора термальной жидкости. Реальные пласты неоднородны по проницаемости, мощности и теплофизическим свойствам. Приведенные примеры расчетов позволяют приблизительно предсказать ожидаемый результат, а для более точного прогноза показателей разработки можно применить разностные методы и проводить расчеты на компьютере.

### Литература

1. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. / М.: Наука, 2001. 260 с.
2. Амирханов, М.И. Проблемы геотермальной энергетики Дагестана. / М.: «Недра», 1980, 203 с.
3. Ахмедов С.А., Магомедова М.С. Термодинамические расчеты подземной циркуляционной системы // Труды международной конференции Инноватика 2011, Ульяновск, 2011. С. 88-89.
4. Ахмедов С.А., Ахмедова З.Х. Математическое моделирование процесса разработки нефтегазоконденсатных месторождений с фазовыми переходами // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки. 2021. Т. 36. № 1. С. 55-62.
5. Ахмедов С.А., Ахмедова З.Х., Мамаева Ж.А. Математическое моделирование процесса истощения залежей легких нефтей // В сборнике: Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики. Материалы XII Международной конференции, приуроченной к 85-летию профессора Алишаева М.Г. 2017. С. 62-64.
6. Алишаев М.Г., Ахмедов С.А. Неизотермическое вытеснение парафинистой нефти при трехрядной системе размещения скважин с учетом межслойного теплообмена // Нефтяное хозяйство. 1998. № 11. С. 31-32.
7. Ахмедов С.А., Ахмедова З.Х. Использование теплоэнергетического потенциала минерализованных термальных вод предгорного Дагестана // Материалы регионального II съезда химиков республики Дагестан. Материалы съезда. Махачкала: 14- 15 июня 2019 г. – Махачкала. Издательство ДГУ. 2019. С.169- 171.
8. Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика / 2-е изд. перераб. и доп. под ред. Фортова В.Е. М.: Физматлит, 2012. 256 с.

УДК: 556

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-19-24

## ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

*Самедов Ш.Г., Курбанисмаилова А.С.  
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Рассматриваются проблемы нерационального использования подземных вод Дагестана и загрязнения их различными химическими веществами. Отмечено, что многолетняя стихийная и бессистемная эксплуатация Восточно-Предкавказского артезианского бассейна в нарастающих темпах привела к истощению запасов и ухудшению состава подземных вод, что требует принятия безотлагательных мер по охране резервных и существующих источников подземных вод, а также их рационального использования.

*Ключевые слова:* государственный мониторинг состояния недр, месторождение пресных подземных вод, артезианский бассейн, подземные воды, предельно допустимые концентрации, класс опасности, хозяйственно-питьевое водоснабжение, водоносный комплекс, ресурсы, загрязняющие вещества, водоотбор.

## HYDROCHEMICAL STATE AND POLLUTION OF UNDERGROUND WATER IN FOOTHORN DAGESTAN

*Samedov Sh.G., Kurbanismailova A.S.  
Institute of Geology, DPRC RAS*

The problems of irrational use of groundwater in Dagestan and their pollution with various chemical substances are considered. It is noted that the long-term spontaneous and unsystematic exploitation of the East Ciscaucasian artesian basin at an increasing pace has led to the depletion of reserves and deterioration of the composition of groundwater, which requires urgent measures to be taken to protect reserve and existing groundwater sources, as well as their rational use.

*Key words:* state monitoring of the state of the subsoil, fresh groundwater deposit, artesian basin, groundwater, maximum permissible concentration, hazard class, utility and drinking water supply, water-bearing complex, resources, pollutants, water intake.

С недрами Дагестана связаны запасы и ресурсы нефти, газа, термальных, минеральных и промышленных редкометаллических вод, медно-колчедановых и стронциевых руд [1-3]. Богаты недра Дагестана пресной водой. Значительные ресурсы пресных подземных вод (ППВ) связаны с Восточно-Предкавказским артезианским бассейном (АБ) и в его составе с Терско-Каспийским артезианским бассейном (ТКаспАБ). В последние десятилетия доминирующим фактором преобразования окружающей природной и геологической среды, как ее основной части, стала деятельность человека.

Трансформация геологической среды на территории республики проявляется, прежде всего, в виде изменения гидродинамики и гидрохимии подземных вод. Благополучная в целом по республике ситуация с количественной обеспеченностью водопотребности ресурсами ППВ омрачается фактами загрязнения подземной гидросферы некоторыми биологически вредными компонентами, нерациональным водопользованием и существующими предпосылками проникновения в водоносные пласты высокоминерализованных вод глубоких горизонтов, зачастую содержащих токсичные элементы.

На территории Республики Дагестан за период наблюдений с 2000 г выделено более 80 участков, водозаборов, площадей, где отмечено изменение химического состава ППВ, ограничивающих их использование для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Общая откартированная площадь загрязнения ППВ в пределах Республики Дагестан составляет более 5 тыс. км<sup>2</sup>.

Превышение ПДК отмечено по следующим компонентам, относящимся к четырем классам опасности:

- I – чрезвычайно опасные – мышьяк (на 12 участках);
- II – высокоопасные - бром, кремний, бор, кадмий, барий, свинец, литий, йод (на 18 участках);
- III – опасные - марганец, железо, аммоний (на 11 участках);
- IV- умеренно опасные - нефтепродукты, сульфаты, общая жесткость (на 35 участках) [2].

В пределах Терско-Каспийского АБ ухудшение качества ППВ отмечено в Дербентском и Буйнакском районах Дагестана, городах Дербент и Буйнакск, где сформировались области загрязнения ППВ сарматского и чокракского ВК, широко используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, в результате подтягивания некондиционных вод. Площадь загрязнения также выделена в Магарамкентском районе.

На территории Республики Дагестан основная добыча подземных вод осуществляется на водозаборах Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (ВПАБ) и в его составе Терско-Кумском и Терско-Каспийском АБ [4-13]. В меньшей степени в Кусаро-Дивичинском АБ (ВПАБ) и Большекавказской ГСО. Гидрохимическое состояние подземных вод в пределах ТКАБ оценивается по результатам опробование по 15 п.н. по действующей сети ГОНС и 16 п.н. локальной наблюдательной сети.

В 2014г. загрязнение ПВ выявлено на 2-х водозаборах Дербентском и Буйнакском районах (табл.1). Несоответствие качества ПВ отмечено в пределах на водозаборах Дербентского МППВ (табл.2).

Таблица 1

Распределение выявленных участков загрязнения подземных вод по Предгорному Дагестану по состоянию за 2015г.																						
№	Административный район	Количество участков загрязнения подземных вод																				
		Всего;	по типам загрязнения подземных вод							по загрязняющим веществам							по интенсивности загрязнения подземных вод (в ед. ПДК)			по классам опасности загрязняющего вещества		
			промышленное	сельскохозяйственное	коммунально-бытовое	комплексное	подтягиванием некондиционных вод	источники загрязнения неустановлены	сульфатами, хлоридами, жесткость	соединениями азота	нефтепродуктами	фенолами	тяжелыми металлами	1-10	10-100	Более 100	1 - чрезвычайно опасные	2 - высокоопасные	3 - опасные	4 - умеренно опасные	не определен	
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
Водозаборы хозяйственно-питьевого назначения																						
1	Дербентский	1					1		1					1						1		
2	Буйнакский	1						1	1					1							1	
	Всего:	2					1	1	2					2						2		

В Дербентском районе на водозаборе ООО «Водоканал», расположенного в пределах Дербентского МППВ, отмечено превышение сухого остатка до 1,2-2,1 г/дм<sup>3</sup> и общей жесткости до 1,5-2,3 ПДК. Максимальное увеличение сухого остатка отмечено в северо-западной части месторождения по среднесарматскому II-му водоносному горизонту (Рис.1), что связано это с общей гидрохимической обстановкой в пределах месторождения, где отмечается подтягивание соленых вод в связи с интенсивной эксплуатацией.

Водоотбор в 2015г. снижен до 6,3 тыс.м<sup>3</sup>/сут.

Таблица 2

## Загрязнение подземных вод, выявленное и подтвержденное на водозаборах территории Республики Дагестан за 2014 год

№ п/п	Местоположение водозабора (административный район, населенный пункт)	Наименование водозабора, месторождения	Наименование предприятия	Источник загрязнения	Загрязняющий элемент (комплекс)	Основные загрязняющие вещества и показатели загрязнения	Максимальная интенсивность загрязнения (в единицах ПДК)		Значение ПДК (мг/дм <sup>3</sup> )	Класс опасности загрязнения	Расход, тыс. м <sup>3</sup> /сут.		Количество скважин		
							в предыдущем году	в 2014 г.			Всего	в т.ч. с загрязненной водой	Всего	в т.ч. с загрязненной водой	
1	г. Дербент	ООО "Вулкан"	г. Дербент, Дербентское МПВ	Сельтебная и промышленная территории города	N <sup>133</sup> (I)	Верхне-средне-карматский	Жесткость	9	10	11	12	13	14	15	16
							Сух. остаток	2,1	2,3	7,0(10)	IV				
							Аммоний (по азоту)	2,5	2,1	1000(1500)	IV				
							Йод	32,7		0,5	III				
							барий	1,6		0,125	II				
							литий		1,4	0,7	II				
							бор		1,3	0,03	II				
							Нефтепродукты	326		0,3	IV	10,37	3,6	41	5
							Барий	1,4		0,7	II				
							Кремний	3,0		10	II				
Мышьяк	19,0		0,01	I											
Йод	12,8		0,125	II											
Аммоний (по азоту)	2,9		0,5	III											
Молибден		1,7	0,07	II											
Марганец	1,4		0,1	III											
2	Буйнакский район с.Атлануад	ООО "Вулкан"	г. Буйнакск	Нет сведений	N <sup>26</sup>	Средне-нижние	Жесткость	1,45	1,8	7,0(10)	IV	4,06	0,75	3	1
							Сульфаты		1,5	500	IV				
							Сухой остаток	1,3	1,6	1000(1500)	IV				

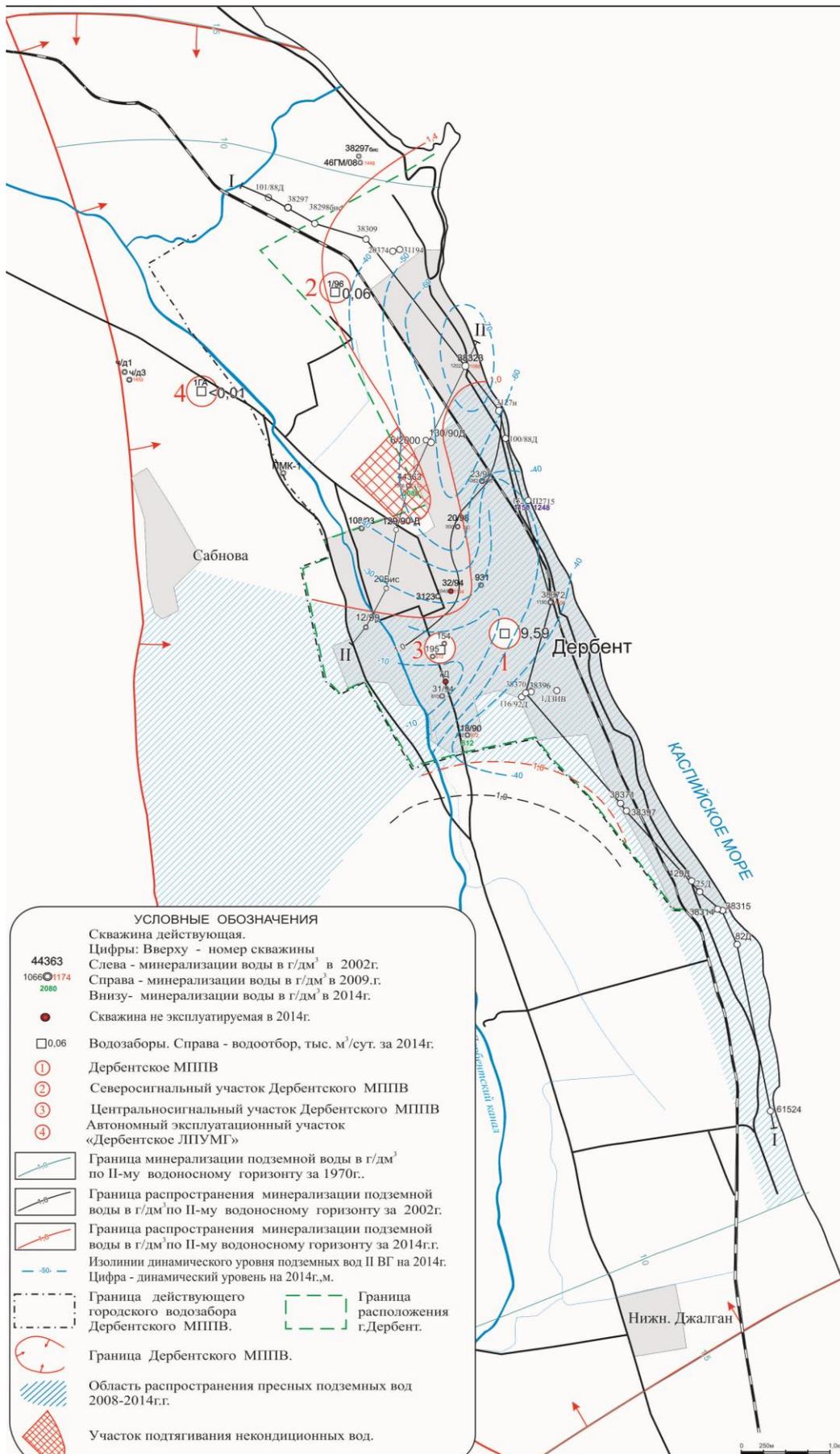


Рис. 1 Состояние подземных вод II водоносного горизонта Дербентского МППК (ТКаспАБ)

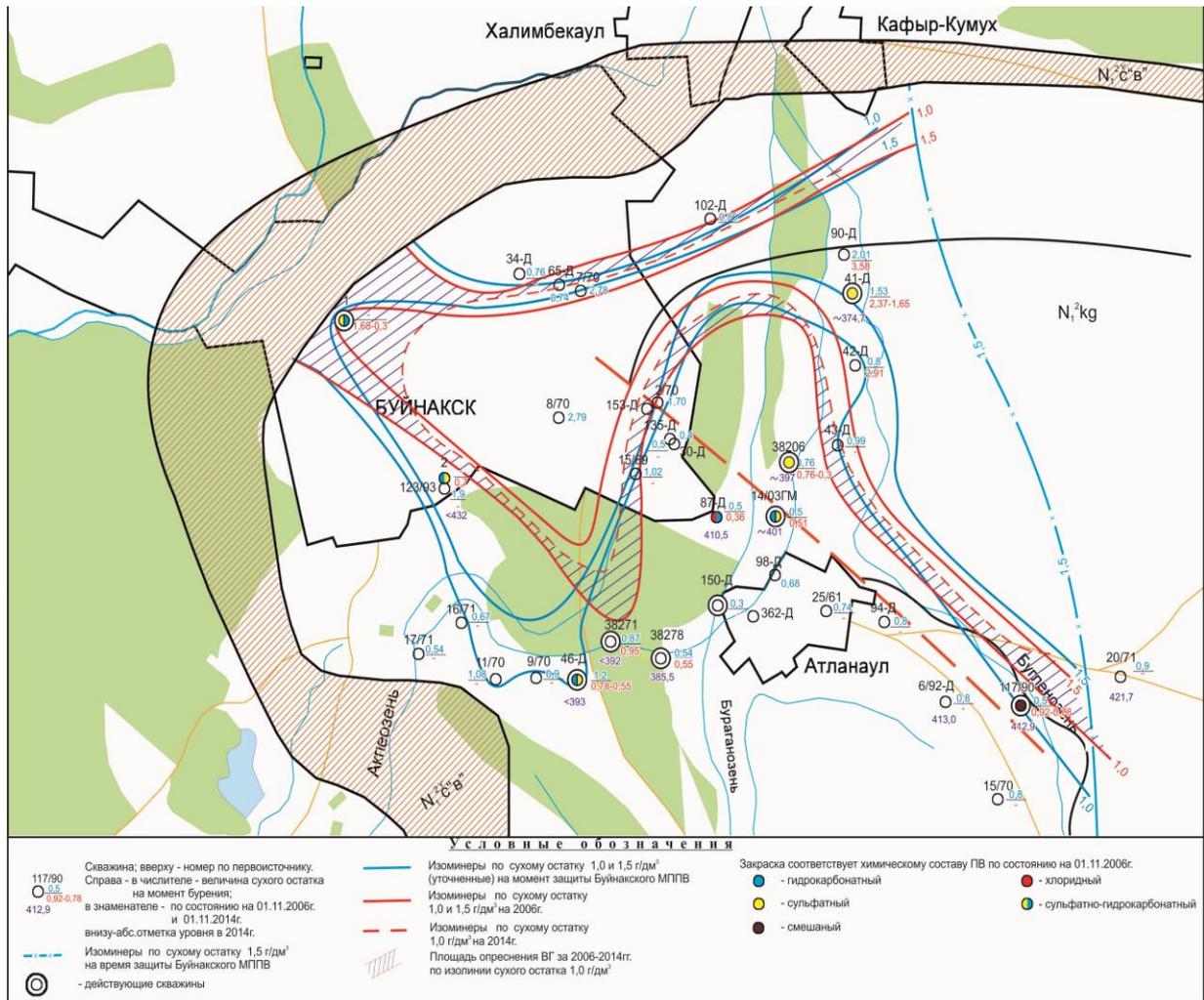


Рис. 2. Гидрохимическая карта Буйнакского МППВ

В единичных случаях отмечено превышение бора (1,1 ПДК), бария (1,4 ПДК), лития (1,3, ПДК) и нитратов (1,04 ПДК).

В целом месторождение функционирует по схеме саморегулирования, т.е. увеличение водоотбора приводит к подтягиванию некондиционных вод и заставляет снижать водоотбор.

В Буйнакском районе в северо-восточной части Буйнакского МППВ в подземных водах среднемиоценового ВК зафиксирована повышенная величина сухого остатка (1,7 ПДК), жесткости (12,8 ПДК) и сульфатов (1,5 ПДК).

Учитывая, что данные содержания близки к первоначальным, можно констатировать улучшение экологической обстановки в пределах Буйнакского МППВ (Рис.2).

### Заключение

На территории Республики Дагестан выявлено 83 участка загрязнения ППВ (в основном, природного происхождения), широко используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, в т.ч. по классам опасности: I кл. (чрезвычайно опасные) - 12; II кл. (высокоопасные) - 18; III кл. (опасные) - 11; IV - кл. (умеренно-опасные) - 35; интенсивность загрязнения составляет, в большинстве случаев, 10-20 ПДК.

Изменения гидрогеохимического состояния ППВ отмечены на Дербентском и Буйнакском и месторождениях ППВ.

Работа выполнена в Институте геологии ДФИЦ РАН по теме: «Эколого-геохимические особенности подземных вод Северо-Восточного Кавказа (Дагестан). Природные и антропогенные факторы загрязнения» Рег. № НИОКТР АААА-А17-117021310203-3.

### Литература

1. Голубятников В.Д. Геологическая карта горной части ДАССР., 1956г., листы 1, 2, 3, 4.
2. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Республики Дагестан за 2014г, вып. 18. Махачкала: Изд-во Дагестангеомониторинг, 2011. 190 с.
3. Колчеданные месторождения Большого Кавказа. Мингеология СССР, СКТГУ. Под ред. В.С. Смирнова. М.: Недра, 1973г. 256 с.
4. 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
5. Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Геоэкологические проблемы природных вод Южного Дагестана (р. Самур) и пути их решения // Вода: химия и экология. 2013. № 11. С. 108–113.
6. Самедов Ш.Г., Абдулганиева Т.И. Использование водных ресурсов и обеспеченность ими населения Республики Дагестан // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. Вып. 67. С. 318-321.
7. Самедов Ш.Г., Абдулганиева Т.И. Подземные воды Дагестана: - Рациональное использование // Природа. 2017. № 7 (1223). С. 52-55.
8. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Абдулганиева Т.И., Мамаев А.С. Гидрогеолого-математическая модель формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 2 (73). С. 62-71.
9. Абдулмуталимова Т.О., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С. Особенности питьевого водоснабжения в аридной зоне Республики Дагестан // Аридные экосистемы. 2017. Т. 23. № 1 (70). С. 93-97.
10. Абдулганиева Т.И., Самедов Ш.Г., Мамаев А.С. Прогнозные ресурсы подземных вод дагестана и степень их разведанности // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 1 (76). С. 13-18.
11. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Мамаев А.О. Создание информационных электронных гидрогеологических карт с применением современных гис-технологий, мониторинг и анализ геоданных // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 49. С. 85-93.
12. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Юсупов А.Р., Курбанисмаилова А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 309-315.
13. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Моделирование в геологии на основе картографирования // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 159-162.

УДК 551.24

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-25-32

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ,  
УРОВЕНЬ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БЛОКОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ И  
РАЗЛОМНО-БЛОКОВАЯ ТЕКТОНИКА ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

Магомедов Р.А.  
*Институт геологии ДФИЦ РАН*

*Обойтись без геологии сейсмология не может, ибо сейсмология имеет дело с геологическим пространством-временем, резко отличным от всего, к чему физики привыкли в своей экспериментальной и теоретической работе.*

Проведен анализ пространственно-временного распределения сейсмичности, уровня геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоники региона. Установлены особенности связи между ними заключающиеся в том, что области с повышенной современной сейсмической активностью хорошо коррелируются с геодинамическими зонами, имеющими критический геодинамический потенциал и историческую активность. Составлены соответствующие сеймотектонические схемы. Выявлены три субширотные зоны повышенной тектонической активности в Предгорной и Горной частях региона, контролируемые известными субкавказскими разломами. Составлена предварительная схема зон ВОЗ региона.

*Ключевые слова:* геологическое строение, региональная геотектоника, геодинамика, палеотектоника, современная сейсмичность, палеосейсмичность, современные движения земной коры, очаг землетрясения, зона ВОЗ.

FEATURES OF RELATIONSHIP BETWEEN SPATIAL-TIME DISTRIBUTION OF SEISMICITY,  
THE LEVEL OF GEODYNAMIC POTENTIAL OF THE EARTH'S CRUST BLOCKS AND  
FAULT-BLOCK TECTONICS OF THE EASTERN CAUCASUS

Magomedov R.A.  
*Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

The analysis of the spatio-temporal distribution of seismicity, the level of the geodynamic potential of the crustal blocks and the fault-block tectonics of the region is carried out. The peculiarities of the connection between them have been established, namely, that areas with increased modern seismic activity are well correlated with geodynamic zones that have a critical geodynamic potential and historical activity. The corresponding seismotectonic diagrams were compiled. Three sublatitudinal zones of increased tectonic activity have been identified in the Foothill and Mountainous parts of the region, controlled by the known sub-Caucasian faults. A preliminary diagram of the WHO zones in the region has been drawn up.

*Keywords:* geological structure, regional geotectonics, geodynamics, paleotectonics, modern seismicity, paleoseismicity, modern movements of the earth's crust, earthquake source, WHO zone.

В сейсмогеодинамическом отношении Восточный Кавказ принадлежит Иран-Кавказ-Анатолийскому региону Средиземноморско-Гималайского пояса, которому свойственны сильные землетрясения. Исследуемый регион в геолого-геофизическом отношении считается хорошо изученным [1-3, 5-11, 21, 23, 24, 26, 27 и др.].

Поскольку наиболее изучен и достаточно хорошо подкреплён фактическим материалом северо-восточный сегмент Восточного Кавказа, в работе упор делается именно на этот участок, как объекта нашего исследования. В основу изучения глубинного строения Восточного Кавказа положены представления о блоковом строении субстрата в горно-складчатых областях, которое формируется в результате подвижек по системе глубинных разломов разного заложения. Образование современной складчатости Восточного Кавказа произошло в Предплейстоценовой фазе складчатости, в период значительного максимума альпийской активизации, с которым связана и повышенная современная сейсмическая активность региона [14].

В результате проведенных исследований, на северо-восточном сегменте Восточного Кавказа нами выделены 9 блоков местного порядка, а в пределах каждого – по 4 блока наименьшего порядка и определены их геодинамические потенциалы в условных единицах [13, 28]. На следующем этапе исследований стояла задача определения особенностей связи между пространственно-временным распределением сейсмичности и разломно-блоковой тектоникой региона, а также, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры региона.

Анализ распределения сейсмичности за инструментальный период наблюдений (1960–2020 гг.) выявил 3 субширотные зоны повышенной тектонической активности в Предгорной и Горной частях региона контролируемые известными крупными разломами субширотного (кавказского) простирания (I – Предгорная, II – Центральная, III – Горная) (рис. 1).

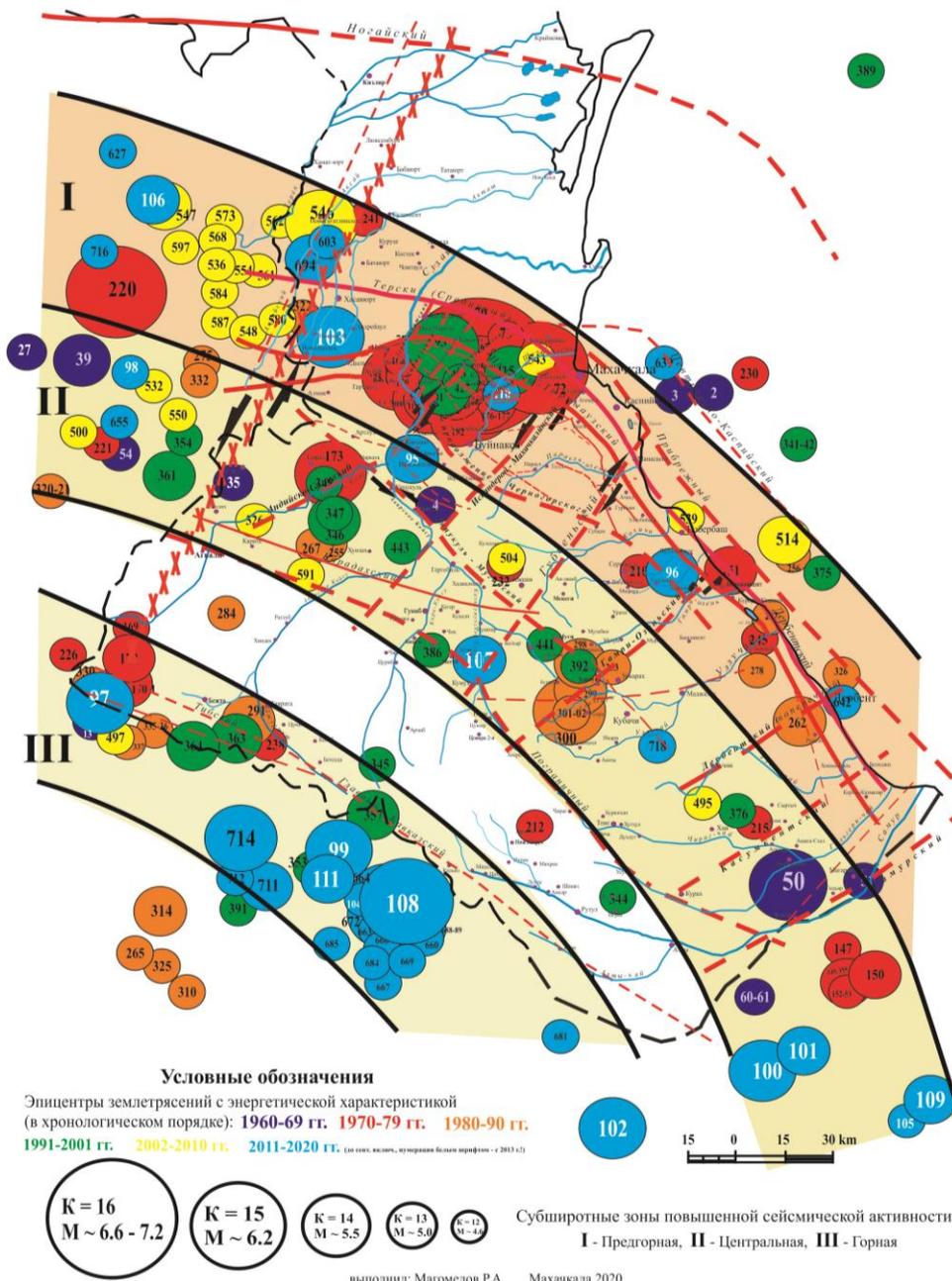


Рис. 1. Субширотные зоны повышенной тектонической активности на северо-восточном сегменте Восточного Кавказа.

Первая, наиболее активная - контролируется Терским (Срединным), переходящим в юго-восточном направлении на Прибрежный и Дербентский разломы, а также, Пшекыш-Тырныаузским, которая ориентирована параллельно первому.

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

Третья зона контролируется так называемым Главным Кавказским разломом.

Все три зоны отмечены высокой современной тектонической и сейсмической активностью (рис. 1) и согласуются с исторической активностью (рис. 2).

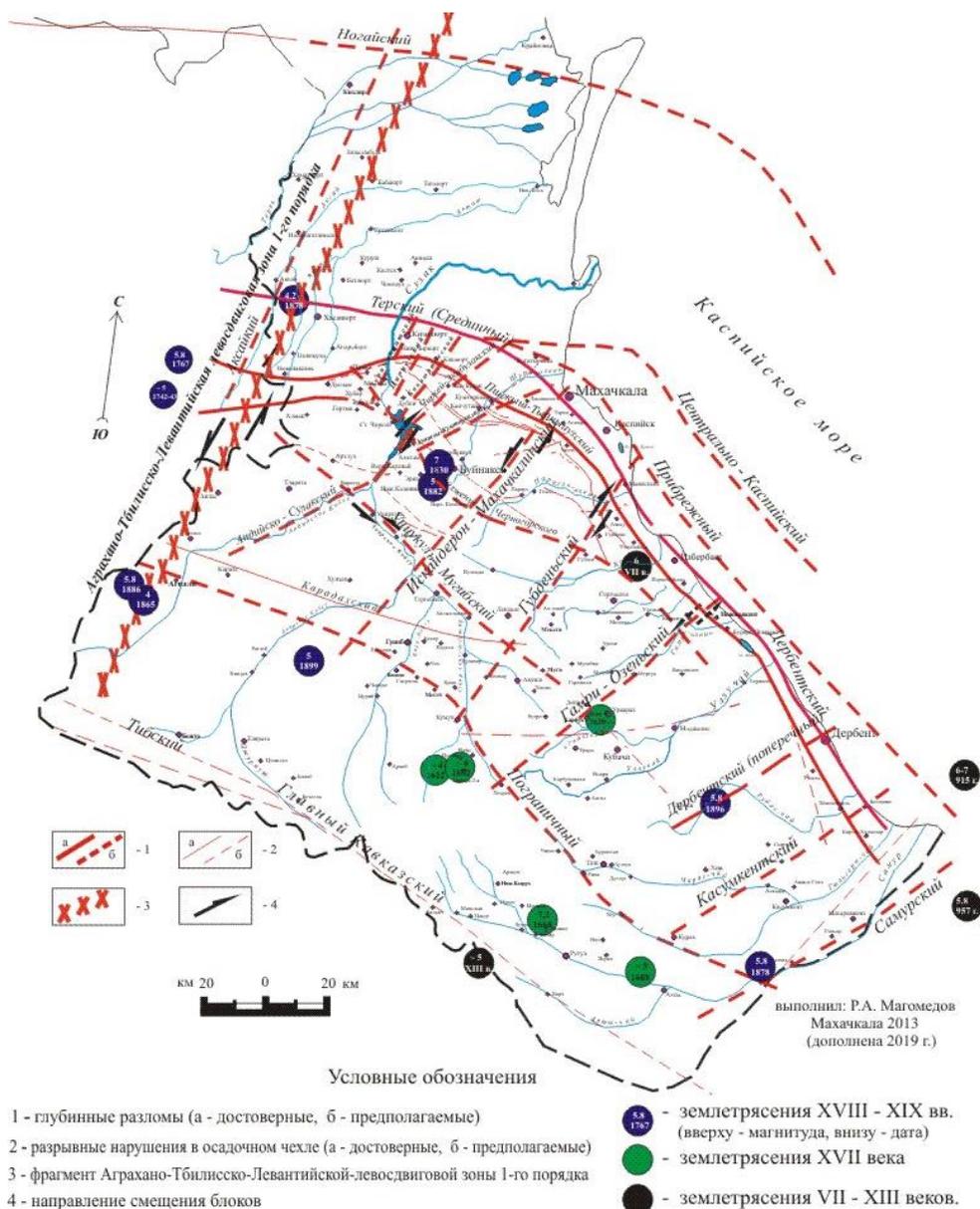


Рис. 2. Карта эпицентров исторических землетрясений с магнитудами более 5 на разломно-блоковой структуре северо-восточного сегмента Восточного Кавказа.

На этом основании зонам повышенной тектонической активности присвоена потенциальная сейсмическая активность и составлены сеймотектонические схемы в соответствующем масштабе. Результаты метода сеймотектонических аналогий для региона представлены в табличной форме (табл.1).

Таблица 1.

**Субширотные зоны повышенной тектонической активности СВ  
сегмента Восточного Кавказа**

<b>Зоны повышенной тектонической активности</b>	$M_{\text{набл.}}^{\text{max}}$	<b>Интервал глубин очагов, км</b>	<b>Сейсмичность, балл</b>
I - ПРЕДГОРНАЯ	6.6 (1970)	8-17, 25-40	9
II - ЦЕНТРАЛЬНАЯ	5.8 (1988)	10-33, 50, 60	8
III - ГОРНАЯ	5.8 (1988, 2012)	10-80	9

Примечание: При выделении зон максимальная наблюдаемая в зоне магнитуда принималась в качестве  $M_{\text{max}}$ .

Проекции гипоцентров современных и исторических землетрясений с магнитудами более 5 на дневную поверхность отражают их пространственные положения на смесителях глубинных разломов при глубинах от ~ 20 до 80 км, что соответствуют инструментальным данным и моделям сочленения Скифско-Туранской плиты и Кавказского складчатого сооружения [15, 24, 25, 30, 31 и т. д.].

Первая зона повышенной тектонической активности выделяется среди остальных своей активностью и уровнем геодинамического потенциала. Здесь отмечается наибольшее количество глубинных поперечных активных разломов, таких как Чиркей-Экибулакский, Ахатлы-Кумторкалинский, Какаюртовский, Пираузский, Зурамакентский, Искандерон-Махачкалинский, Губденский, Гамри-Озеньский, Дербентский (поперечный), Касумкентский, Самурский и др. Эпицентры землетрясений с магнитудами более 5 тяготеют к зонам пересечений этих разломов с субширотными.

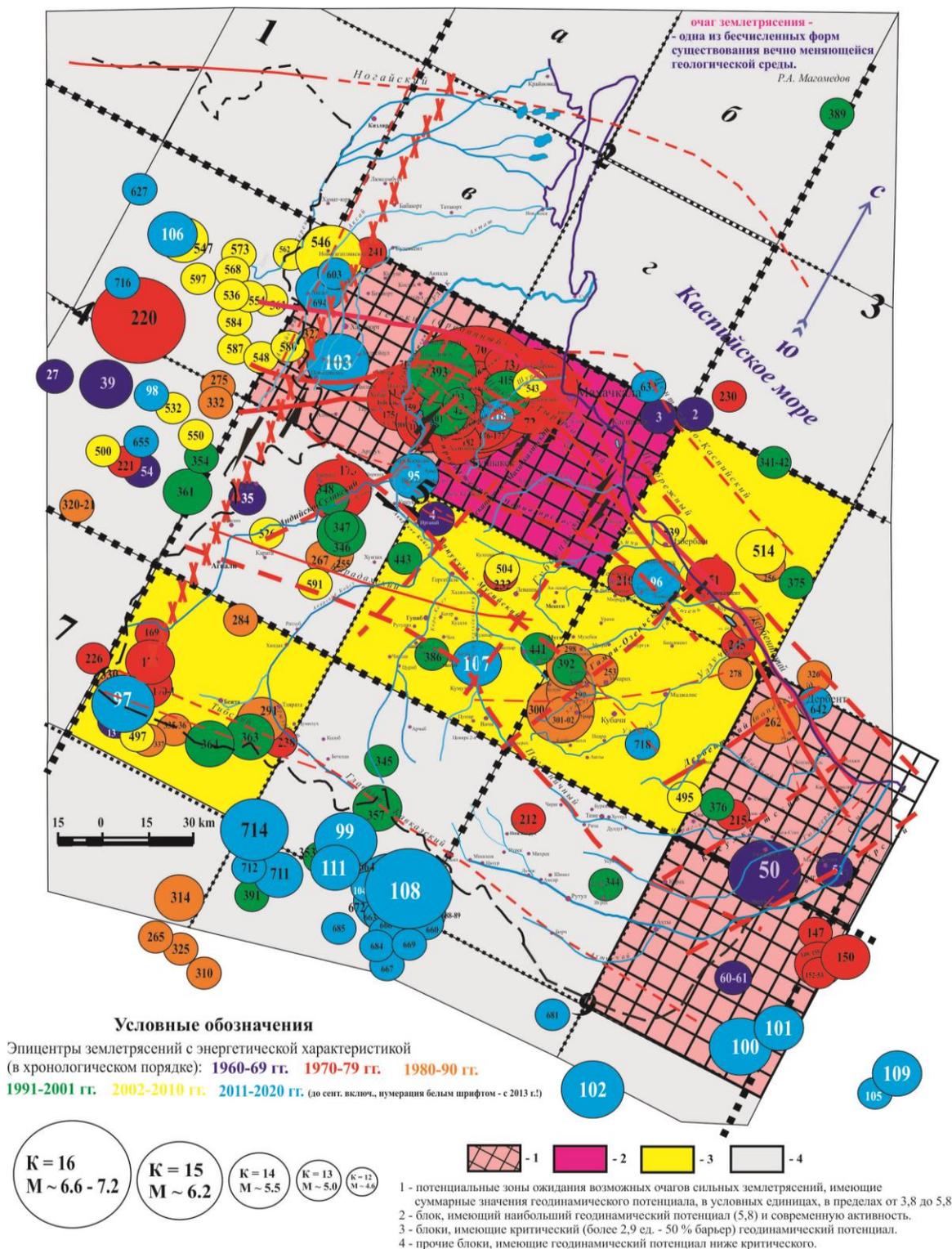
Высокая концентрация эпицентров землетрясений с  $M$  более 5 отмечается на стыке геодинамического блока 5б (Чиркей-Буйнакск-Махачкалинская зона), имеющего наибольший геодинамический потенциал (5.8) и современную активность [13, 28]. Это высокосейсмичный район к западу от Махачкалы и приурочен он к вершине поперечного поднятия Дагестанского выступа и одновременно к вероятному продолжению Пшекиш-Тырныаузской шовной зоны. Эта зона современной сейсмической активности и также одновременно приурочена к зоне сочленения Сулакского выступа с Капчугайским грабеном по Чиркей-Экибулакскому глубинному разлому. Здесь же простираются узкие (шириной несколько км) линейно-вытянутые в субкавказском направлении, межблоковые зоны (участки новейших поднятий и опусканий земной коры) - район Миатлов, Шамхал-Булака и Экибулака, где в майкопское время отмечалось интенсивное грабенообразование, в которых мощность осадков в 2 и более раз превышали значения в сопряженных блоках. Глубины гипоцентров в горстах в среднем составляют 25 км, а в смежных грабенах – около 10 км, что однозначно соответствует их принадлежности к наклонным сейсмофокальным пластинам, о чем свидетельствует и интенсивность сотрясаемости до 9 баллов при разных глубинах гипоцентров.

Таким образом, вышеизложенное, а также, распределение современной сейсмичности и уровень геодинамического потенциала блока 5б позволяет нам принять эту область за потенциальную зону ВОЗ (рис. 3).

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

Следует обратить внимание и на область пересечения Гамри-Озеньского глубинного разлома с Унцукуль-Мугибским (Дейбук-Харбук-Уркарахская зона), где концентрируются актив-

ные разломы осадочного чехла и отмечается повышенная сейсмическая активность в инструментальный период наблюдений, которая не наблюдалась, по историческим данным, за последние 400 лет (зона сейсмического затишья) [22].



выполнил: Р.А. Магомедов (по фондовым материалам СКГЭ, Дагнефти, ИГ ДНЦ РАН и каталогам землетрясений ЕГС РАН) (Махачкала, 2020).

Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений с магнитудами более 5 наложенная на схему геодинамических блоков с разломно-блоковой структурой северо-восточного сегмента Восточного Кавказа с вычисленными геодинамическими потенциалами (с 1960 по 2020 гг.).

Таким образом, в результате проведенных исследований:

1. Выявлены 3 субширотные зоны повышенной тектонической активности в Предгорной и Горной частях региона контролируемые известными субкавказскими разломами.
2. Установлены особенности связи между пространственно-временным распределением сейсмичности, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоники региона заключающиеся в том, что области с повышенной современной сейсмической активностью хорошо коррелируются с геодинамическими зонами, имеющими критический (50 % барьер и выше) геодинамический потенциал и историческую активность.
3. Предварительно, в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа, выделены потенциальные зоны ВОЗ. Составлена предварительная схема зон ВОЗ региона (рис. 4).

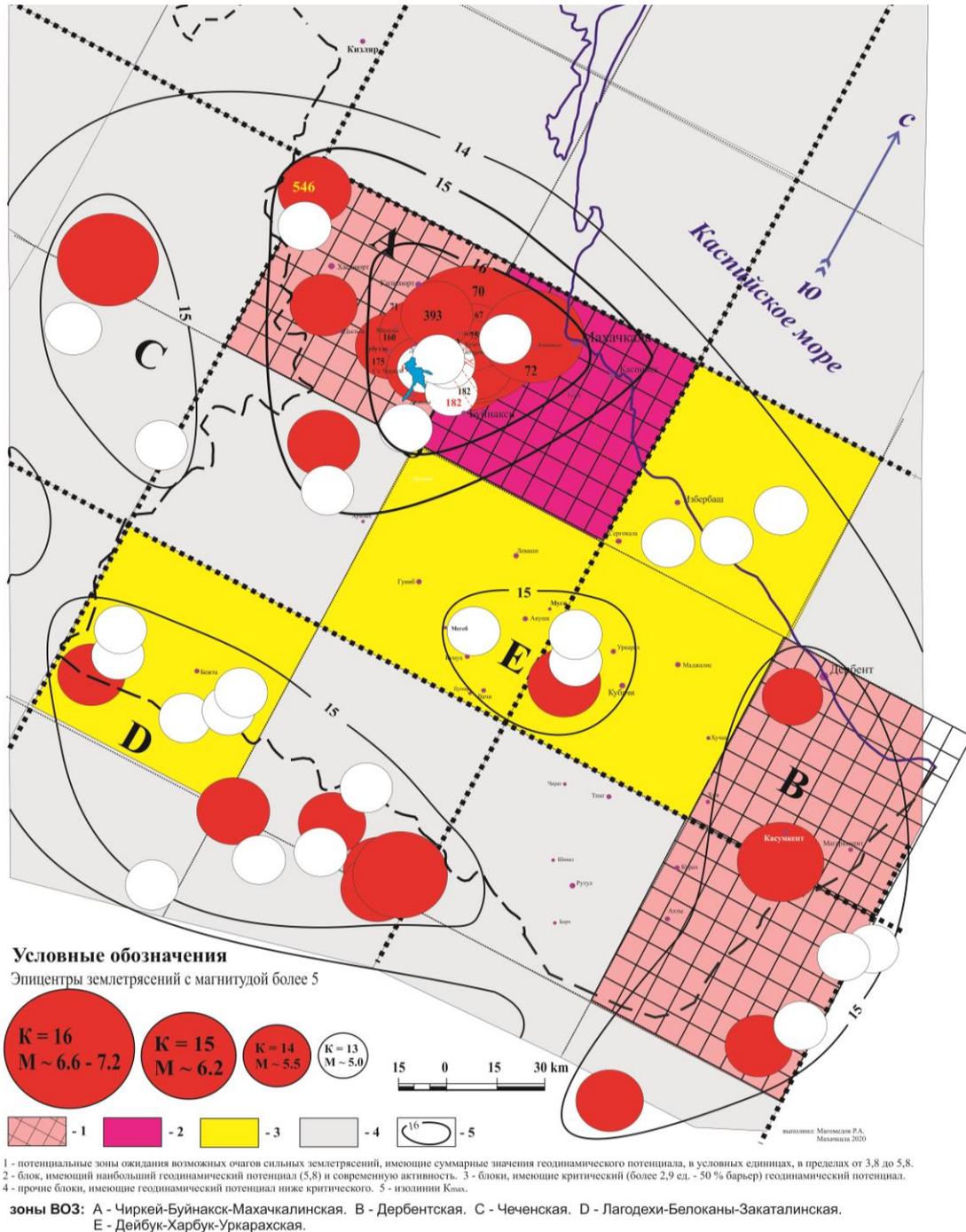


Рис. 4. Предварительная схема зон ВОЗ северо-восточного сегмента Восточного Кавказа

Предварительно выделенные потенциальные зоны ВОЗ в уточненном варианте, могут послужить основанием для постановки дополнительных геофизических и GPS (ГЛОНАСС)-наблюдений, а также геодинамических наблюдений (совместно с наблюдением за ГГД-полем) в режиме мониторинга и полевых работ по картированию палеосейсмодислокаций и палеодеформаций.

Применение дополнительных геолого-геофизических методов и поиск признаков палеосейсмичности позволит уточнить предварительно выделенные потенциальные зоны ВОЗ, оценить максимально возможные магнитуды и снизить риск экологических последствий современной сейсмичности.

*Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР АААА-А17-117021310201-9.*

### Литература

1. Артюшков Е.В. Геодинамика.- М.: Наука, 1979.- 327 с.
2. Брод И.О. Тектоника и нефтеносность Восточного Предкавказья //Сов. геол., т. VIII, 1938, № 7.- С. 3-23.
3. 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.
4. Гаврилов Ю.О. Отражение сейсмических палеособытий в мезозойско-кайнозойских терригенных толщах Северного Кавказа //Литология и полезные ископаемые. 2017, № I. С. 3-24.
5. Геологическая изученность СССР. Дагестанская АССР. Том 13. Период 1971-75 гг. вып. 1. Министерство геологии СССР. Северокавказское производственное геологическое объединение «Севкавгеология», ДГРЭ. Москва. Недр, 1989 г.
6. Геология и нефтегазоносность Восточного Предкавказья. Вып. 1. Тр. КЮГЭ. Под ред. И.О. Брода. Гостоптехиздат. Ленинград, 1958. 622 с.
7. Геология и нефтегазоносность юга СССР. Дагестан. Вып. 4. Тр. КЮГЭ. Под ред. И.О. Брода. Гостоптехиздат, Ленинград, 1959. 432 с.
8. Кожевников А.В., Никитин М.Ю. Антропоген долины р. Сулак на Сев. Кавказе //Бюл. МОИП. Отд. геол. 1977. Т. 52, вып. 3.- С. 26-44.
9. Короновский Н.В. Аграхан-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона - важнейшая структура Кавказского региона // Докл. РАН. 1994. Т. 337, № 1. С.83-89.
10. Краснопевцева Г.В. и др. Результаты глубинного сейсмического зондирования земной коры Кавказа.- В кн.: Глубинное строение Кавказа. М.: Наука, 1966. С. 43-56.
11. Криволицкий Н.В. Тектонические характеристики области Известнякового Дагестана //Тр. ВНИГРИ, 1954, № 4.- С. 148-193.
12. Левкович Р.А., Магомедов А.М., Асманов О.А. К сейсмическому районированию Дагестанской АССР //Сб. Сейсмический режим территории Дагестана. ИГ Даг. ФАН СССР, № 1.1977 г. С.31-40.
13. Магомедов Р.А. Геодинамический потенциал блоков Восточного Кавказа //Тр. ИГ ДНЦ РАН, 2020, № 3. С 56-63.
14. Магомедов Р.А. Геодинамический режим области Дагестанского клина в альпийском цикле развития Восточного Кавказа //Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. Труды ИГ ДНЦ РАН. – Вып. 56. Махачкала, 2010.- С. 66-80.
15. Магомедов Р.А. Геолого-тектонические условия, геодинамическая позиция и современная сейсмичность Восточного Кавказа //Геология и ресурсы Кавказа. Труды ИГ ДНЦ РАН. Выпуск № 2(69). 2017. С. 13-32.
16. Магомедов Р.А. Дизъюнктивная тектоника и современная сейсмичность территории Восточного Кавказа //Отечественная геология, № 3.- 2014.- С. 69-77.
17. Магомедов Р.А. К поиску следов палеосейсмических событий в мезозойско-кайнозойском комплексе Восточного Кавказа //Геология и ресурсы Кавказа. Труды ИГ ДНЦ РАН. Выпуск № 2 (77). 2019. С. 60-68. DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-2-60-68.
18. Магомедов Р.А. К поиску следов палеосейсмических событий в осадочных формациях юры и мела Восточного Кавказа //Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Седьмое

Всероссийское совещание. 18-22 сентября 2017 г., Москва. Научные материалы /В.А. Захаров, М.А. Рогов, Е.В. Щепетова (ред.). Москва: ГИН РАН, 2017. С. 123-128.

19. Магомедов Р.А. Развитие геодинамических процессов и современная сейсмичность Восточного Кавказа //Геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований. Материалы Международной научно-практической конференции. 22-24 сентября 2017 г. Владикавказ, ВНИЦ РАН, С. 199-205.

20. Магомедов Р.А. Следы палеосейсмических событий в разрезах осадочного чехла Восточного Кавказа //Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Седьмое Всероссийское совещание. 18-22 сентября 2017 г., Москва. Научные материалы /В.А. Захаров, М.А. Рогов, Е.В. Щепетова (ред.). Москва: ГИН РАН, 2017. С. 119-122.

21. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. Сейсмоструктурные и геодинамические особенности Дагестанского сектора Восточного Кавказа // Вестник ДГТУ. Технические науки, Том 39, № 4. Махачкала 2015. - С. 127-135.

22. Мамаев С.А., Таймазов Д.Г., Магомедов Р.А., Магомедов Ю.М., Магомедов А.Г., Никуев Р.Ю. Наблюдения за микросейсмической эмиссией на территории Дагестана. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 55 Махачкала, 2009 г.- С. 279-281.

23. Маркус М.А. Долгоживущие структуры Восточного Кавказа //Сов. геология. 1986. № 10. С.63–69.

24. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. “Недра”. М., 1968. 484 с.

25. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез в подвижных поясах). - М.: Недра, 1987.

26. Милановский Е.Е., Хаин В.Е. Геологическое строение Кавказа. М., Изд-во МГУ, 1963. 240 с.

27. Никитин М.Ю. Неотектоника Восточного Кавказа. -БМОИП, отд. геол., 1987, т. 62, вып. 3.- С.21-36.

28. ОТЧЕТ о научно исследовательской работе Лаборатории геодинамики и сейсмологии Института геологии Даг. НЦ РАН (промежуточный за 2019 г.). Идармачев Ш.Г., Алиев И.А., Магомедов Р.А., Таймазов Д.Г. и др. Изучение катастрофических геологических процессов природного и техногенного происхождения на территории Восточного Кавказа. Раздел 1. Геология, региональная геотектоника и современная сейсмичность. Махачкала, 2019 г. Рег. № НИОКТР АААА-А17-117021310201-9. 70 стр.

29. Палеосейсмология / Под ред. Мак-Калпина Д.М.: Научный мир, 2011. Т.1. 541 с. Т.2. 387 с.

30. Труды Геологического института / Геол. ин-т. - М.: Изд-во АН СССР, 1932-1964. - М.: Наука, т. 8 1964. ISSN 0002-3272 Вып. 593: Консолидированная кора Каспийского региона: опыт районирования /Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Антипов М.П., Быкадоров В.А., Хераскова Т.Н.; Отв. ред. Ю.Г. Леонов. - М : ГЕОС, 2010. - 64 с.

31. Хаин В.Е. Общая геотектоника. М., Недра, 1973. 512 с.

32. Шарафутдинов В.Ф. Геологическое строение и закономерности развития майкопских отложений северо-восточного Кавказа в связи с нефтегазоносностью. / Диссертация на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. Москва – 2003. 431 с.

УДК550.348.433

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-33-39

## УРУС-МАРТАНОВСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 12 ДЕКАБРЯ 2020 ГОДА, ЕГО ФОРШОКИ И АФТЕРШОКИ

*Павличенко И.Н.*

*Дагестанский филиал ФИЦ “Единая Геофизическая служба РАН”, г. Махачкала*

В статье проанализировано ощутимое землетрясение 12 декабря 2020 года на территории Чеченской республики. Представлены таблицы форшоков и афтершоков основного толчка, таблицы распределения землетрясений по классам и глубинам. Построен график повторяемости. Составлена карта пространственного распределения всех зафиксированных сейсмических событий в период форшокового и афтершокового процесса.

*Ключевые слова:* форшоки, афтершоки, параметры землетрясений, глубина очагов, координаты землетрясений, магнитуда.

## URUS-MARTAN EARTHQUAKE ON DECEMBER 12, 2020, ITS FORESHOCKS AND AFTERSHOCKS

*Pavlichenko I.N.*

*Dagestan Branch, Federal Research Center “Geophysical Survey  
of the Russian Academy of Sciences”, Makhachkala, Russia*

The article analyzes a significant earthquake on December 12, 2020 on the territory of the Chechen Republic. Tables of foreshocks and aftershocks of the main shock, tables of earthquake distribution by class and depth are presented. A repeatability graph is constructed. A map of the spatial distribution of all recorded seismic events during the foreshock and aftershock process has been compiled.

*Keywords:* foreshocks, aftershocks, earthquake parameters, depth of foci, earthquake coordinates, magnitude.

Территория Чеченской Республики (ЧР) расположена в пределах складчато-покровной системы Большого Кавказа Альпийско-Гималайского подвижного пояса. Территория ЧР, наряду с Дагестаном, Грузией и Азербайджаном, сейсмически активна. В северной части республики расположены: Терский и Сунженский хребты, в южной зоне – Пирикительский хребет, а в центральной зоне – хребет Басхой и хребет Даргендук. Кроме того, через всю территорию Чечни проходят 2 глубинных разлома: Срединный (на севере) и Владикавказский (или Черногорский) в центральной части, что оказывает существенное влияние на сейсмическую активность в регионе [1].

Территорию ЧР контролируют такие сейсмические станции Дагестана, как: «Дылым», «Ботлих», «Тлярата», «Хунзах», «Унцукуль», «Араканы», «Гуниб». При обработке основного толчка, его форшоковой и афтершоковой последовательности были также использованы записи двух чеченских с/станций: «Ведено» и «Грозный».

12 декабря 2020 года в Урус-Мартановском районе ЧР произошло довольно ощутимое землетрясение  $K_p=12,47$ ;  $t_0=21-29-49,73$ , координаты эпицентра  $\varphi=42.93^\circ$  с.ш и  $\lambda=45.58^\circ$  в.д., очаг имел глубину  $h=6$  км.

Землетрясение ощутили не только жители Урус-Мартановского района, где был зафиксирован основной толчок, но и жители близлежащих поселков и даже жители многоквартирных домов Грозного, у которых шатались люстры и мебель, дребезжал пол. Кроме того, землетрясение почувствовали жители Дагестана, Ингушетии, Северной Осетии и Кабардино-Балкарии. К счастью, сильных повреждений домов и человеческих жертв не было.

*Краткая справка:* Урус-Мартан – районный центр Урус-Мартановского района Чеченской республики, расположенный в центральной части Чеченской республики. На севере и северо-востоке граничит с Грозным, на юге – с Шатойским районом, на северо-западе – с Ачхой-

Мартановским районом. Протяженность Урус-Мартановского района с севера на восток равна 29 км, с севера на юг – 36 км [1].

Определением параметров основного толчка 12 декабря, а также определением форшоковых и афтершоковых сейсмических событий за период с 1-го по 31-е декабря занимались сотрудники отдела обработки, архивации и анализа сейсмической информации Дагестанского филиала ГС РАН. Всего в обозначенный период времени было обработано 183 толчка различных классов и магнитуды.

Все зафиксированные сейсмические события обрабатывались в 2 программах: WSG) и «Seismolog». Затем готовые очаги землетрясений сохранялись в общей базе данных и оформлялись в Каталог землетрясений Северо-Восточного Кавказа (территория Дагестана и приграничные зоны) и акватории Среднего Каспия за 2020 год [2 – 10].

Для изучения форшоковой и афтершоковой последовательности чеченских землетрясений была выбрана территория с координатами:  $\varphi=42.50^{\circ}$ - $44.00^{\circ}$ с.ш и  $\lambda=44.00^{\circ}$ - $46.50^{\circ}$ в.д. Основным толчком чеченского землетрясения 12 декабря ( $t_0=21-29-49,73$ , координаты эпицентра  $\varphi=42.93^{\circ}$ с.ш и  $\lambda=45.58^{\circ}$ в.д.) был записан 19-ю сейсмическими станциями (двумя чеченскими с/станциями, шестнадцатью дагестанскими с/станциями и одной опорной с/станцией «Махачкала»). Времена первых вступлений Р-волны и S-волны основного толчка отображены в таблице 1.

Волновые формы основного толчка представлены на рис. 1.

Таблица 1.

**Времена вступлений Р-волны и S-волны основного толчка 12 декабря 2020 г.**  
 $t_0=21-29-49,73$ ;  $K_p=12,47$ ;  $h=6$  км;  $\varphi=42.93^{\circ}$ с.ш и  $\lambda=45.58^{\circ}$ в.д.

№	С/станция	tp	ts	Sp
1	Грозный	21-29-55,81	21-30-01,33	5,52
2	Ведено	21-29-58,57	21-30-05,76	7,18
3	Ботлих	21-30-01,95	21-30-11,33	9,37
4	Дылым	21-30-05,74	21-30-18,14	12,39
5	Хунзах	21-30-08,67	21-30-22,92	14,25
6	Унцукуль	21-30-08,62	21-30-22,88	14,26
7	Дубки	21-30-08,57	21-30-22,84	14,27
8	Каранай	21-30-09,02	21-30-23,71	14,69
9	Тлярата	21-30-10,67	21-30-26,29	15,62
10	Аракань	21-30-11,57	21-30-28,57	17,00
11	Буйнакск	21-30-12,33	21-30-29,43	17,09
12	Кумух	21-30-16,67	21-30-37,43	20,75
13	Махачкала	21-30-16,71	21-30-37,62	20,91
14	Караман	21-30-16,69	21-30-37,71	21,02
15	Сергокала	21-30-19,81	21-30-42,57	22,75
16	Уркарах	21-30-22,05	21-30-46,67	24,61
17	Ахты	21-30-28,48	21-30-58,71	30,22
18	Дербент	21-30-29,24	21-30-59,81	30,57
19	Касумкент	21-30-29,90	21-31-01,52	31,61

Основной толчок землетрясения сопровождался серией форшоков и афтершоков различной силы, глубины и магнитуды. Нужно отметить, что за несколько месяцев до декабрьских событий было зафиксировано повышение сейсмической активности на территории Чеченской республики: так, в III квартале 2020 года в центральной ее части были зарегистрированы 3 землетрясения  $K_p=9$ :

1) 26 сентября толчок  $K_p=8,5$  записали 16 сейсмических станций; очаг имел глубину  $h=15$  км;  $t_0=20-51-15,30$ ;  $\varphi=43.33^\circ$  с.ш и  $\lambda=45.76^\circ$  в.д., магнитуда составила значение  $M=2,5$ .

2) 26 сентября толчок  $K_p=9,2$  записали 15 сейсмических станций; очаг имел глубину  $h=60$  км;  $t_0=23-30-09,32$ ;  $\varphi=43.20^\circ$  с.ш и  $\lambda=46.11^\circ$  в.д., магнитуда составила значение  $M=2,9$ .

3) 27 сентября толчок  $K_p=8,8$  записали 14 сейсмических станций; очаг имел глубину  $h=9$  км;  $t_0=15-19-19,47$ ;  $\varphi=43.38^\circ$  с.ш и  $\lambda=45.69^\circ$  в.д., магнитуда составила значение  $M=2,7$ .

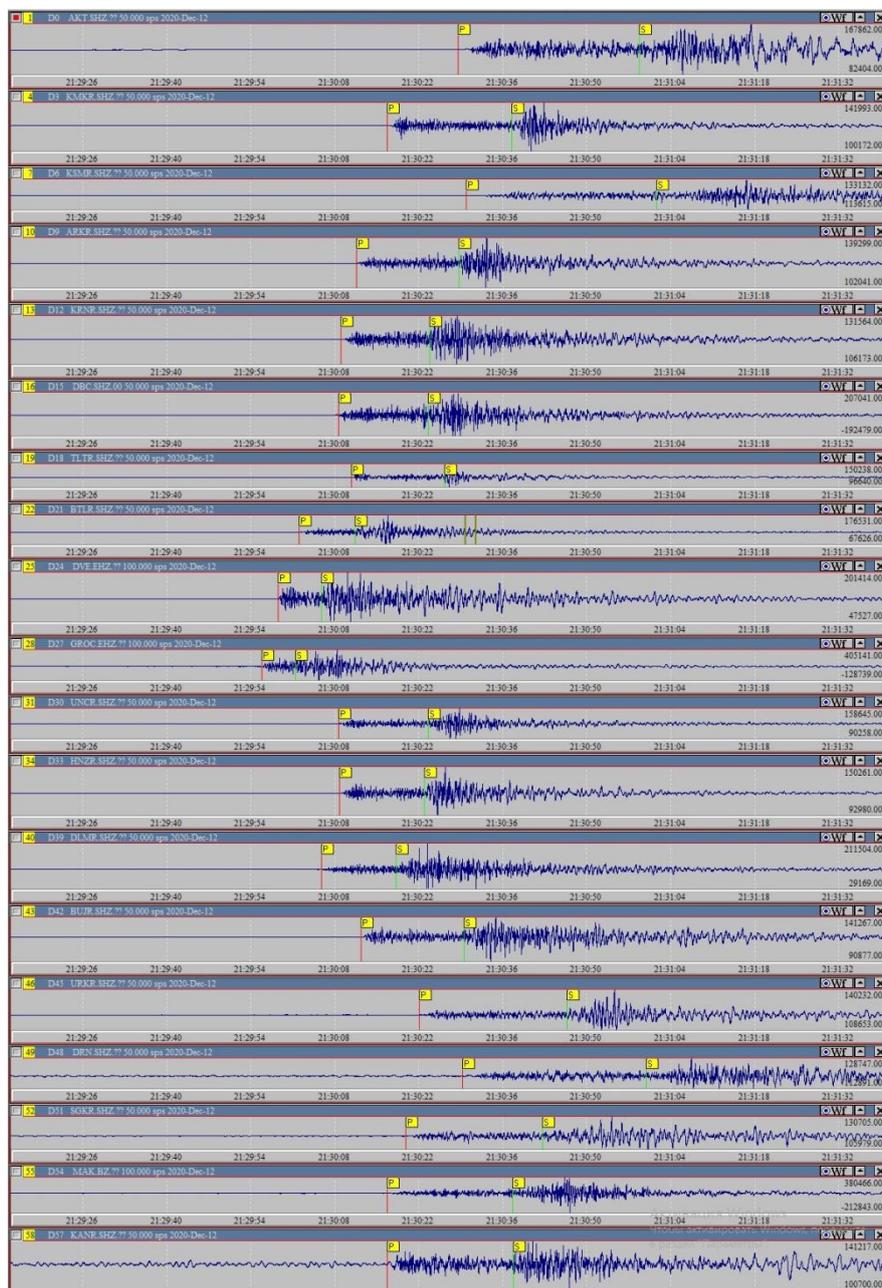


Рис. 1. Волновые формы основного толчка 12 декабря 2020 года.

В октябре и ноябре были зафиксированы землетрясения  $K_p=6-8$ . В период с 1 по 12 декабря (вплоть до основного толчка) были зарегистрированы еще 19 форшоков. Обозначим несколько ощутимых из них:

1) 3 декабря в зоне расположения Черногорского разлома был зарегистрирован форшок  $K_p=9,5$ , который имел глубину  $h=15$  км; координаты эпицентра  $\varphi=42.93^\circ$  с.ш и  $\lambda=45.39^\circ$  в.д.;  $t_0=03-31-55,69$ .

2) 3 декабря в зоне расположения Срединного разлома, на границе Чечня-Дагестан, был зафиксирован форшок  $K_p=8,5$ , очаг залегал на глубине  $h=3$  км; координаты эпицентра  $\varphi=43.18^\circ$ с.ш и  $\lambda=46.36^\circ$ в.д.;  $t_0=03-47-14,40$ .

3) Третий ощутимый форшок  $K_p=10,08$  был тоже зафиксирован 3 декабря в зоне расположения Сунженского хребта. Очаг имел большую глубину:  $h=60$  км. Координаты форшока:  $\varphi=43.39^\circ$ с.ш и  $\lambda=45.25^\circ$ в.д.; время в очаге:  $t_0=22-03-21,68$ .

Глубина форшоковых очагов варьировалась в пределах  $h=3-63$  км. В таблице 2 отображена часть форшоков.

Таблица 2.

**Форшоки основного толчка, записанные с 1 по 12 декабря 2020 года**

№	Дата	$t_0$	$\varphi$	$\lambda$	h (км)	$K_p$
1	04.12.2020	07-05-19,27	43.54°с.ш	45.45°в.д	39	8,79
2	07.12.2020	02-54-32,76	42.97°с.ш	45.25°в.д	18	7,98
3	09.12.2020	00-34-23,06	42.76°с.ш	45.71°в.д	3	6,28
4	09.12.2020	19-44-40,91	43.16°с.ш	46.33°в.д	39	6,90
5	10.12.2020	02-32-59,60	43.86°с.ш	45.56°в.д	39	6,79
6	10.12.2020	06-17-16,79	43.05°с.ш	45.13°в.д	30	6,65
7	10.12.2020	10-06-36,51	42.94°с.ш	45.64°в.д	18	7,34
8	12.12.2020	02-46-08,17	42.82°с.ш	44.41°в.д	63	7,16
9	12.12.2020	20-53-33,31	42.96°с.ш	45.56°в.д	6	6,80

После форшоков последовал основной толчок 12 декабря (время в очаге  $t_0=21-29-49,73$ , координаты эпицентра  $\varphi=42.93^\circ$ с.ш и  $\lambda=45.58^\circ$ в.д.), который был зафиксирован на глубине  $h=6$  км в Урус-Мартановской зоне, точнее в зоне расположения Владикавказского (Черногорского) глубинного разлома.

За основным толчком последовала серия афтершоков (с 12-го по 31-е декабря включительно) в количестве 163 землетрясений  $K_p=6-11,6$ . Очаги большинства афтершоков располагались на глубине  $h=6-30$  км. Наиболее ощутимые из них представлены ниже:

1) Первый ощутимый афтершок 12 декабря находился в зоне расположения Сунженского хребта -  $K_p=10,8$ ;  $t_0=23-50-21,80$ , координаты эпицентра  $\varphi=42.95^\circ$ с.ш и  $\lambda=45.44^\circ$ в.д., очаг имел глубину  $h=6$  км.

2) Второй 13 декабря – в зоне прохождения Срединного глубинного разлома -  $K_p=11,4$ ;  $t_0=11-34-20,70$ , координаты эпицентра  $\varphi=42.97^\circ$ с.ш и  $\lambda=45.68^\circ$ в.д., очаг имел глубину  $h=6$  км.

3) Третий 13 декабря – в зоне залегания Владикавказского глубинного разлома -  $K_p=11,6$ ;  $t_0=13-05-02,55$ , координаты эпицентра  $\varphi=42.95^\circ$ с.ш и  $\lambda=45.58^\circ$ в.д., очаг имел глубину  $h=6$  км. Часть других ощутимых афтершоков представлена в таблице 3.

Таблица 3.

**Ощутимые афтершоки, записанные с 14 по 28 декабря 2020 года**

№	Дата	$t_0$	$\varphi$	$\lambda$	h(км)	$K_p$
1	14.12.2020	00-13-00,83	43.02°с.ш	45.57°в.д	15	10,3
2	20.12.2020	18-36-50,37	43.32°с.ш	45.91°в.д	6	9,5
3	23.12.2020	02-52-51,10	43.05°с.ш	45.06°в.д	18	10,5
4	23.12.2020	16-01-11,86	43.00°с.ш	45.58°в.д	15	9,8
5	28.12.2020	10-03-21,85	43.19°с.ш	44.73°в.д	30	8,2

Распределение очагов землетрясений по глубинам показано в таблице 4.

Таблица 4.

**Распределение числа землетрясений по глубинам для территории  
Чеченской республики за декабрь 2020 года**

0-5 (км)	5-10 (км)	10-15 (км)	15-20 (км)	20-25 (км)	25-30 (км)	30-35 (км)	35-40 (км)	40-45 (км)	45-50 (км)	<50 (км)
3	111	41	10	5	2	1	3	1	1	5

Из таблицы видно, что наибольшее количество гипоцентров землетрясений было сформировано на глубине  $h=5-20$  км. И только незначительное количество – на глубине  $h=35-63$  км. Самые глубокие очаги обозначены ниже:

1) 3 декабря землетрясение  $K_p=10,0$  было зафиксировано на глубине  $h=60$  км;  $t_0=22-03-21,68$ ;  $\varphi=43.39^\circ$ с.ш и  $\lambda=45.25^\circ$ в.д.

2) 4 декабря толчок  $K_p=8,7$  реализовался на глубине  $h=39$ км;  $t_0=07-05-19,27$ ;  $\varphi=43.54^\circ$ с.ш и  $\lambda=45.45^\circ$ в.д.

3) 9 декабря землетрясение  $K_p=6,97$  имело глубину  $h=39$ км;  $t_0=19-44-40,91$ ;  $\varphi=43.16^\circ$ с.ш и  $\lambda=46.33^\circ$ в.д.

4) 10 декабря толчок  $K_p=6,7$  имел глубину  $h=39$ км;  $t_0=02-32-59,60$ ;  $\varphi=43.86^\circ$ с.ш и  $\lambda=45.56^\circ$ в.д.

5) 12 декабря землетрясение  $K_p=7,1$  было зарегистрировано на глубине  $h=63$ км;  $t_0=02-46-08,17$ ;  $\varphi=42.82^\circ$ с.ш и  $\lambda=44.41^\circ$ в.д.

Таблица 5.

**Распределение количества землетрясений на территории Чеченской республики  
по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная энергетическая энергия  $\Sigma E$   
за декабрь 2020 года**

$K_p$	5	6	7	8	9	10	11	12	$\Sigma E 10^{12}$ Дж
N	10	74	61	15	13	5	3	2	$2,365 \times 10^{12}$ Дж

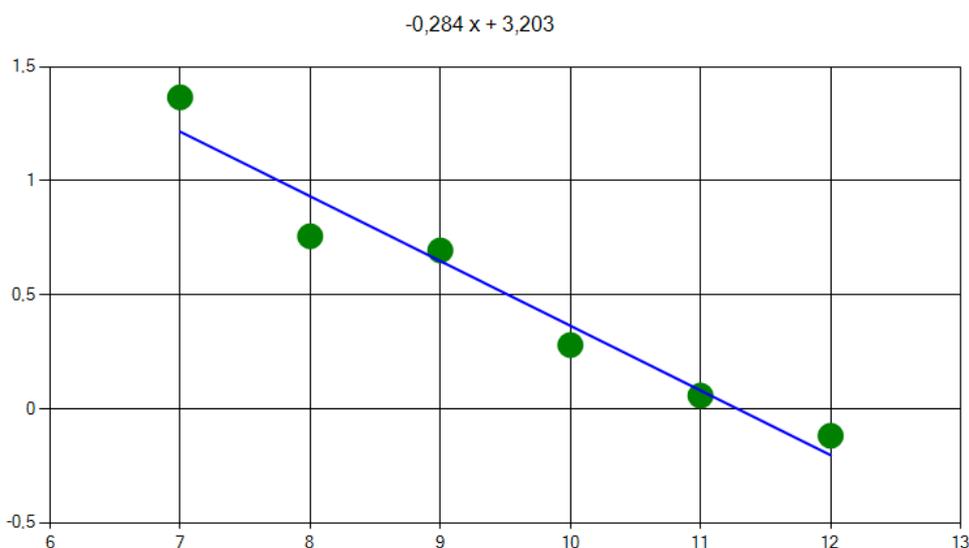


Рис. 2. График повторяемости для территории Чеченской республики за декабрь 2020 года

Данные таблицы № 5 показывают, что наибольшее количество землетрясений было зарегистрировано в пределах  $K_p=6-9$ . Количество суммарной сейсмической энергии, выделившейся в декабре 2020 года, имело следующее значение:  $\Sigma E=2,365 \times 10^{12}$  Дж.

График повторяемости представлен на рисунке 2. Он строился с использованием землетрясений  $K_p=7-12$ . Угловым коэффициентом получился равным значению:  $\gamma=0.284$ .

На рисунке 3 отображено пространственное расположение очагов землетрясений в период с 1 по 31 декабря 2020 года. Большинство форшоков и афтершоков были зафиксированы в Урус-Мартановской зоне, в местопрохождения Черногорского (или Владикавказского) глубинного разлома. Часть толчков была сфокусирована в районе Сунженского хребта, другая часть - на границе с Дагестаном. Несколько очагов землетрясений были зарегистрированы в зоне расположения Срединного разлома.

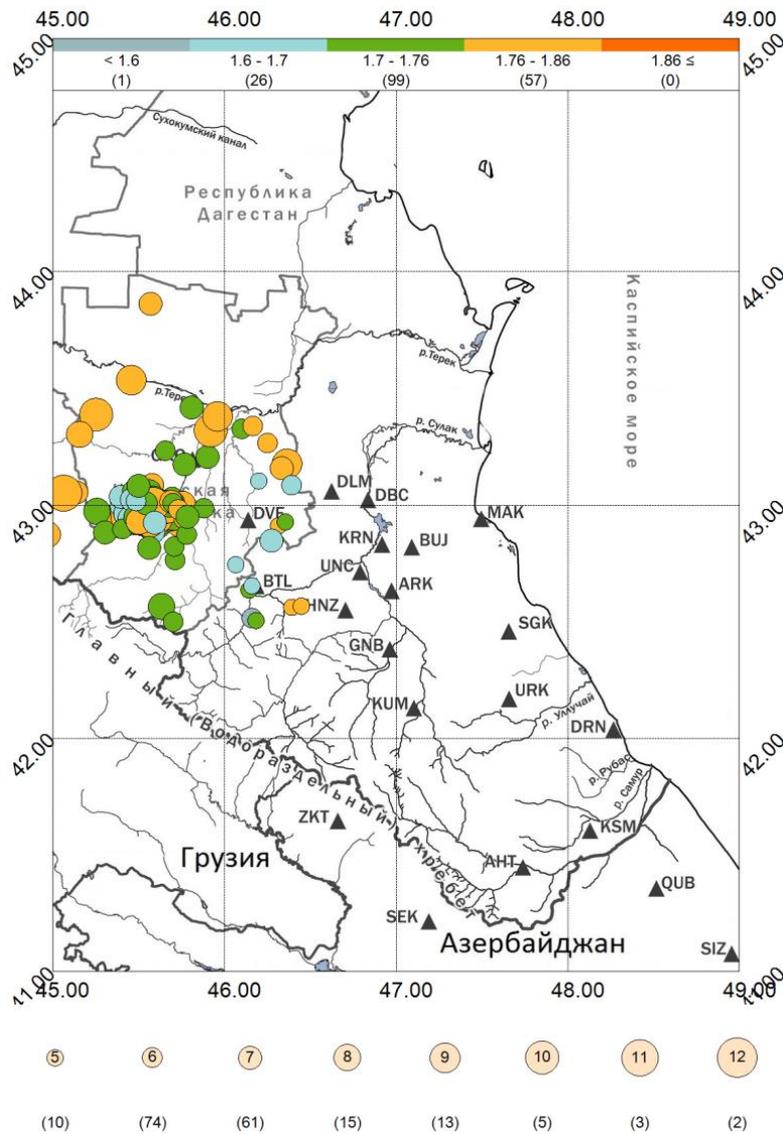


Рис. 3. Пространственное расположение очагов землетрясений.

Забегая немного вперед, следует отметить, что афтершоковая последовательность Урус-Мартановского землетрясения 12 декабря 2020 года продолжилась и в январе 2021 года. Таким образом, вопрос о возникновении ощутимых землетрясений и их возможной повторяемости на территории Чеченской республики - это один из важных вопросов обеспечения сейсмобезопасности данного региона.

## Литература

1. ИА. «Грозный-информ».
2. Магомедов Х.Д., Адилев З.А., Асекова З.А., Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагателова Е.Ю., Шахмарданова С.Г. Каталог землетрясений Северо-Восточного Кавказа (территория Дагестана и приграничные зоны) и акватории Среднего Каспия за I квартал 2020 г. Мониторинг. Наука и технологии. 2020. № 2(44). - С. 101-113.
3. Магомедов Х.Д., Адилев З.А., Асекова З.А., Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагателова Е.Ю., Шахмарданова С.Г. Каталог землетрясений Северо-Восточного Кавказа (территория Дагестана и приграничные зоны) и акватории Среднего Каспия за II квартал 2020 г. Мониторинг. Наука и технологии. 2020. № 3(45). - С. 96-107.
4. Магомедов Х.Д., Адилев З.А., Асекова З.А., Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагателова Е.Ю., Шахмарданова С.Г. Каталог землетрясений Северо-Восточного Кавказа (территория Дагестана и приграничные зоны) и акватории Среднего Каспия за III квартал 2020 г. Мониторинг. Наука и технологии. 2020. № 4(46). - С. 81-93.
5. Магомедов Х.Д., Адилев З.А., Асекова З.А., Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагателова Е.Ю., Шахмарданова С.Г. Каталог землетрясений Северо-Восточного Кавказа (территория Дагестана и приграничные зоны) и акватории Среднего Каспия за IV квартал 2020 г. Мониторинг. Наука и технологии. 2021. № 1(47). С. 102-118.
6. Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю., Павличенко И.Н. сейсмическая обстановка на территории Дагестана и сопредельных регионов за 2018 г // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 1 (76). С. 81-87.
7. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Мамаев А.С., Маммаева Ж.А. К вопросу перевода прогноза землетрясений на количественную основу // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017. № 71. С. 68-71.
8. Сагателова Е.Ю., Павличенко И.Н., Гамидова А.М., Мусалаева З.А. Сейсмический режим дагестанского сектора акватории среднего каспия с 2009 г. по 2018 г // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 3 (78). С. 87-93.
9. Павличенко И.Н. сейсмическая активность территории дагестана и приграничных зон Азербайджана, Грузии и Чеченской республики в 2017 г // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 3 (74). С. 79-86.
10. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А., Абакаров А.Д., Таймазов М.Д. О состоянии и перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 51. С. 36-42.

УДК 550.34.013.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-40-47

## АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ в 1981-1987 гг.

*Алиева А.В.*

*Дагестанский филиал Федерального исследовательского центра  
«Единая геофизическая служба Российской академии наук»*

В настоящей статье представлена общая характеристика сейсмического режима территории Республики Дагестан и смежных районов. Представлен анализ закономерностей и пространственной локализации землетрясений за период 1981-1987 гг. при использовании регионального каталога землетрясений ДФ ФИЦ ЕГС РАН. Приведена карта эпицентров землетрясений в Республике Дагестан и смежных районах. Дается оценка общей выделившейся сейсмической энергии за период 1981-1987 гг., ее распределение по годам, а также по пяти территориальным зонам: Республика Дагестан, приграничные районы Чеченской Республики, Республики Грузии и Азербайджанской Республики, акватория Каспийского моря.

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

## ANALYSIS OF THE SEISMIC REGIME OF THE CAUCASIAN REGION in 1981-1987

*Alieva A.V.*

*Dagestan branch of the Federal Research Center  
“Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences”*

This article presents a general description of the seismic regime of the territory of the Republic of Dagestan and adjacent areas. The analysis of the regularities and spatial localization of earthquakes for the period 1981-1987 is presented using the regional earthquake catalog of the DF FITC of the USGS RAS. The map of earthquake epicenters in the Republic of Dagestan and adjacent regions is given. The total released seismic energy for the period 1981-1987 is estimated, its distribution by year, as well as by five territorial zones: the Republic of Dagestan, the border areas of the Republic of Georgia, the Chechen Republic and the Republic of Azerbaijan, the Caspian Sea.

*Keywords:* seismicity, earthquake distribution, energy class, seismic energy.

### **Введение**

В настоящей статье дается обобщение наблюдений над землетрясениями региона за 1981-1987 гг. Существующее в тот период расположение стационарных сейсмических станций Республики Дагестан и смежных районов позволило получить неискаженное представление о распределении землетрясений на исследуемой территории с  $K_p \geq 8$ . С целью выявления характера расположения эпицентров ощутимых землетрясений построена карта эпицентров землетрясений за 1981-1987 гг. с  $K_p \geq 11$ . Исследуемый район ограничен координатами  $\varphi = 41^\circ$  и  $45^\circ$  с.ш.,  $\lambda = 45^\circ$  и  $49^\circ$  в.д. Выбор указанного периода обусловлен целью исследовать особенности изменения сейсмического режима перед произошедшими сильными сейсмическими событиями на Кавказе. Так, 03 мая 1988 г. произошло землетрясение в с. Кичи-Гамри Сергокалинского района Республики Дагестан на глубине до 10 км ( $M = 5,3$ ,  $I = 7-8$ ), а 07 декабря 1988 г. произошло разрушительное землетрясение в г. Спитак (Армения) на глубине 10 км ( $M = 7,0$ ,  $I = 9-10$  баллов). В данном исследовании использован каталог землетрясений нашего региона и смежных районов Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН.

### **Анализ сейсмической ситуации**

В каталоге землетрясений в 1981-1987 гг. на территории Дагестана и в приграничных зафиксированы эпицентры для 976 землетрясений с  $K_p \geq 9$ . Это обусловлено техническими возможностями аппаратуры, определившими представительный класс землетрясений в 80-х гг. от  $K_p = 9$  (см. табл. 1).

Таблица 1.

Данные по территориальному распределению числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p \geq 9$  за 1981-1987 гг.

	$K_p=9$	$K_p=10$	$K_p=11$	$K_p=12$	$K_p=13$	$K_p=14$	$\Sigma$ по $K_p$	$\Sigma E, 10(14)$ Дж
Акватория Каспийского моря	36	26	12	2	1	0	77	0,13495
Дагестан	205	97	21	5	1	0	329	0,18274
Чеченская Республика	150	109	32	10	4	2	307	2,54443
Республика Грузия	54	41	13	2	3	0	113	0,33763
Азербайджанская Республика	94	41	12	3	0	0	150	0,04704
	<b>539</b>	<b>314</b>	<b>90</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>976</b>	<b>3,24679</b>

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

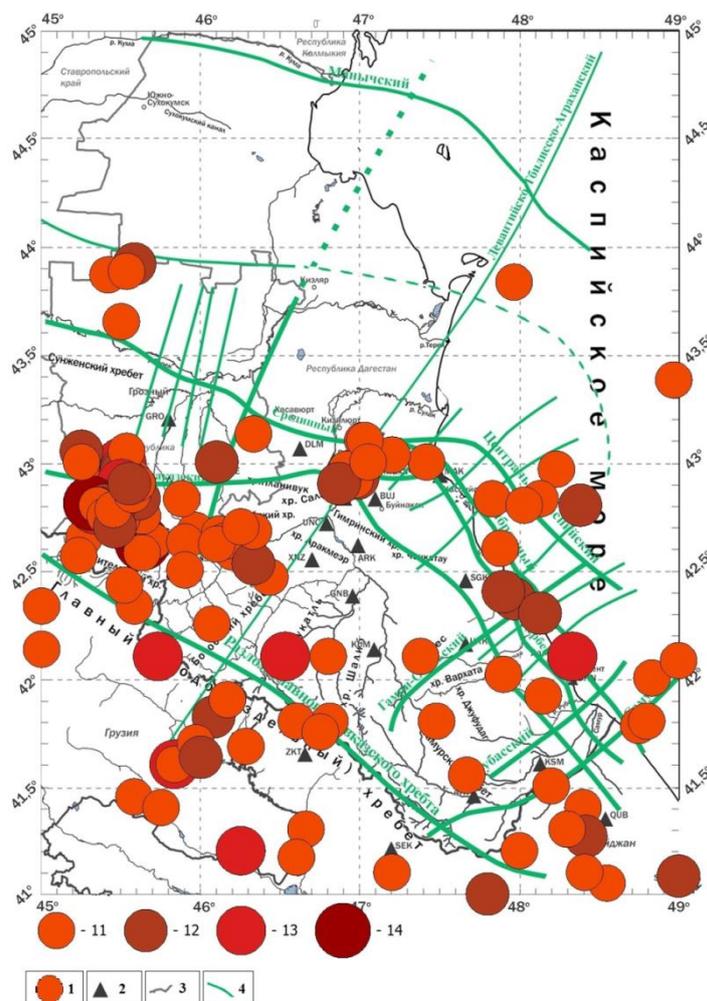


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений на территории Дагестана и смежных районов, с  $K_p \geq 11$  за 1981-1987 гг. 1- энергетические классы; 2-сейсмостанции Дагестана и смежных республик соответственно; 3-границы региона; 4 – глубинные разломы.

Так, за 1981-1987 гг. сетью сейсмостанций было зафиксировано 135 сейсмических событий с  $K_p \geq 11$ . Наиболее сейсмоактивным был юго-западный район Чеченской Республики, где зарегистрированы 2 землетрясения 14-го энергетического класса и 8 землетрясений 13-го энергетического класса. В прилегающих районах Грузии произошло 3 землетрясения 13-го энергетического класса; 2 землетрясения 13-го класса зафиксировано в акватории Каспия. Также в этих зонах повышение сейсмичности характеризуется высокой концентрацией землетрясений 11-го энергетического класса.

Землетрясения распределены неравномерно, большая их часть расположена в области Дагестанского клина (см. рис. 2), где происходит резкая смена направлений глубинных разломов различного порядка [1].

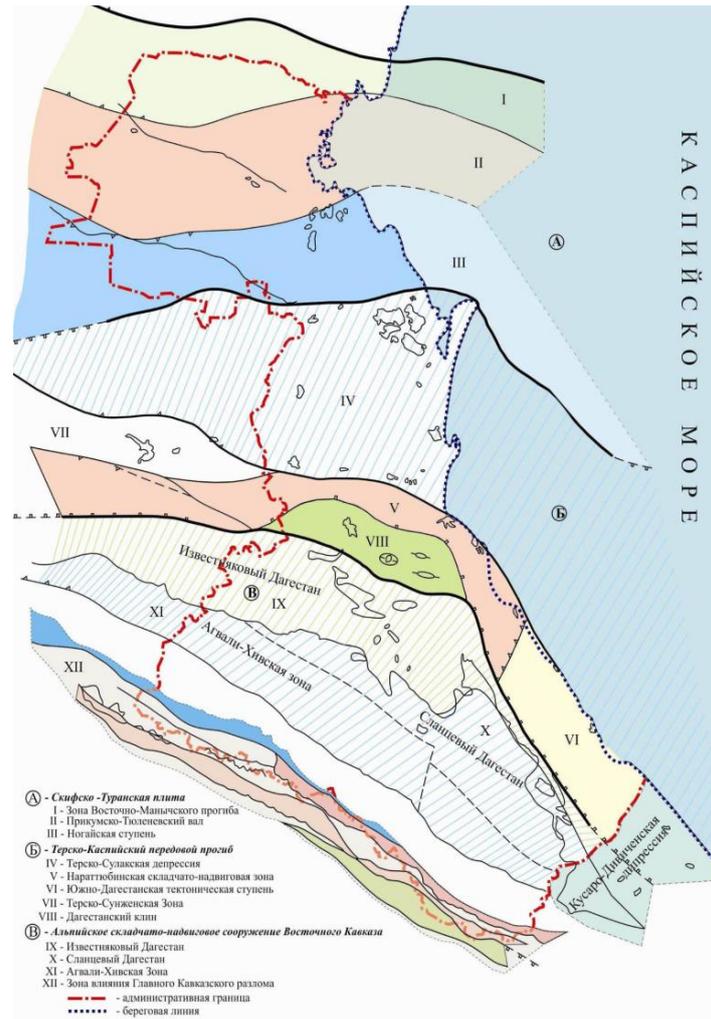


Рис.2. Тектоническое районирование Республики Дагестан.

Наибольшее их количество расположено в зонах перехода от горных сооружений к равнинным участкам. С востока, такая зона занимает прибрежную часть Каспийского моря. С севера эта зона соответствует области сочленения альпийской складчатости с Терско-Каспийским предгорным прогибом. Горная часть Дагестана характеризуется весьма малым количеством эпицентров землетрясений с  $K_p \geq 11$  [2-5]. Наличие землетрясений с гипоцентрами в поперечных глубинных разломах является свидетельством чрезвычайной геодинамической активности зоны сочленения Скифо-Туранской плиты с Восточно-Европейской платформой с севера и Терско-Каспийским прогибом с юга. Центральный и южный районы Дагестана характеризуются самой высокой сейсмической активностью в европейской части России [6-9].

Высокий уровень сейсмичности сохраняется в окрестностях Чиркейского водохранилища. Периодичность подвижности блочных геологических структур и активизация сейсмических процессов объясняется наличием большого числа глубинных продольных и поперечных разломов.

Проведем анализ сейсмической ситуации в период 1981-1987 гг. В этот период произошло до 2705 сейсмособытий, зафиксированных сетью сейсмостанций ДФ ФИЦ ЕГС РАН. Координаты всех землетрясений определялись методом засечек. Для территории Дагестанского клина использовался местный осредненный годограф сейсмических волн с интервалом глубин 3 км, построенный в 1980 году О. А. Асмановым по экспериментальным данным повторных толчков Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. для глубин 3- 24 км [10,11]. Для остальных районов Республики Дагестан использовался Кавказский годограф. Рассмотрим величину суммарной энергии ( $\Sigma E$ )  $K_p \geq 9$  для отдельных сейсмоактивных зон Дагестана и смежных районов за 1981–1987 гг. (см. рис. 3).

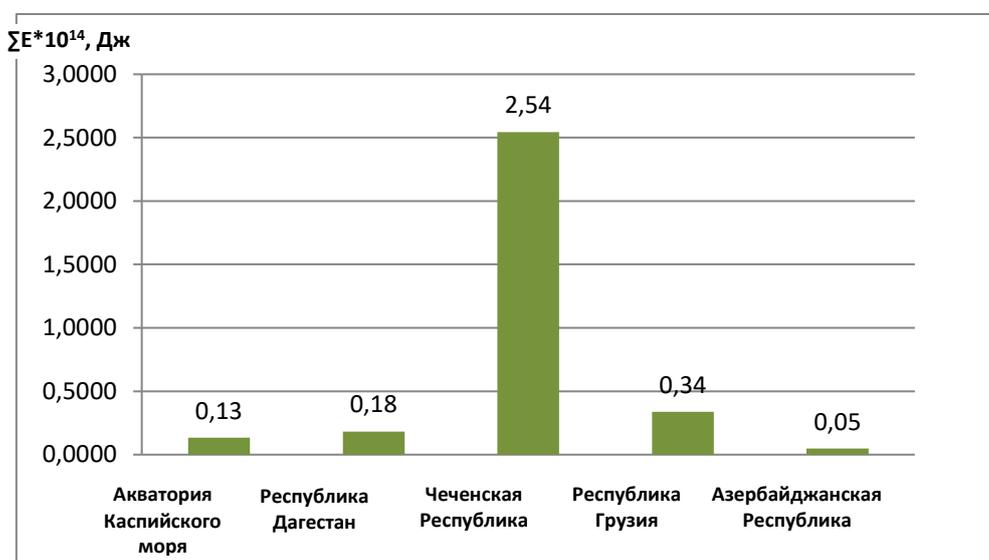


Рис. 3. Распределение величины  $\Sigma E$  по сейсмическим зонам за период 1981-1987 гг.

Анализ карты эпицентров и графика распределения сейсмической энергии по зонам показывает, что, как и в прошлые годы, наиболее активными в период 1981-1987 гг. были приграничные территории Чеченской Республики и Грузии, а также Буйнакский район Республики Дагестан.

На представленной гистограмме (см. рис. 3) фиксируется большое высвобождение сейсмической энергии на территории Чеченской Республики. В этом сейсмоактивном районе зарегистрировано 307 землетрясений с  $K_p \geq 9$ , суммарной энергией  $\Sigma E = 2.545 \cdot 10^{14}$  Дж. Приведем наиболее ощутимые в период 1981-1987 гг. сейсмические события.

Наиболее сильным на рассматриваемой территории было землетрясение 12 мая 1981 года в 17 ч. 43 мин. с  $M=5.3$  ( $K_p = 13.5$ ),  $I_0=4-5$ , эпицентр которого расположен к юго-западу от села Итум-Кали Чеченской Республики. В течении нескольких последующих часов происходили повторные толчки, среди которых были афтершоки с  $M=3 - 3.6$ .

Следующей ощутимое землетрясение произошло 18 октября 1981 года в 05 ч. 22 мин. ( $K_p = 13.4$ ) в Урус-Мартановском районе на глубине до 10 км,  $I_0 = 6-7$  баллов.

12 марта 1984 г. в 19 ч. 58 мин. с  $M=4$  ( $K_p = 11.7$ ),  $I_0=5$  баллов, эпицентр которого расположен в с. Моцкарой Итум-Калинского района на глубине до 25 км.

26 апреля 1984 г. в 22 ч. 36 мин. с  $M=4.2$  ( $K_p = 11.2$ ),  $I_0=4-5$  баллов, эпицентр которого расположен в с. Дышне-Веденское Веденского района на глубине 15 км.

Следующий значимый толчок произошел 4 марта 1984 года в 19 ч. 24 мин. с  $M=5.4$  ( $K_p=13.8$ ),  $I_0=6$ . Эпицентр события находился в горной местности Ачхой-Мартановского района Чеченской республики на глубине 25 км. Толчку предшествовало 9 значимых форшоков с 10:00 утра с магнитудой до 5. После основного толчка зафиксировано до 12 афтершоков с  $K_p=7-10$ .

Второй по показателям сейсмоактивности была Республика Грузия. В этом сейсмоактивном районе зарегистрировано 113 землетрясений с  $K_p \geq 9$ , суммарной энергией  $\sum E=0.3376 \cdot 10^{14}$  Дж. Здесь зафиксировано 13 землетрясений 11-го энергетического класса, 2 землетрясения 12-го энергетического класса, 3 землетрясения 13-го энергетического класса. При этом эпицентры всех землетрясений расположены ближе к границе Дагестана и Азербайджана. Сильные сейсмособытия носили не периодический характер.

Так, первый толчок ( $K_p=13$ ),  $I_0=7$  баллов произошел 23 февраля 1981 г. в 04 ч. 6 мин. в Сигнахском муниципалитете, эпицентр располагался на глубине 10 км.

Второе землетрясение ( $K_p=12.5$ ) произошло 03 мая 1982 в 04 ч. 10 мин. в Дедоплисцкаройском муниципалитете, эпицентр располагался на глубине 46 км.

22 декабря 1982 г. в 09 ч. 49 мин. произошло еще одно землетрясение в Дедоплисцкаройском муниципалитете ( $K_p=11.8$ ),  $I_0=4-5$  баллов, эпицентр располагался на глубине 25 км.

23 июля 1983 г. в 01 ч. 07 мин. произошло землетрясение в Лагодехском муниципалитете ( $K_p=11.2$ ),  $I_0=5$  баллов, эпицентр располагался на глубине до 25 км.

Следующий ощутимый толчок ( $K_p=13$ ),  $I_0=5-6$  баллов произошел 04 июля 1985 г. в 05 ч. 08 мин. в Кварельском муниципалитете на глубине до 25 км.

В сейсмоактивном районе акватории Каспийского моря зарегистрировано 77 землетрясений с  $K_p \geq 9$ , суммарной энергией  $\sum E=0.1349 \cdot 10^{14}$  Дж.

Наиболее сильным был толчок 8 марта 1982 года. Эпицентр землетрясения расположен в 5-ти км от г.Дербента,  $K_p=12.5$ . Сейсмособытию предшествовало повышение сейсмоактивности с февраля 1982 г.

13 мая 1984 года в 12 ч. 20 мин. акватории Каспия вблизи г.Дербента было зафиксировано землетрясение ( $K_p=12.8$ ),  $I_0=5$  баллов на глубине до 25 км.

На территории Республики Дагестан подавляющее число землетрясений относилось к энергетическому классу  $K_p \leq 11$ . В этом сейсмоактивном районе зарегистрировано 329 землетрясений с  $K_p \geq 9$ , суммарной энергией  $\sum E=0.1827 \cdot 10^{14}$  Дж. Произошло 21 землетрясение 11-го энергетического класса, 5 землетрясений 12-го энергетического класса, 1 землетрясение 13-го энергетического класса. На территории Дагестана подавляющее число землетрясений относилось к энергетическому классу  $K_p \leq 11$ .

01 мая 1985 г. в 21 ч. 22 мин. произошло землетрясений в районе озера Большое Турали Карабудахкентского района ( $K_p=11.9$ ),  $I_0=4-5$  баллов, на глубине до 25 км.

Наиболее значимое сейсмособытие произошло 05 мая 1987 года в 10 ч. 40 мин. в Тляринском районе ( $K_p=12.6$ ) на глубине до 25 км.

03 сентября 1987 г. в 02 ч. 33 мин. произошло землетрясение в Кизилюртовском районе ( $K_p=9.6$ ) на глубине до 9 км.

На территории приграничных районов Азербайджанской Республики зарегистрировано 150 землетрясений с  $K_p \geq 9$ , суммарной энергией  $\sum E=0.04704 \cdot 10^{14}$  Дж. В рассматриваемый период сейсмическая обстановка приграничной зоны Азербайджана характеризовалась спокойствием. Самое ощутимое землетрясение произошло 30 октября 1987 г. в 0, ч 36 мин. в Шекинском районе,  $K_p=12.4$ ,  $I_0=5$  баллов, на глубине до 12 км.

Для детального анализа сейсмособытий рассмотрим высвобождение сейсмической энергии за 1981-1987гг. ( $K_p \geq 9$ ) по пяти зонам: Республика Дагестан, акватория Каспийского моря, приграничные районы Азербайджанской Республики, Чеченской Республики, Грузии (см. рис. 4).

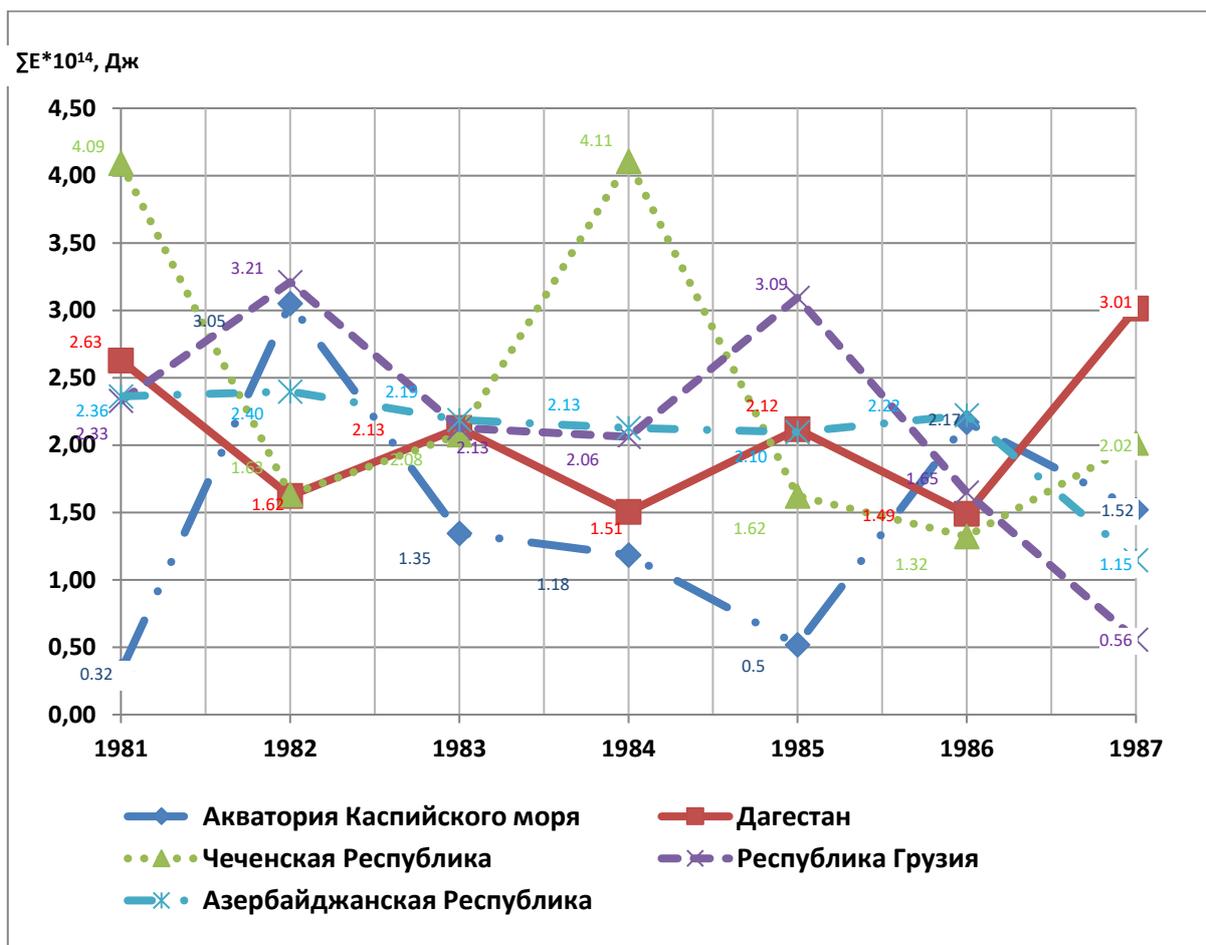


Рис. 4. Изменение величины  $\Sigma E$  во времени за 1981-1987 гг. для основных сейсмоактивных зон.

За 1981-1987 гг., на территории Дагестана и сопредельных республик произошло 976 землетрясений  $K_p \geq 9$ , общей суммарной энергией  $3.2468 \cdot 10^{14}$  Дж.

Из графика изменения сейсмической активности во времени (рис. 4) видно, что максимум высвобождения сейсмической энергии в зоне **Республики Дагестан** приходится на 1981 г., 1987 г. После максимума 1981 года наблюдается спад в 1982 г. Далее происходит активизация в 1983 г., 1985 г., которая сменяется спадами в 1984 г., 1986 г.

Наибольшее количество выделившейся энергии в **приграничной зоне Чеченской Республики** приходится на 1981 г., 1984 г. Максимум 1981 года сменяется спадом 1982 г., 1983 г. Максимум 1984 г. сменяется спадом 1985 г., 1986 г. и незначительным ростом выделившейся энергии в 1987 г.

Наибольшее количество выделившейся энергии в **приграничной зоне Республики Грузия** приходится на 1982 г., 1985 г. Максимум 1982 года сменяется спадом 1983 г., 1984 г. Максимум 1985 г. сменяется спадом 1986 г., 1987 г.

Наибольшее количество выделившейся энергии в **акватории Каспийского моря** приходится на 1982 г., 1986 г. До активизации сейсмических событий в 1982 г., наблюдался спад 1981 г. Максимум 1982 года сменяется спадом 1983 г., 1984 г., 1985 г. Максимум 1986 г. сменяется спадом 1987 г.

Наибольшее количество выделившейся энергии в **приграничной зоне Азербайджанской Республики** приходится на 1982 г. В целом на этой территории период 1981-1987 гг. отмечен стабилизацией сейсмической активности.

Средняя величина суммарной энергии за семилетний период составила: Чеченская Республика -  $0.36 \cdot 10^{14}$  (Дж); Республика Грузия -  $0.05 \cdot 10^{14}$  (Дж); Республика Дагестан -  $0.03 \cdot 10^{14}$  (Дж); Азербайджанская Республика -  $0.02 \cdot 10^{14}$  (Дж); акватория Каспия -  $0.02 \cdot 10^{14}$  (Дж).

На территории Дагестана подавляющее большинство землетрясений происходит на глубинах до 50 км. Рассмотрим данные распределения очагов землетрясений ( $K_p \geq 9$ ) по глубинам за период 1981–1987 гг. на территории Дагестана и смежных районов (см. рис. 5).

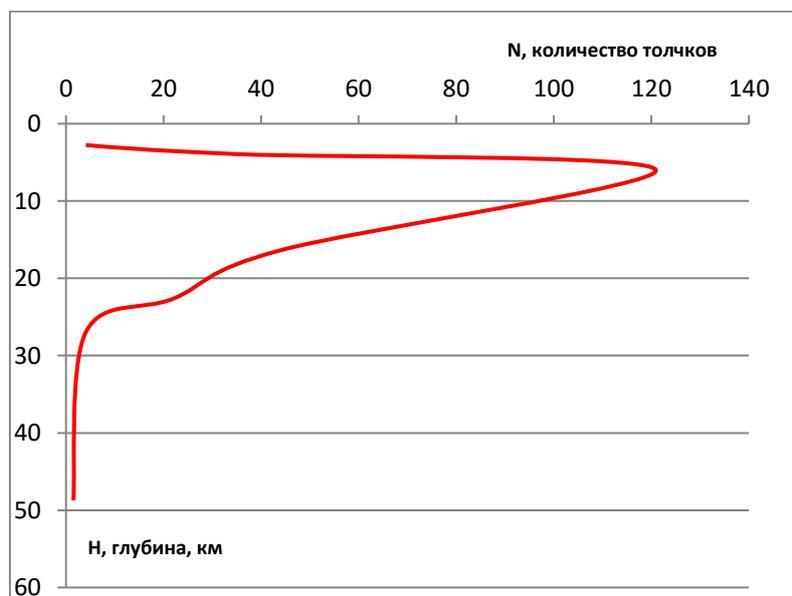


Рис. 5. Распределение очагов землетрясений по глубине в период 1981-1987 гг.

Представленный график наглядно показывает, что основная часть землетрясений распределена в верхнем горизонте земной коры на глубине от 1 до 45 км. Очаги повышенной плотности эпицентров отмечены в пределах от 2 до 20 км. Концентрация очагов землетрясений от 22 до 50 км с глубиной плавно уменьшается [Асманов О. А., Батыров Т. Б.].

#### Заключение

После 1984 г. и до 1986 г. в зоне Чеченской Республики, акватории Каспия и в Азербайджанской Республике наблюдалось понижение сейсмической активности. К началу 1986 года сейсмическая активность постепенно возросла.

Рассмотренные материалы свидетельствуют о разнообразии видов сейсмической деятельности в Дагестане и смежных районах за 1981-1987 гг. Наряду с сильными землетрясениями, сопровождающимися многочисленными афтершоками, здесь происходили более слабые толчки, которые могли сопровождаться и не сопровождаться афтершоками [12]. Отмечаются районы концентрации толчков, равномерно распределенных во времени.

В период 1981-1987 гг. наблюдался незначительный рост числа сейсмособытий 8-12 энергетического класса. Подавляющее большинство землетрясений при этом происходило на глубинах до 45 км. Общая энергия, начиная с  $K_p \geq 9$ , с 1981 по 1987 гг. на территории Дагестана и сопредельных республик составил  $3.2468 \cdot 10^{14}$  Дж. Больше всего энергии высвободилось в зоне Чеченской Республики ( $2.545 \cdot 10^{14}$  Дж), в Республике Грузия ( $0.3376 \cdot 10^{14}$  Дж). Затем идут Республика Дагестан ( $0.1827 \cdot 10^{14}$  Дж), акватория Каспия ( $0.1349 \cdot 10^{14}$  Дж) и Азербайджанская Республика ( $0.1074 \cdot 10^{14}$  Дж).

Глубина очагов землетрясений в области Дагестанского клина колеблется в пределах 2-20 км, при этом около 11% землетрясений произошло на глубине до 6 км. Таким образом глубина очагов в основном соответствует переходной зоне от осадочного чехла к фундаменту.

По данным современных исследований и анализа, учитывая наблюдаемое чередование сейсмоциклов, в зоне Республики Дагестан период 1981-1987 гг. отмечен общим спадом сейсмоактивности по отношению к 100-летнему периоду исследований [13]. Снижение активности связано с периодом ее спада продолжительностью 50-60 лет. Рост сейсмической активности возобновил тенденцию к росту с 1988 г.

### Литература

1. Багатаев Р.М. Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков по геологии // ДГУНХ. Учебное пособие для направления подготовки 08.03.01 «Строительство» - Махачкала, 2019. 90 с.
2. Гаджиев С. О., Асманов О. А. и др. Отчет о результатах сейсмологических и геохимических наблюдений на территории ДАССР, проведенных ОМП в 1983 г. // Институт геологии ДФ АН СССР - Махачкала, 1984 г.
3. Магомедов Р.А. Геолого-тектонические условия, геодинамическая позиция и современная сейсмичность Восточного Кавказа // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала. 2017. Выпуск № 2(69). С.12-31.
4. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. Некоторые результаты исследований геотектонических условий и современной сейсмичности Восточного Кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т. 9. № 1. С. 29-42.
5. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Магомедов Р.А. Сейсмомониторинг и оценка сейсмического риска территории Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2006. № 50. С. 287-291.
6. Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Сейсмоструктура высокогорной части Восточного Кавказа и перспективы газоносности на примере естественного проявления газа с. Цущар (Дагестан) // Геология и геофизика Юга России. 2020. Т. 10. № 4. С. 150-163.
7. Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Идрисов И.А., Ибаев Ж.Г., Мамаев А.С., Сулейманов В.К. Опасные геологические процессы в Дагестане и перспективы их изучения // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2020. № 6 (49). С. 25-30.
8. Мамаев С.А., Черкашин В.И., Магомедов Р.А., Таймазов Д.Г., Мамаев А.С. Сейсмическая безопасность Республики Дагестан - проблемы и пути решения // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 3 (82). С. 67-80.
9. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А., Мамаев А.С. О перспективных направлениях развития средств и методов повышения сейсмической безопасности территории Дагестана. // В сборнике: Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. Посвящена 70-летию доктора физико-математических наук, профессора, Заслуженного изобретателя Российской Федерации, Почетного деятеля науки и техники Российской Федерации, Засуженного деятеля науки Республики Северная Осетия-Алания Заалишвили Владислава Борисовича. Под редакцией А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили. 2019. С. 552-563.
10. Асманов О.А. Годографы сейсмических волн территории Дагестанского клина // Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. М.: «Наука», 1980. Т. 1. С. 17-22.
11. Левицкая А.Я., Лебедева Т.М. Годограф сейсмических волн Кавказа // Годографы сейсмических волн на Кавказе // Квартальный сейсмологический бюллетень. – Тбилиси: Мецниереба, 1953. – 2. – № 1/4. С. 51–60.
12. Асманов О. А., Батыров Т. Б. Особенности сейсмического режима и сильные землетрясения Дагестана и сопредельных территорий за период 2011-2017 гг. // Мониторинг. Наука и технологии. Выпуск № 3(41) - Махачкала, 2019 г. С. 6-11.
13. Короновский Н. В. Геология: учебное пособие для прикладного бакалавриата // 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. 194 с.

УДК 624.131.543

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-48-54

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ РСО-АЛАНИЯ  
ПО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ И ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ*Мельков Д.А., Ревазов М.О**Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНИЦ «Владикавказский научный центр  
Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания,  
г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi\_ras@mail.ru*

В связи со значительной массой смещаемого материала оползни, обладают огромной разрушительной силой и представляют большую опасность для объектов экономики. Северный Кавказ является одним из наиболее опасных регионов России. Это обусловлено большим разнообразием геолого-морфологических, климатических и в целом ландшафтных условий. Последний фактор наиболее относится к территории Северной Осетии. Нами использован современный геотехнический подход к оценке оползневой опасности склонов для территории Северной Осетии. На основе данных космического зондирования Земли SRTM была создана цифровая модель рельефа (DEM) территории Северной Осетии. В результате выделены наиболее опасные участки (с наименьшим значением фактора безопасности). Результаты совпадают с данными картирования оползневой опасности территории РФ, но построены в более крупном масштабе. В дальнейшем будет выполнена детализация выделенных наиболее опасных участков, а также участков, которые ранее не выделялись, на основе цифровых моделей построенных методами геодезической съемки, сканирования и фотограмметрии. Это позволит разработать единый набор правил для принятия решений различного административного уровня.

*Ключевые слова:* опасные процессы, оползни, геоморфология, Северная Осетия, устойчивость склонов, Scoops 3D.

ASSESSMENT OF POTENTIAL LANDSLIDES HAZARD OF THE TERRITORY OF NORTH  
OSSETIA-ALANIA ON GEOMORPHOLOGICAL AND GEOLOGICAL DATA*Melkov D.A., Revazov M.O.**Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Centre, Russian Academy of Sciences,  
93a, Markova Str., Vladikavkaz, North Ossetia-Alania 362002 Russia. e-mail: cgi\_ras@mail.ru*

Due to the significant mass of displaced material, landslides have a tremendous destructive force and represent a great danger to economic objects. The North Caucasus is one of the most dangerous regions in Russia. This is due to a wide variety of geological, morphological, climatic and landscape conditions in general. The latter factor is most relevant to the territory of North Ossetia. We have used a modern geotechnical approach to assessing the landslide hazard of slopes for the territory of North Ossetia. Based on SRTM space sensing data, a digital elevation model (DEM) of the territory of North Ossetia was created. As a result, the most dangerous areas (with the lowest value of the safety factor) were identified. The results coincide with the data of the landslide hazard mapping of the territory of the Russian Federation, but are plotted on a larger scale. In the future, the detailing of the selected most dangerous areas, as well as areas that were not previously identified, will be performed on the basis of digital models built by the methods of geodetic survey, scanning and photogrammetry. This will allow developing a single set of rules for making decisions at various administrative levels.

*Keywords:* hazardous processes, landslides, geomorphology, North Ossetia, slope stability, Scoops 3D

Территория России в целом характеризуется довольно умеренным и низким уровнем оползневой опасности. В то же время для некоторых очень больших территорий (территорий) характерен очень опасный и опасный уровень оползнеобразования [1]. В то же время в данном регионе (Северный Кавказ) некоторые города значимы по своему экономическому потенциалу: Владикавказ, Грозный, Махачкала, Нальчик, Майкоп, Ставрополь (рис. 1) [1]. Более того, в отдельных, достаточно протяженных прибрежных районах Краснодарского края (Сочи, Туапсе и др.) [2] оползневая опасность достигает чрезвычайно высокого уровня (рис. 1).

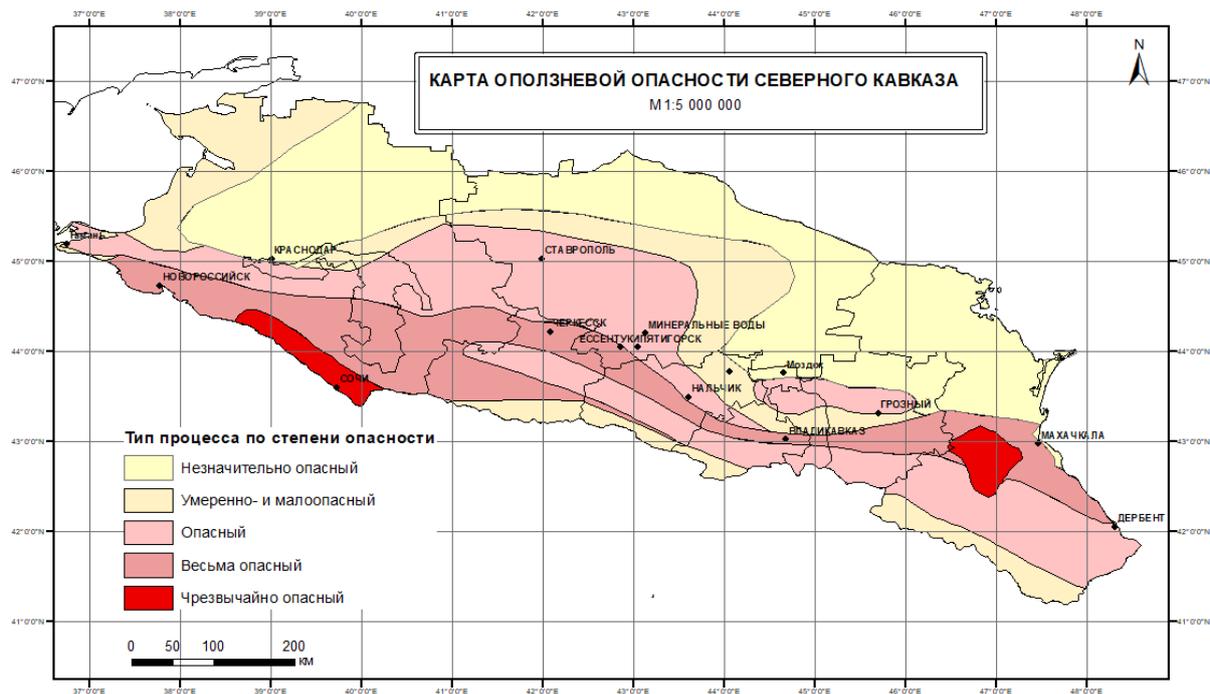


Рис. 1. Оползневая опасность Северного Кавказа [1]

Территория Северной Осетии подвержена разрушительному воздействию практически всех известных типов опасных геологических процессов (ОГП), которые могут привести к гибели людей и колоссальным материальным потерям, оказав существенное влияние на социально-экономическую обстановку и безопасность территории Республики [3-15].

Это обусловлено большим разнообразием геолого-морфологических, климатических и в целом ландшафтных условий преимущественно горной территории Северной Осетии. Яркими примерами служат: сход ледника Колка в 2002 г., обвал в районе Девдракского ледника в 2014 г., активизация Мацутинского оползня в 2019 г. [16-17]

В связи со значительной массой смещаемого материала оползни, обладают огромной разрушительной силой и представляют большую опасность для объектов экономики.

Наиболее широко оползневые процессы распространены в горной части республики, особенно в зоне Северной Юрской межгорной депрессии, подэскарповой зоне Скалистого хребта, на участках Южной межгорной депрессии и Главного водораздельного хребта.

Из изученных в горах РСО-Алании 350 оползней по размерам выделяются: малые (до 1 тыс. куб. м), средние (до 100 тыс. куб. м), крупные (до 1 млн. куб. м) и очень крупные (объемом более 1 млн. куб. м). Примерами очень крупных оползней могут служить Луарский, Доунифасский, Н. Нарский и др. [2]

Устойчивость склонов была оценена для территории Северной Осетии в масштабе 1:200 000. При этом использовались усредненные значения свойств горных пород для выявления наиболее опасных зон с целью дальнейшего детального анализа. Использовалась программа Scoops 3D которая позволяет оценивать устойчивость склонов в трехмерной постановке на основе цифровых моделей рельефа [18-19]. Модель рельефа была построена на основе спутниковых данных SRTM. Для выполнения расчетов на всей территории разрешение было уменьшено до 200 м.

Scoops3D – компьютерная программа, разработанная Геологической службой США (USGS), для анализа устойчивости откосов на всем цифровом ландшафте, представленной цифровой моделью рельефа (digitalelevationmodel - DEM). Она позволяет выявлять большое

количество и вычислять стабильность трехмерных потенциальных оползней, охватывающих широкий диапазон глубин и объемов. Scoops3D использует трехмерный «метод столбцов» анализа предельного равновесия для расчета устойчивости потенциальных разрушений откосов (оползней) со сферической потенциальной поверхностью скольжения. Scoops3D имеет широкий спектр пользовательских опций: он может включать сложную топографию, полное трехмерное распределение параметров, включая свойства подземного материала и давление поровой воды, а также упрощенные сейсмические воздействия в виде максимальных горизонтальных ускорений. Подход был первоначально описан в [20]. Результаты анализа Scoops3D показывают минимальный коэффициент безопасности (показатель устойчивости) для потенциальных поверхностей скольжения, влияющих на каждую ячейку матрицы высот по всему ландшафту, а также для объемов или площадей, связанных с этими потенциальными повреждениями склонов.

Программа Scoops3D была разработана для решения нескольких задач. Для расчета относительной стабильности склонов по всему ландшафту, и тем самым выполнять региональные оценки подверженности оползням, в качестве инструмента скрининга для выявления участков ландшафта с низкой стабильностью, что может потребовать последующего более подробного анализа устойчивости. Кроме того, Scoops3D можно использовать для оценки различий в устойчивости, возникающих в результате серии вероятных сценариев, таких как эффекты различных режимов потока грунтовых вод или пространственные вариации свойств грунтовых материалов. Программа Scoops3D использовалась для оценки устойчивости вулканических построек на горе Рейнер в штате Вашингтон [20], вулкана Касита в Никарагуа [21], вулкана Августина на Аляске [22] и гора Сент-Хеленс до обрушения [20; 23]. Она также была дополнена трехмерной региональной моделью потока подземных вод и использовалась для анализа устойчивости прибрежных обрывов в Сиэтле, Вашингтон [24; 25].

Scoops3D позволяет пользователю выбирать между двумя хорошо известными методами геотехнического равновесия моментов для расчета устойчивости вращающейся поверхности: обычный метод Феллениуса и упрощенный метод Бишопа [26]. Оба метода являются эффективными с вычислительной точки зрения и хорошо работают с трехмерными столбцами, определенными с помощью цифровой модели рельефа. Оба вычисляют устойчивость, используя моментное равновесие вокруг оси вращения. Ни то, ни другое не требует вычисления боковых сил, действующих между колоннами, и, таким образом, они избегают трудностей, связанных с вычислением боковых сил на гранях колонн, которые не выровнены с сеткой DEM [27].

В наших расчетах использовался метод Бишопа. Упрощенный метод Бишопа обеспечивает значения коэффициента безопасности, аналогичные значениям, полученным с помощью более строгих методов обеспечения устойчивости (таких как методы Спенсера или Моргенштерна-Прайса) как в 2D [28; 29], так и в 3D [30; 31; 32]. Упрощенный метод Бишопа требует итеративного метода решения для вычисления  $F$ , и итерационный процесс иногда не может сходиться к решению или сходится к ложному (то есть, неправильному) решению, особенно если пробная поверхность включает очень крутые участки скольжения или подвержена влиянию высокого давления поровой воды. Scoops3D позволяет пользователю фильтровать ложные решения.

При выполнении анализа устойчивости откосов Scoops3D рассчитывает сопротивление сдвигу  $s$  на испытательной поверхности, применяя линейное правило разрушения Кулона-Терцаги [33]:

$$s = c + (\sigma_n - u)tg\varphi \quad (1)$$

где  $c$  - сцепление,  $\varphi$  - угол внутреннего трения,  $\sigma_n$  - нормальное напряжение,  $u$  - давление поровой воды, действующее на поверхность сдвига. Это правило может использоваться для многих стандартных геотехнических анализов, включая анализ общего напряжения (где  $u = 0$ ) и эффективного напряжения ( $u \neq 0$ ), а также недренированный ( $\phi = 0$ ) анализ.

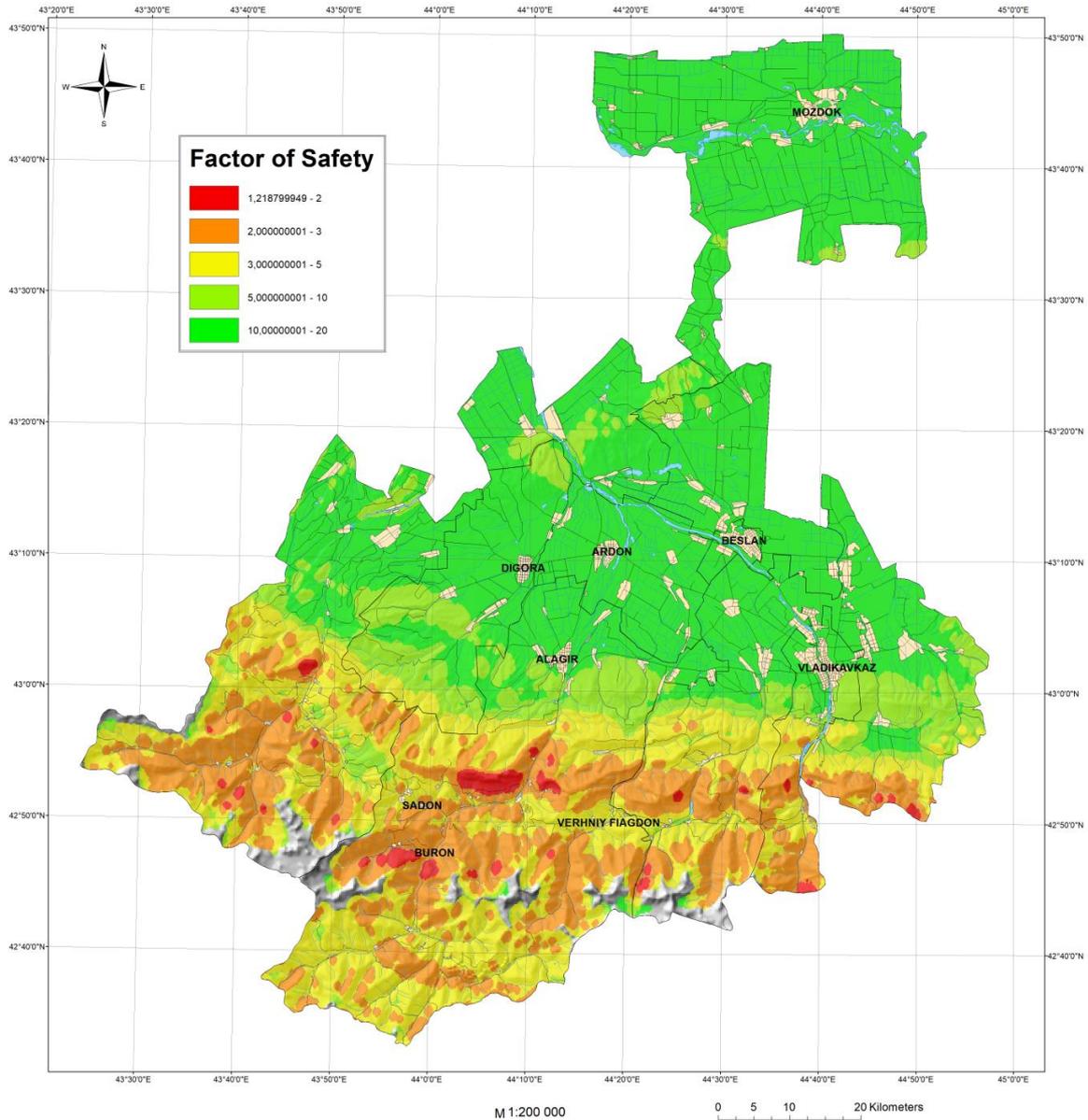


Рис.2 – Оценка потенциальной оползневой опасности территории РСО-Алания в виде фактора безопасности  $F$

Scorps3D вычисляет коэффициент безопасности  $F$  для данной испытательной поверхности с использованием моментного равновесия [33]. В общем, все методы предельного равновесия (включая методы равновесия с моментом) определяют  $F$  как отношение среднего сопротивления сдвигу (прочности)  $s$  к напряжению сдвига  $\tau$ , необходимому для поддержания предельного равновесия вдоль заранее заданной испытательной поверхности [33]:

$$F = s / \tau \quad (2)$$

Значения  $F$  меньше единицы указывают на нестабильность. Постоянная пропорция  $1 / F$  имеющейся прочности на сдвиг противостоит касательному напряжению в состоянии равновесия (фундаментальное предположение метода), или:

$$\tau = s / F \quad (3)$$

Для конечных площадей, таких как общая испытательная поверхность или основание отдельной колонны, нам необходимо использовать силы или напряжения, действующие на площадь. Таким образом, средняя сила сопротивления сдвигу в состоянии равновесия  $T$  равна:

$$T = \frac{1}{A} \int_A \frac{sA}{F} dA, \quad (4)$$

где  $A$  - общая площадь испытательной поверхности.

Дискретизация сопротивления сдвигу по ансамблю вертикальных колонн в потенциальной массе разрушения, определяемой матрицей высот и индексированной  $i$  и  $j$  в направлениях  $x$  и  $y$  соответственно, приводит к:

$$T = \frac{1}{F} \sum S_{i,j} A_{i,j} \quad (5)$$

где  $A_{i,j}$  - площадь пробной поверхности в основании каждого столбца  $i, j$ . Значение  $A_{i,j}$  варьируется в зависимости от наклона основания и от того, охватывает ли столбец полную или частичную ячейку матрицы высот. Предполагается, что  $F$  одинаково для каждого столбца.

В результате для каждого элемента модели рельефа (кроме граничных элементов) получается оценка значения коэффициента безопасности  $F$  (рисунок 2). Для высот более 3500 м расчеты не выполнялись (белые зоны на рисунке). Участки, характеризующиеся наибольшей опасностью (минимальными значениями  $F$ ) расположены в известных районах – Цей, участки Унал-Садон и Бурон. Кроме того выделены отдельные точечные участки, которые в силу удаленности от объектов инфраструктуры ранее не исследовались. Детальное изучение свойств горных пород и топосъемка позволят произвести более точную оценку их устойчивости.

### **Выводы**

1. В связи со значительной массой смещаемого материала оползни, обладают огромной разрушительной силой и представляют большую опасность для объектов экономики. Северный Кавказ является одним из наиболее опасных регионов России. Это обусловлено большим разнообразием геолого-морфологических, климатических и в целом ландшафтных условий. Последний фактор наиболее относится к территории Северной Осетии.

2. Для территории Северной Осетии имеются карты селевой и лавинной опасностей. Имеющиеся карты оценки оползневой опасности либо являются крупномасштабными (Атлас оползневой опасности территории РФ), либо относятся к категории, называемой в западной литературе inventory map, т.е. описывающие проявление геологических процессов, по данным произошедших событий. Естественно они не могут охватить всю территорию, часто не заселенную.

3. В этой связи представляет интерес разработка мелкомасштабных карт оползневой опасности, охватывающих всю территорию Республики и основанных на геоморфологических и геологических данных.

4. Нами использован современный геотехнический подход к оценке оползневой опасности склонов программа Scoops 3D. На основе данных космического зондирования Земли SRTM была создана цифровая модель рельефа (DEM) территории Северной Осетии. В результате выделены наиболее опасные участки (с наименьшим значением фактора безопасности).

5. Результаты совпадают с данными картирования оползневой опасности территории РФ, но построены в более крупном масштабе. В дальнейшем будет выполнена детализация выделенных наиболее опасных участков, а также участков, которые ранее не выделялись, на основе цифровых моделей построенных методами геодезической съемки, сканирования и фотограмметрии. Это позволит разработать единый набор карт для принятия решений различного административного уровня.

### **Литература**

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / М-во Рос. Федерации по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий (МЧС России), Рос. акад. наук; под общ. ред. С.К. Шойгу. М. : Дизайн. Информ. Кар, 2005.

2. Стогний В. В., Стогний Г. А., Любимова Т. В. Геоэкологические риски территории Краснодарского края: проблема интегральной оценки степени геологических опасностей. Геология и гео-физика Юга России. 2021. 11 (1): 121 – 133. DOI: 10.46698/VNC. 2021.40.95.010.
3. Паспорт безопасности территории Республики Северная Осетия-Алания. Управление МЧС по РСО-Алания. Владикавказ, 2007.
4. Заалишвили В.Б. Опасные геологические процессы на территории Северной Осетии // В сборнике: Развитие регионов в XXI веке. Материалы II Международной научной конференции. Под общ. редакцией А. У. Огоева. 2017. С. 360-368.
5. Чотчаев Х.О., Невская Н.И., Невский Л.Н. Генетические типы экзогенных геологических процессов, характерных для горных территорий Центрального Кавказа и состояние качества подземных пресных вод // Геология и геофизика Юга России. 2016. №2. С. 97-116. DOI: 10.23671/VNC.2016.2.20811.
6. Чотчаев Х.О., Оганесян С.М., Гончаренко О.А. Опасные геологические процессы на территориях экономического освоения в горной части Республики Северная Осетия – Алания // Устойчивое развитие горных территорий. Том: 9 №: 3 (33). 2017 DOI: 10.21177/1998-4502-2017-9-3-195-210.
7. Чотчаев Х. О., Бурдзиева О. Г., Заалишвили В. Б. Влияние геодинамических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий. Геология и геофизика Юга России. 2020. 10 (4): 70 – 100. DOI: 10.46698/VNC.2020.87.26.005.
8. Чотчаев Х. О., Бурдзиева О. Г., Заалишвили В. Б. Зонирование высокогорных территорий по геоэкологическим нагрузкам, обусловленным геодинамическими и климатическими воздействиями. Геология и геофизика Юга России. 2021. 11 (1): 81 – 94. DOI: 10.46698/VNC. 2021.15.66.007.
9. Zaalishvili V.B., Chotchaev Kh.O., Melkov D.A., Burdzieva O.G., Dzeranov B.V., Kanukov A.S., Arkhireeva I.G., Gabaraev A.F., Dzobelova L.V. Geodetic, geophysical and geographical methods in landslide investigation: luar case study // В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TRACEE 2019. 2020. С. 01014.
10. Николаев А.В., Заалишвили В.Б., Гиоргобиани Т.В., Дзеранов Б.В., Мельков Д.А. Основные оползневые структуры северной осетии // В сборнике: Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. 2019. С. 749-755.
11. Добрев Н.Б., Иванов П.Г., Свалова В.Б., Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В. Опасные экзогенные процессы в горных районах Северного Кавказа и Болгарии // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2019. Т. 4. № 4 (18). С. 5-14.
12. Svalova V. B., Zaalishvili V. B., Ganapathy G. P., Nikolaev A. V., Melkov D. A. Landslide risk in mountain areas. Geology of the South of Russia. (in Russ.). 2019; 9 (2): 109-127. DOI:10.23671/VNC.2019.2.31981.
13. Svalova V.B., Zaalishvili V.B., Ganapathy G.P., Nikolaev A.V., Ginzburg A.A. Complex Environmental Monitoring in Russia and India. Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South. 2019. 9(4): 87-101. (In Russ.) DOI: 10.23671/VNC.2019.4.44491.
14. Svalova V.B., Zaalishvili V.B., Ganapathy G.P., Ivanov P.G. Engineering and technical methods for landslide risk management and reduction // Sustainable Development of Mountain Territories. 2020. Т. 12. № 1 (43). С. 162-170.
15. Shiyamalagowri G., Ganapathy P., Zaalishvili V.B., Melkov D.A. Partitioning around medoids approach application for computation of regional flood and landslide quantiles // В сборнике: E3S Web of Conferences. Key Trends in Transportation Innovation (КТТИ-2019). 2020. С. 02001.
16. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С., Габараев А.Ф., Рыжанов О.Н. Комплексный мониторинг опасных природно-техногенных процессов на территории РСО-Алания // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017. № 69-2. С. 52-58.
17. Заалишвили В.Б. Опасные геологические процессы в РСО-Алания и их мониторинг // В сборнике: Устойчивое развитие горных территорий Кавказа. Коллективная монография по материалам IX международной научно-практической конференции "Горные территории: приоритетные направления развития". 2019. С. 212-223.
18. Заалишвили В.Б., Кануков А.С. Геоинформационные системы в геофизике. практическая реализация геоинформационной системы с поддержкой моделирования последствий опасных природно-

техногенных процессов // В сборнике: Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. 2019. С. 374-383.

19. Zaalishvili V.B., Kanukov A.S., Fidarova M.I. GIS-technologies in geophysical information databases processing // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 052050.

20. Reid, M.E., Christian, S.B., and Brien, D.L., 2000, Gravitational stability of three-dimensional stratovolcano edifices: *Journal of Geophysical Research*, v. 105, no. B3, p. 6043–6056.

21. Vallance, J.W., Schilling, S.P., Devoli, G., Reid, M.E., Howell, M.M., and Brien, D.L., 2004, Lahar hazards at Casita and San Cristóbal Volcanoes, Nicaragua: U.S. Geological Survey Open-File Report 2001–468, 18 p

22. Reid, M.E., Brien, D.L., and Waythomas, C.F., 2010a, Preliminary slope-stability analysis of Augustine Volcano, in Power, J.A., Coombs, M.L., and Freymueller, J.T., eds., *The 2006 Eruption of Augustine Volcano, Alaska*: U.S. Geological Survey Professional Paper 1769, p. 321–332.

23. Reid, M.E., Keith, T.E.C., Kayen, R.E., Iverson, N.R., Iverson, R.M., and Brien, D.L., 2010b, Volcano collapse promoted by progressive strength reduction: new data from Mount St. Helens: *Bulletin of Volcanology*, v. 72, p. 761–766.

24. Brien, D.L., and Reid, M.E., 2007, Modeling 3-D slope stability of coastal bluffs using 3-D groundwater flow, southwestern Seattle, Washington: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2007–5092, 54 p.

25. Brien, D.L., and Reid, M.E., 2008, Assessing deep-seated landslide susceptibility using 3-D groundwater and slope-stability analyses, southwestern Seattle, Washington, in Baum, R.L., Godt, J.W., and Highland, L.M., eds., *Landslides and Engineering Geology of the Seattle, Washington, Area*: Geological Society of America, *Reviews in Engineering Geology*, v. XX, p. 83–101.

26. Duncan, J.M., and Wright, S.G., 2005, *Soil Strength and Slope Stability*: New York, John Wiley & Sons, 297 p.

27. Yamagami, T., and Jiang, J.-C., 1997, A search for the critical slip surface in three-dimensional slope stability analysis: *Soils and Foundations*, v. 37, no. 3, p. 1–16.

28. Fredlund, D.G., and Krahn, J., 1977, Comparison of slope stability methods of analysis: *Canadian Geotechnical Journal*, v. 14, p. 429–439.

29. Duncan, J.M., and Wright, S.G., 1980, The accuracy of equilibrium methods of slope stability analysis: *Environmental Geology*, v. 16, p. 5–17

30. Hungr, O., 1987, An extension of Bishop's simplified method of slope stability analysis to three dimensions: *Geotechnique*, v. 37, no. 1, p. 113–117

31. Ugai, K., 1988, Three-dimensional slope stability analysis by slice methods, in Swoboda, G., ed., *Numerical Methods in Geomechanics (Innsbruck 1988)*: Rotterdam, A.A. Balkema, p. 1369–1374.

32. Lam, L., and Fredlund, D.G., 1993, A general limit-equilibrium model for three-dimensional slope stability analysis: *Canadian Geotechnical Journal*, v. 30, p. 905–919.

33. Reid, M.E., S.B. Christian, D.L. Brien, and S.T. Henderson. 2015. Scoops3D-software to analyze three-dimensional slope stability throughout a digital landscape. Menlo Park: U.S. Geological Survey; Volcano Science Center.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-55-60

## РЕЗУЛЬТАТЫ НАКЛОНОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОПАСНОМ СКАЛЬНОМ МАССИВЕ НАД НАСЕЛЕННЫМ ПУНКТОМ ГУНИБ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ

*Идармачев<sup>1</sup> Ш.Г., Джамалудинов<sup>2</sup> А.М., Идармачев<sup>1</sup> И.Ш.*  
*<sup>1</sup>Институт геологии ДФИЦ РАН, <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «ДГТУ»*

Рассмотрены результаты мониторинга с помощью двухкоординатного наклонометра, установленного на потенциально опасном скальном массиве над населенным пунктом Гуниб (Северный Кавказ). Получены предварительные данные, показывающие процесс расширения трещины отрыва в результате наклона его в сторону падения. Обнаружена связь с температурным режимом атмосферы. Сделан вывод о необходимости использования инклинометров более высокой точностью измерений.

*Ключевые слова:* инклинометр, деформометр, сейсмический цикл, микроподвижки, скальный массив, обвал.

## THE RESULTS OF ACTINOMETRIC OBSERVATIONS ON A DANGEROUS ROCK MASSIF ABOVE THE SETTLEMENT OF GUNIB IN THE NORTH CAUCASUS

*Idarmachev I Sh.G., Jamaludinov 2 A.M., Idarmachev I I.SH.*  
*IInstitute of Geology of the Russian Academy of Sciences, 2FGBOU IN "DSTU"*

The results of monitoring using a two-coordinate tilt meter installed on a potentially dangerous rock massif above the settlement of Gunib (North Caucasus) are considered. Preliminary data have been obtained showing the process of expansion of the separation crack as a result of its inclination towards the fall. A connection with the temperature regime of the atmosphere was found. The conclusion is made about the need to use inclinometers with higher measurement accuracy.

*Keywords:* inclinometer, deformometer, seismic cycle, micro-movements, rock mass, collapse.

На Кавказе довольно часто происходят опасные геологические процессы, связанные оползнями, селями и обвалами. Последние годы в Гунибском районе произошло ряд крупных обвалов, которые образовались в результате отрыва крупных блоков скальных пород от основного массива. Один из них объемом 40000 м<sup>3</sup> 29 июня 2018 г. сорвался с высоты 300 м и обрушился в район хвостовой части Гунибского водохранилища. После удара массив из известняка рассыпался на мелкие части, которые достигли речной долины Кара-койсу. В Интернете есть уникальное видео его обрушения. Обвал относится гравитационным перемещениям масс горных пород на крутом склоне в результате потери его устойчивости. Причинами обвалов служат землетрясения, ослабление прочности пород при выветривании, подмыв основания крутого склона рекой, увеличение его крутизны и многое другое. В настоящее время обвалы возникают в результате деятельности человека, строительство дорог, карьерные взрывы, возведение водохранилищ на горных реках и многое другое.

Управлять обвалами гигантских размеров человек не может, да и вмешательство в естественный ход его развития представляется весьма опасным. Следовательно, для минимизации ущерба от природных катастроф, в том числе и обвальных, необходим прогноз, с максимальной точностью определяющий тип события, его место, время, интенсивность и зону поражения. Для этого используются различные геофизические методы, начиная от сейсмометрии и кончая GPS технологиями [1,2]. Такие работы получили название – экологическая геофизика. С помощью различных методов наблюдений получены данные, характеризующие неустойчивое состояние масса [3,4], например, выявлены сейсмические циклы, связанные с ее деформацией [6,7].

Некоторые авторы [8–12] считают, что циклическая деформация разрушающего массива связана с макрошероховатостью вдоль плоскости скольжения. Возникающие при этом в массиве микроподвижки снижают концентрацию напряжений на узлах препятствий, тем самым сни-

жают процесс ускорения деформации. Эти циклические деформации склонов могут быть использованы для определения времени начала обвального процесса.

Целью настоящей работы является исследование динамики неустойчивого скального массива, нависающего над населенным пунктом Гуниб, с помощью двухкоординатного наклономера. Фото массива показано на рис. 1. На трещине также был закреплен струнный датчик, который показал, что с июля 2020 г. по февраль 2021 г. трещина расширилась на 4,45 мм, при этом погрешность повторных измерений не превышала величину  $\pm 0,01$  мм. По этим данным следует, что одновременно с расширением трещины неустойчивый массив должен испытывать наклон по направлению З-В. Оценка угла наклона массива с учетом глубины его трещины составляет  $0,01^\circ$ .

**Объектом исследований** является неустойчивый скальный массив над районным центром Гуниб на Северном Кавказе с населением более 2500 человек, представляющим опасность обрушения. Опасный участок представляет из себя вертикальный блок, оторванный от основной известняковой толщи, основание которого лежит на слое из алевролитистой глины мощностью до 1 м. На поверхности ширина трещины между основным устойчивым и неустойчивым блоками составляет около 2 м. Учитывая, что прочность на сжатие и сдвиге глин ниже, чем у известняков, деформация твердой части толщи горных пород будет происходить в сторону уклона по глинистой прослойке. В результате чего вышележащем слое образуются вертикальные отрывные трещины. Проникновение дождевой воды в трещины вызывает размокание глинистого слоя, на котором лежит трещина отрыва и тем самым активизирует деформацию массива.

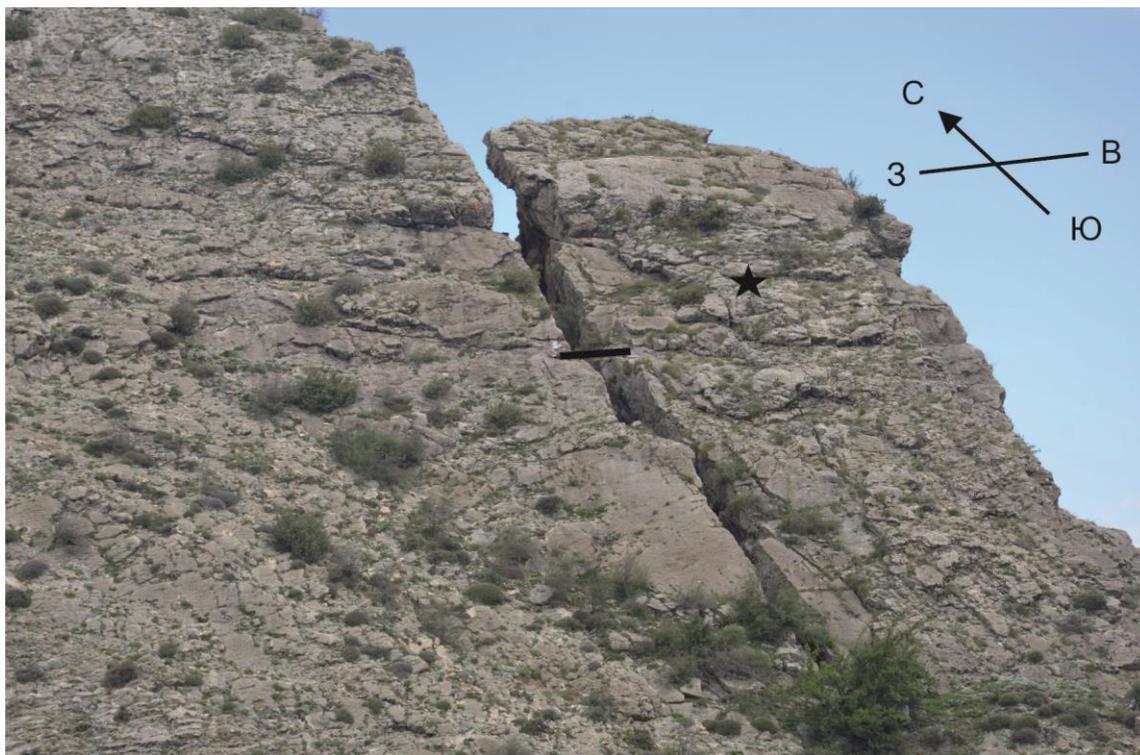


Рис. 1. Фото массива: звездой обозначено место установки наклономера, а сплошной линией на трещине - место установки струнного датчика

**Измерительная аппаратура** для наблюдений за наклоном скального массива состоит из инклинометра марки BW-VG50, воздушной линии соединения ее с ноутбуком, расположенным специально оборудованном помещении. Погрешность измерений углов –  $0,2^\circ$ ; чувствитель-

ность –  $0,02^\circ$  ; Температурный дрейф – от – 40 до  $85^\circ\text{C}$  составляет  $\pm 0,01^\circ$ . Интерфейс цифрового выхода RS323, RS485.

Инклинометр закреплен на каменной плите шурупами, а сама плита закреплена на скале цементным раствором. На рис. 1 показана ориентация инклинометра по странам света. Компонента X направлена вдоль скального массива, Север +X, Юг –X, а Y – поперек массива, т.е. в сторону предполагаемого падения массива. + Y на Запад, –Y на Восток. Измерения были начаты спустя 15 суток. Это время необходимое для отвердевания цементного раствора в летний период. Данные наклонов X, Y и температуры снимаются с экрана монитора ноутбука раз в двое суток и записываются в журнал оператором. В режиме реального времени в сутки можно записать ряд из 43200 значений.

#### Анализ результатов измерений

На рис. 2 показаны графики наклонов скального массива по осям X и Y за период 06.10.2020–28.02.2021. После 20 октября на графиках наклонов происходят синхронные

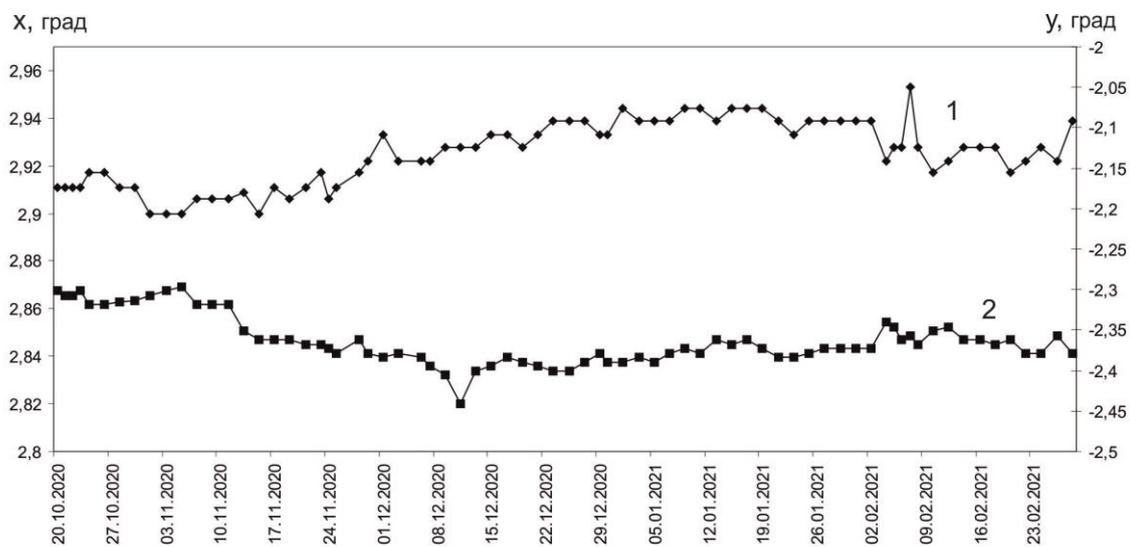


Рис. 2. Графики наклонов по X (1) и по Y (2)

изменения по форме близкой линейному тренду. Максимальные изменения наклонов в течение 2,5 месяцев составляют для X компоненты  $\Delta X=0,033^\circ$ , а Y -  $\Delta Y= -0,077^\circ$ . Несмотря на то, что эти изменения близки к погрешности прибора по абсолютной величине, но они превышают по порогу чувствительности, приведенной в паспорте прибора. Малый разброс повторных измерений наклонов позволяет сделать вывод о том, что относительные изменения могут характеризовать реальное состояние наклона скального массива. На рис. 3 приведена схема наклона массива, составленная по данным максимальных изменений наклонов. Она показывает, что массив наклонился на Северо-Восток в сторону ее предполагаемого падения, при этом результирующий вектор наклона образует с направлением Восток-Запад угол равный  $22^\circ$ .

Известный факт, что на полевые геофизические наблюдения может оказывать влияние температура атмосферы, как суточные ее перепады, так и сезонные вариации. Температура атмосферы может изменить физические параметры, как измерительной системы, так скального массива, при этом следует учитывать, что изменение температуры скалы будет происходить с некоторым отставанием от температурного датчика инклинометра. Нагрев скального массива солнечными лучами вызывает его деформацию расширения, особенно поверхностной части. Поэтому при анализе графиков необходимо учитывать возможное влияние температурных эффектов с тем, чтобы исключить ложные деформационные аномалии. Для этого измерения проводились примерно в одно и тоже время, в основном утренние часы. На рис. 4 приведены сов-

мешенные графики наклона  $Y$  компоненты и температуры наклономера. Из них видно хорошее совпадение для всего периода наблюдений. Однако скачкообразные увеличения температур атмосферы 28.11.2020, 04–05.02.2021 и 26.02.2021 связаны с тем, что измерения проводились не в утренние часы, а днем, когда температура атмосферы на солнце достигало 11–19 °С.

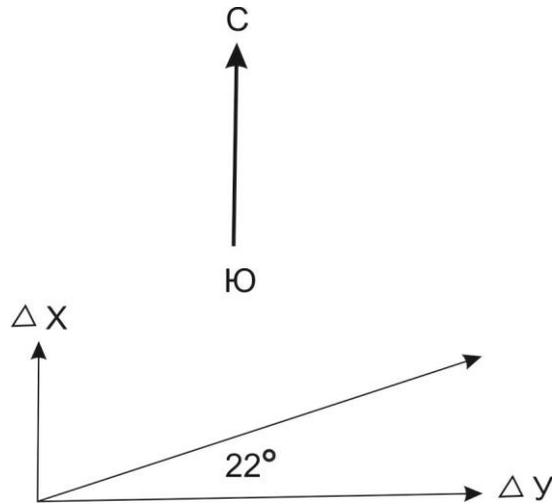


Рис. 3. Векторная схема наклона скального массива.

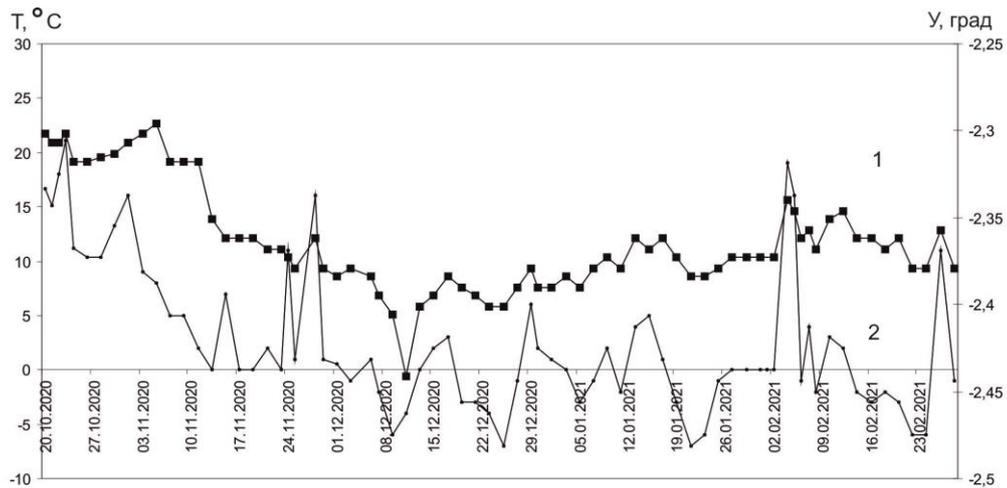


Рис. 4. Графики наклона по  $Y$  (1) и температуры атмосферы (2)

Для рядов наклонов и температуры были рассчитаны коэффициенты взаимной корреляции. Для компоненты  $X$  он составляет величину  $-0,50$ , а для  $Y$  –  $(0,74)$ . Наличие корреляции между рядами данных, имеющих сезонный ход, еще не означает существование физически обоснованной связи. Она может быть случайной. Сезонных ход геофизических данных в той или иной степени всегда присутствует. В случае температурного дрейфа прибора изменения на различных компонентах  $X$  и  $Y$  должны быть синхронными и одинаковыми по амплитуде. Однако для рассматриваемых рядов коэффициент корреляции равен  $0,64$ , а максимальные амплитуды различаются в  $2,3$  раза. Из этого следует, что вариации наклонов связаны не только с температурой атмосферы, но и реальными наклонами скалы, например, наклон в сторону его падения больше, чем в перпендикулярном направлении, что подтверждается расширением трещины, измеренное струнным датчиком. Учитывая, что температурный дрейф значений наклономера для обоих компонент должен быть одинаковым, можно сделать приближенные оценки наклона по оси  $Y$  путем вычитания из ряда  $Y$  ряд  $X$ . На рис. 5 показан график наклона

по оси У, полученный таким способом. Из него видно, что максимум наклона достигает величины  $0,158^\circ$  11.12.2020 г. На нем для сравнения с наклоном приведены данные струнного датчика. Из них видно, что аномальные изменения 9–11 декабря 2020 г. на обоих графиках совпадают. Корреляция между этими рядами данных за весь период наблюдений невысокий ( $-0,66$ ). Для периода интенсивных изменений 20.10.2020–01.12.2020 коэффициент корреляции равен  $-0,94$ , а для остального времени – ( $-0,13$ ), хотя визуально для отдельных отрезков времени наблюдается совпадение в противофазе.

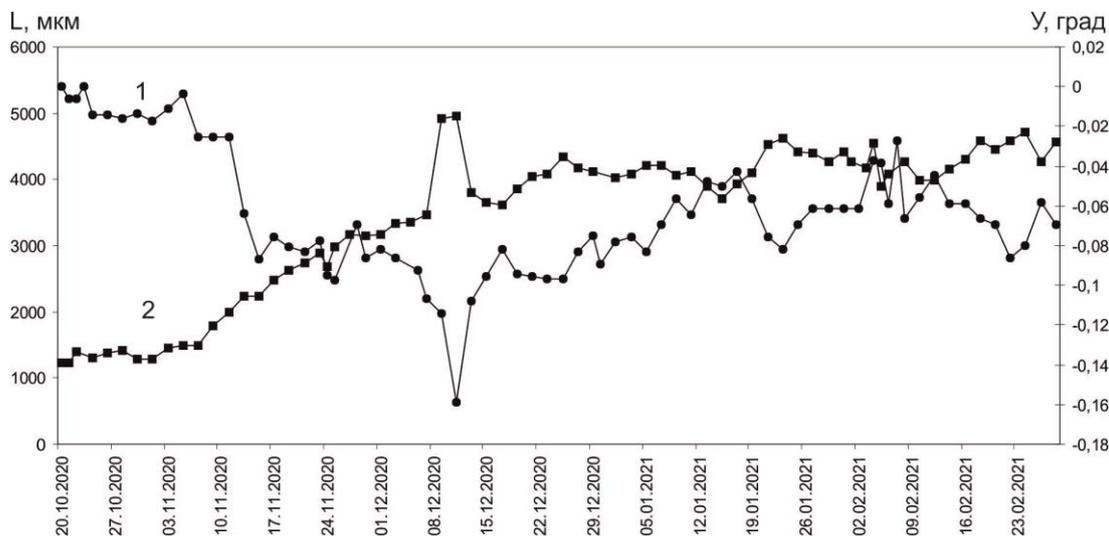


Рис. 5. Графики наклона по У (1) и струнного датчика (2)

Из сравнения рядов данных наклона У компоненты и струнного датчика можно утверждать, что скальный массив за небольшой промежуток времени, чуть больше 4 месяца, испытал наклон на угол равный  $0,069^\circ$ , в результате чего произошло расширение трещины на 4,45 мм.

### Выводы

1. Мониторинг наклонов потенциально опасного скального массива показал, что он деформируется, наклоняясь по направлению его падения. За период, чуть более 4-х месяцев, величины наклонов, зарегистрированные прибором, составили  $0,033^\circ$  (Север-Юг) и  $0,077^\circ$  (Восток-Запад). Сравнение данных с температурным режимом атмосферы показывает наличие корреляционной связи между ними. В случае температурного дрейфа прибора изменения на различных компонентах должны быть синхронными и одинаковыми по амплитуде, но для рассматриваемых рядов коэффициент корреляции равен  $0,64$ , а максимальные амплитуды различаются в 2,3 раза. Из этого следует, что вариации наклонов связаны не только с температурой атмосферы, но и реальными наклонами скалы, например, наклон в сторону его падения больше, чем в перпендикулярном направлении, что подтверждается расширением трещины, измеренное струнным датчиком.

2. Полученные данные являются предварительными, поэтому не позволяют сделать обоснованное заключение о деформации массива по следующим причинам:

а) зарегистрированные величины наклонов только в несколько раз превышают предел чувствительности измерительного прибора, поэтому необходимо использовать наклонометры с более высокой чувствительностью, например, инклинометры предприятия «Горизонт» с автоматической передачей сигнала на базовую станцию сбора данных с частотой опроса через каждые 1 или 2 часа.

б) для исключения ошибки, связанной с сезонными температурными режимами атмосферы и деформации самого массива, необходимо проведение мониторинга длительностью не менее 365 дней.

*Работа выполнена в Институте геологии ДФИЦ РАН по теме: «Изучение катастрофических геологических процессов природного и техногенного происхождения на территории Восточного Кавказа» Рег. № НИОКТР АААА-А17-117021310201-9/*

### Литература

1. Зайцев А.С., Костюков Е.А. Инженерная сейсморазведка и сейсмометрия конструкций зданий и сооружений // Инженерные изыскания. - 2012. - №11. - С. 16-19. ISSN 1997–8650/
1. Рогозин Н.А., Федотов А.С. Возможности обработки многоканальных сейсморазведочных данных // Инженерные изыскания. - 2012. - №11. - С. 29–34. ISSN 1997–8650
2. Васьков И.М., Калов Р.С., Кумукова О.А., Хаджиев М.М. Оценка физических параметров каменной части Геналдонского обвала // Тезисы Всероссийской конференции по селям, 26-28 октября 2005 г. Нальчик: ВГИ, 2005. С. 15-16.
3. Васьков И.М. Возможные признаки и критерии образования катастрофических обвалов // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах. Доклады Международной конференции. Владикавказ - Москва, 36 23-26 июня 2004 г. Владикавказ: «Олимп», 2006, с. 80-91.
4. Dietze M., Krautblatter N., Illien L., Hovius N. Seismic constraints on rock damaging related to a failing mountain peak: the Hochvogel, Allgau // Earth Surface Processes and Landforms. – 2021. – Т. 46. – No. 2. – P. 417–429. <https://doi.org/10.1002/esp.5034>
5. Allstadt K. 2013. Extracting source characteristics and dynamics of the august 2010 mount meager landslide from broadband seismograms. Journal of Geophysical Research: Earth Surface 118(3): 1472–1490. <https://doi.org/10.1002/jgrf.20110>
6. Assefa S, McCann C, Sothcott J. 2003. Velocities of compressional and shear waves in limestones. Geophysical Prospecting 51(1): 1–13. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2478.2003.00349.x>
7. Barton N. 2007. Rock quality, seismic velocity, attenuation and anisotropy. Taylor and Francis. Borri-Brunetto M, Carpinteri A, Chiaia B. 2003. The effect of scale and criticality in rock slope stability. Rock Mechanics and Rock Engineering 37:117–126. <https://doi.org/10.1007/s00603-003-0004-1>
8. Bottelin P, Lйvy C, Baillet L, Jongmans D, Guйguen P. 2013. Modal and thermal analysis of les arches unstable rock column (vercors massif, french alps). Geophysical Journal International 194: 849–858. <https://doi.org/10.1093/gji/ggt046>
9. Burjбnek J, Gischig V, Moore JR, Fдh D. 2018. Ambient vibration characterization and monitoring of a rock slope close to collapse. Geophysical Journal International 212: 297–310. <https://doi.org/10.1093/gji/ggx424>
10. Burjбnek J, Moore JR, Yugsi Molina FX, Fдh D. 2012. Instrumental evidence of normal mode rock slope vibration. Geophysical Journal International 188: 559–569.
11. Ymada M., Mori J., Matushi Y. Possible stick-slip behavior before the rausu landslide inferred from repeating seismic events // Geophysical Research Letters. - 2016. - Т. 43(17). - P. 9038–9044. <https://doi.org/10.1002/2016GLO>

УДК: 504.75

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-61-68

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Кануков А.С., Корбесова К.В.*

*Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНИЦ «Владикавказский научный центр  
Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания,  
г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi\_ras@mail.ru*

В статье рассмотрены существующие методы и подходы к оценке уровня загрязнения окружающей среды и его последствий для здоровья населения. Основными источниками загрязнения окружающей среды являются стационарные источники и транспорт. Оценить вред, наносимый окружающей среде, только по объему выбросов от различных источников является некорректным, т.к. в выбросах от стационарных источников присутствует большое количество тяжелых металлов, при этом вред от их поступлений может превышать вред от выбросов газообразных соединений, характерных для автомобильного транспорта. На основе анализ современных подходов показана необходимость разработки показателя, позволяющего сравнить два источника загрязнения, для которых характерен выброс в окружающую среду совершенно разных загрязняющих веществ.

*Ключевые слова:* экология, загрязнение, окружающая среда, здоровье населения, автомобильный транспорт, вредные выбросы.

## MODERN METHODS AND APPROACHES FOR THE ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL POLLUTION LEVEL

*Kanukov A.S., Korbesova K.V.*

*Geophysical Institute - the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre  
of the Russian Academy of Sciences, Russia, 362002, North Ossetia-Alania,  
Vladikavkaz, st. Markov, 93a, e-mail: cgi\_ras@mail.ru*

The article considers the existing methods and approaches for the assessment of the environmental pollution level and its consequences for public health. The main sources of environmental pollution are stationary sources and transport. It is incorrect to evaluate the environmental harm only by the volume of emissions from various sources, since the emissions from stationary sources contain large amount of heavy metals, while the harm from their input may exceed the harm from emissions of gaseous compounds typical for road transport. Based on the analysis of the modern approaches, it is shown the necessity of the development of an indicator that allows comparing two sources of pollution, which are characterized by the release of completely different pollutants into the environment.

*Key words:* ecology, pollution, environment, public health, road transport, hazardous emissions.

Глобальная индустриализация и техническое развитие привели к значительному ухудшению экологического состояния окружающей среды. Внедрение новых и развитие существующих технологий предполагают проведение оценки экологических рисков от их использования, кроме того оценка рисков необходима при принятии управленческих решений как на региональном, так и на государственном уровнях. В связи с этим логичным представляется разработка единой методики оценки риска, которая позволит объединить различные факторы загрязнения окружающей среды в единый показатель [1-12]. К сожалению, в настоящее время отсутствуют методики оценки риска позволяющие сравнить экологический эффект от различных источников загрязнения, например стационарных и автомобильного транспорта. В общем случае необходима разработка показателя, позволяющего сравнить два источника загрязнения, для которых характерен выброс в окружающую среду совершенно разных загрязняющих веществ.

Так, основными загрязняющими веществами характерными для автомобильного транспорта являются, оксид углерода (CO), оксиды азота NOx (в пересчете на диоксид азота), углеводо-

роды (СН), сажа, диоксид серы (S02), формальдегид, бензапирен, свинец и различные взвешенные вещества. В работе [13-15] нами проводилось исследование по выявлению основных источников загрязнения атмосферного воздуха в городе Владикавказ, согласно которому выбросы от автомобильного транспорта на порядок превосходят стационарные источники (рис. 1).

Но оценивать вред, наносимый окружающей среде, только по объему выбросов является некорректным, т.к. в выбросах от стационарных источников присутствует большое количество тяжелых металлов, при этом вред от их поступлений может превышать вред от выбросов газообразных соединений, характерных для автомобильного транспорта.

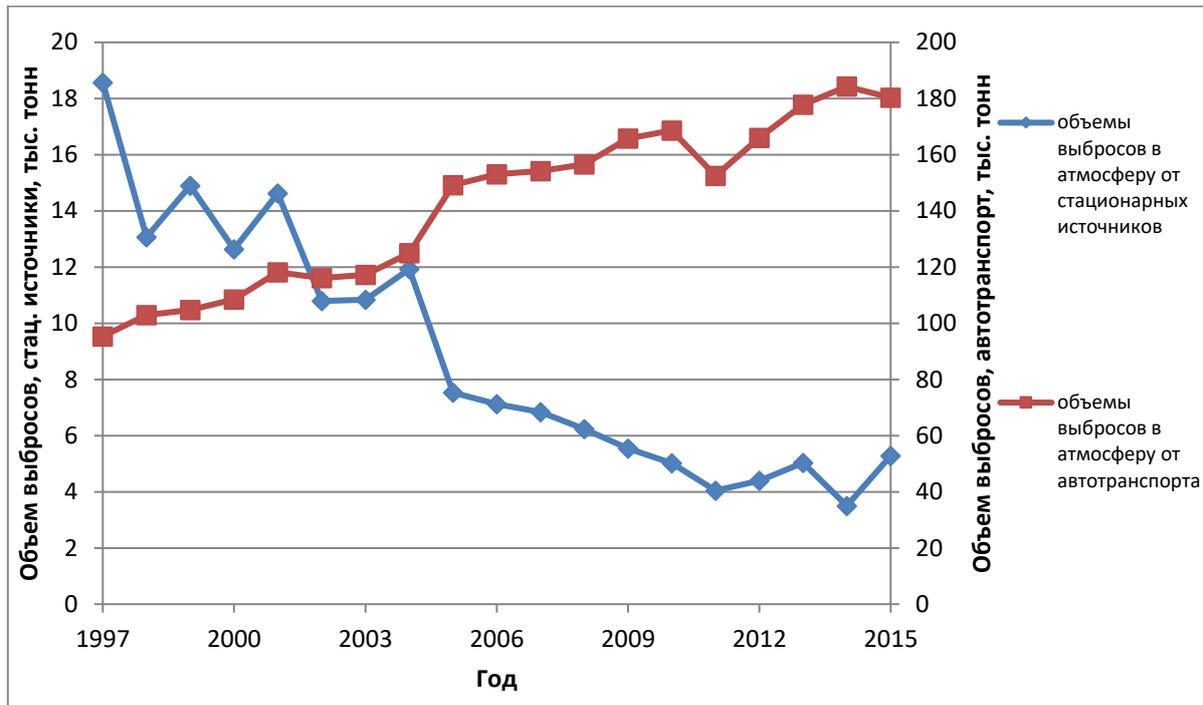


Рис. 1 – Динамика объемов выбросов от стационарных источников и автотранспорта на территории РСО-А за 1997-2015 гг.

В качестве показателя загрязнения природной среды используется показатель предельно допустимой концентрации (ПДК) [16]. ПДК представляет собой максимальную концентрацию какого-либо химического элемента, или его соединения, при которой в течение длительного влияния рассматриваемого элемента на организм человека не вызываются патологические изменения и какие-либо заболевания. Данная концентрация утверждается как норматив и рассчитывается с помощью специальных исследований, либо с помощью экспертных оценок. В качестве специальных исследований используются различные расчётные методы, на основании проводимых биологических экспериментов и наблюдений за состоянием здоровья людей, подвергающихся воздействию изучаемых химических элементов или их соединений. Получаемые значения ПДК вносятся в различные ГОСТы и иные нормативные документы [17-19].

Главным недостатком подобного подхода является рассмотрение отдельных элементов, без учёта эффекта их интегрального влияния. Так, влияние на организм человека некоторых элементов может усиливаться в случае присутствия иных загрязнителей. Ещё одним недостатком является отсутствие учёта формы, в которой загрязнитель находится в среде. К примеру, ртуть, при попадании из почвы в воздух в виде различных неорганических соединений, в условиях невысокой концентрации, может не иметь высокой опасности для человека, но, в то же время, при попадании в водную среду, форма соединения может перейти в метилированную, опасность которой может быть выше на один-два порядка [20].

В упрощенном подходе, в предположении одинаковой вредности различных элементов можно ввести некий суммарный показатель загрязнения природной среды, который может быть описан в следующем виде:

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_{C_i}}, \quad (1)$$

где  $C_i$  – фактическая концентрация  $i$ -го загрязнителя,  $\text{ПДК}_{C_i}$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязнителя,  $C$  – суммарный показатель загрязнения [21].

Подобный подход используется в расчёте суммарного показателя загрязнения почвы  $Z_c$  [22-24]. В данном случае используется понятие концентрации химического элемента, которая равна отношению фактического содержания данного элемента в почве, к его фоновому региональному:

$$K = C_i / C_{\text{ф}}, \quad (2)$$

где,  $K$  – концентрация химического элемента,  $C_i$  – содержание элемента в почве,  $C_{\text{ф}}$  – региональное фоновое содержание элемента.

Суммарный же показатель рассчитывается, как сумма концентрации химических элементов и может быть представлен в следующем виде:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{C_i} - (n-1), \quad (3)$$

где  $n$  – количество учитываемых химических элементов;  $K_{C_i}$  – коэффициенты концентрации тех загрязнителей, значение которых превышает единицу. Недостатком данного подхода можно считать то, что выделение опасных зон производится относительно фонового содержания исследуемых элементов в данном районе. При этом, для отдельных территорий, фоновое содержание может быть выше уровня ПДК, тогда, в сравнении с «чистым» регионом, мы получим заниженную оценку уровня загрязнения территории. В качестве примера можно привести случай, когда содержания различных элементов близки к фоновым значениям, в обоих случаях значение суммарного показателя загрязнения будет близко к единице, при этом реальное загрязнение может отличаться в несколько раз.

В качестве общего способа оценки экологического состояния территории может выступать показатель мультикритериальной оценки, показывающий экологическую ценность рассматриваемой территории. В данном способе может быть использован подход, применяемый в теории информации [25-30]. В этом подходе экологическая ценность будет приниматься как показатель потенциальной полезности природной среды на определенной территории, а ее непосредственное значение будет определяться как величина, обратно пропорциональная встречаемости. Пусть оцениваемой территории присущи некоторые свойства, при этом вероятность наблюдения  $i$ -го свойства  $p(i)$  определяется как:

$$p(i) = N_{ij} / N_j \quad (4)$$

где  $N_{ij}$  – количество объектов, обладающих свойством  $i$ , а  $N_j$  – общее количество объектов данного класса. В таком случае можно определить общую экологическую ценность (ЭЦ)  $n$ -ой территории как:

$$\text{ЭЦ}_n = - \sum_{i=1}^j \log p(i) \quad (5)$$

В качестве оценки антропогенного воздействия на природную среду могут вводиться экологические показатели. При этом данные показатели разделяются на две основные группы. К первой группе покомпонентных показателей относятся показатели состояния атмосферного воздуха, водной среды, почвенного покрова. В данной группе особое место занимают различные биоиндикаторы, на основании которых можно судить об экологическом состоянии территории. В качестве таких биоиндикаторов могут выступать разнообразие видов растительного и

животного мира, наличие или отсутствие определенных видов, их состояние. Также могут использоваться показатели здоровья населения, проживающего на исследуемой территории. Такие биоиндикаторы могут служить показателем влияния всех загрязняющих веществ на организм в целом, т.к. их состояние определяется интегральным воздействием всех загрязнителей, находящихся в природной среде.

Во второй группе используются суммарные показатели, полученные с помощью интеграции различных нормативов или интегральных индикаторов. В качестве примера получения суммарного показателя может быть использован следующий подход. Суммарный показатель ( $X_s$ ) может быть представлен в виде:

$$X_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i k_i \quad (6)$$

где  $n$  – число покомпонентных нормативов,  $x_i$  – относительный нормативный показатель состояния компонента;  $k_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го норматива.

Разработка подобных интегральных показателей достаточно сложная задача, к настоящему времени не имеющая решения. Одна из сложностей – определение весовых коэффициентов, которая частично может быть решена с помощью экспертных оценок.

Рассмотрим методы, основанные на показателях здоровья населения, которое проживает на исследуемой территории. Количество химических веществ, которые попадают в организм, как правило, вычисляются по формулам, в которых учитываются следующие характеристики: концентрацию вещества в той или иной среде, среднюю длительность воздействия, усредненное время воздействия, величину и периодичность контакта, а также среднее значение массы тела. В общем виде, выражение для нахождения количества поступающего химического вещества в организм человека можно представить как [31]:

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (7)$$

где,  $I$  – количество химического вещества, поступающего в организм человека на границе обмена, мг/кг массы тела в сутки;

$C$  - концентрация химического вещества; значение средней концентрации, оказывающей воздействие в течение рассматриваемого периода экспозиции (например, мг/л воды);

$CR$  - величина контакта; количество загрязненной среды, контактирующее с телом человека в единицу времени или за один случай воздействия (например, л/сутки);

$EF$  - частота воздействий, число дней/год;

$ED$  - продолжительность воздействия, количество лет;

$BW$  – средняя масса тела за период экспозиции, кг;

$AT$  - время осреднения; количество дней.

При выборе времени осреднения экспозиции руководствуются токсическими эффектами от поступления химических веществ в организм:

- Если рассматриваются вещества, поступающие в организм человека, которые имеют достаточно высокую степень воздействия, приводя к появлению различных отрицательных последствий, то имеет смысл рассматривать небольшие периоды времени (суточные или единичные воздействия);

- Если вещества не обладают канцерогенным действием, необходимо рассматривать их усредненное поступление за весь период воздействия. На основе данного значения рассчитывается, к примеру, суточное хроническое поступление.

- В случае, когда химические вещества обладают канцерогенным действием на организм, для расчётов используют отношение всей поступившей дозы к средней продолжительности

жизни. Такое поступление носит название хронического ежедневного или пожизненного среднего суточного поступления.

Также при расчётах используется понятие потенциальной дозы – количества химического вещества, поступающего в организм пероральным, воздушным или накожным путем из различных сред [32-33]. Для каждого способа поступления химического вещества устанавливаются стандартные значения для частоты и продолжительности воздействия, а также значения степени контакта.

В Руководстве [31] приведены формулы для расчёта среднесуточной дозы поступления тяжелых металлов в организм человека из почвы для различных способов. Данные значения лежат в основе оценки канцерогенных рисков и рассчитываются как отношение среднесуточной дозы к максимально допустимому значению. Так, для ингаляционного поступления используется следующая формула:

$$I = (C_a \times IR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365) \quad (8)$$

$$C_a = C_s (1/PEF + 1/EF) \quad (9)$$

где,  $I$  – среднесуточное ингаляционное поступление, мг/(кгхдень),

$C_a$  и  $C_s$  – концентрации вещества в воздухе и почве соответственно,

$IR$  – скорость поступления,

$ED$  и  $EF$  – продолжительность и частота воздействия,

$BW$  – средняя масса тела взрослого человека, принимаемая равной 70 кг.,

$AT$  – период усреднения, равный 350 дням для канцерогенов,

$PEF$  и  $EF$  – расчётные величины факторов эмиссии полевых частиц и испарения из почвы.

Для перорального поступления среднесуточная доза определяется как:

$$I = C_s \times FI \times EF \times ET \times CF_2 \times ((ED_c \times IR_c / BW_c) + (ED_a \times IR_a / BW_a)) / (AT \times 365) \quad (10)$$

где,  $I$  – среднесуточное пероральное поступление, мг/(кгхдень),  $C_s$  – концентрация вещества в почве,  $FI$  – загрязненная часть почвы, принимаемая равной единице (100%),  $EF$  – частота воздействия, равная 350 дн/г,  $ET$  – время воздействия, 1 ч/дн,  $CF_2$  – Пересчетный коэффициент – 1/24 дн/ч,  $ED_c$  и  $ED_a$  – Продолжительность воздействия в возрасте старше и младше 6 лет соответственно,  $IR_c$  и  $IR_a$  – Скорость поступления в возрасте старше и младше 6 лет соответственно,  $BW_c$  и  $BW_a$  – масса тела в возрасте старше и младше 6 лет соответственно,  $AT$  – период усреднения, равный 350 дням для канцерогенов.

Для накожной экспозиции среднесуточная доза определяется как:

$$DAD = (DA_e \times EF \times ED \times EV \times SA) / (BW \times AT \times 365) \quad (11)$$

где,  $DAD$  – среднесуточное значение накожной дозы, мг/(кгхдень),  $DA_e$  – полученная доза за одно событие, мг/см<sup>2</sup>,  $EF$  – частота воздействия, принимаемая равная 350,  $ED$  – продолжительность воздействия 30 лет,  $EV$  – количество воздействий в день,  $SA$  – среднее значение площади поверхности кожи, см<sup>2</sup>,  $BW$  – средняя масса тела взрослого человека - 70кг.,  $AT$  – период усреднения, равный 350 дням для канцерогенов.

Как видно из приведенных формул, расчёт среднесуточного ингаляционного поступления вещества может быть произведен с учётом содержания вещества, как непосредственно в атмосферном воздухе, так и с учётом попадания этого вещества из почвы в атмосферу.

### Выводы

Глобальная индустриализация и техническое развитие привели к значительному ухудшению экологического состояния окружающей среды. Основными источниками её загрязнения являются стационарные источники и транспорт.

Оценивать вред, наносимый окружающей среде, только по объему выбросов является некорректным, т.к. в выбросах от стационарных источников присутствует большое количество тяжелых металлов, при этом вред от их поступлений может превышать вред от выбросов газообразных соединений, характерных для автомобильного транспорта.

В качестве показателя загрязнения почвы используется показатель  $Z_c$ . Недостатком данного подхода к оценке уровня загрязнения можно считать то, что выделение опасных зон производится относительного фонового содержания исследуемых элементов в данном районе. При этом, для отдельных территорий, фоновое содержание может быть выше уровня ПДК, тогда, в сравнении с «чистым» регионом, мы получим заниженную оценку уровня загрязнения территории.

Для оценки канцерогенного риска для здоровья населения при воздействии загрязняющих веществ используются среднесуточные значения поступающих в организм вредных веществ пероральным, воздушным или накожным путем из различных сред.

В качестве оценки антропогенного воздействия на природную среду могут вводиться экологические показатели. Разработка подобных интегральных показателей достаточно сложная задача, к настоящему времени не имеющая решения. Одна из сложностей – определение весовых коэффициентов, которая частично может быть решена с помощью экспертных оценок.

В общем случае необходима разработка показателя, позволяющего сравнить два источника загрязнения, для которых характерен выброс в окружающую среду совершенно разных загрязняющих веществ.

### Литература

1. Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B., Beriev O.G., Kanukov A.S., Maisuradze M.V. Mining impact on environment on the North Ossetian territory // *International Journal of GEOMATE*. 2016. Т. 10. № 1. С. 1693-1697.
2. Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B., Aiskhanov S.K., Kanukov A.S., Margoshvili M.T., Yakhikhazhiev S.K. Environmental state of North Caucasus region, caused by mining activities // В сборнике: *Proceedings of the VIII Science and Technology Conference "Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geo-ecology of the North Caucasus"* (CIGGG 2018). Сер. "Advances in Engineering Research" 2019. С. 50-56.
3. Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Кануков А.С. Геоинформационная диагностика природных и антропогенно-преобразованных геосистем. создание базы данных // В книге: *Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа*. Коллективная монография по материалам VIII Всероссийской научно-технической конференции. Москва, 2018. С. 376-382.
4. Голик, В. И., Кожиев Х. Х., Бурдзиева О. Г., Масленников С. А. Геомеханические факторы взаимодействия природных и технических систем в районах освоения недр. *Геология и Геофизика Юга России*. 2019. 9 (3): 179-188. DOI: 10.23671/VNC.2019.3.36481.
5. Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Корреляционные взаимосвязи в заболеваемости онкологией в горнодобывающем регионе // В сборнике: *Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии*. Коллективная монография. Под редакцией А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили. 2019. С. 681-688.
6. Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Кануков А.С., Архиреева И.Г., Дзобелова Л.В., Корбесова К.В., Маргошвили М.Т. Заболеваемость населения урбанизированной территории в условиях неблагоприятной экологической обстановки // В сборнике: *Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа*. Коллективная монография по материалам IX Всероссийской научно-технической конференции. 2019. С. 598-603.
7. Zaalishvili V.B., Burdzieva O.G., Zaks T.V., Kanukov A.S. Investigation of ecogeophysical factors of the environment of Vladikavkaz // В сборнике: *E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019*. 2020. С. 07026.
8. Svalova V.B., Zaalishvili V.B., Ganapathy G.P., Nikolaev A.V., Ginzburg A.A. Complex Environmental Monitoring in Russia and India. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. 2019. 9(4): 87-101. DOI: 10.23671/VNC.2019.4.44491.
9. Чотчаев Х.О., Невская Н.И., Невский Л.Н. Генетические типы экзогенных геологических процессов, характерных для горных территорий Центрального Кавказа и состояние качества подземных пресных вод // *Геология и геофизика Юга России*. 2016. №2. С. 97-116. DOI: 10.23671/VNC.2016.2.20811.

10. Чотчаев Х.О., Оганесян С.М., Гончаренко О.А. Опасные геологические процессы на территориях экономического освоения в горной части Республики Северная Осетия – Алания // Устойчивое развитие горных территорий. Том: 9 №: 3 (33). 2017 DOI: 10.21177/1998-4502-2017-9-3-195-210.
11. Чотчаев Х. О., Бурдзиева О. Г., Заалишвили В. Б. Влияние геодинамических процессов на геологическое состояние высокогорных территорий. Геология и геофизика Юга России. 2020. 10 (4): 70 – 100. DOI: 10.46698/VNC.2020.87.26.005.
12. Чотчаев Х. О., Бурдзиева О. Г., Заалишвили В. Б. Зонирование высокогорных территорий по геоэкологическим нагрузкам, обусловленным геодинамическими и климатическими воздействиями. Геология и геофизика Юга России. 2021. 11 (1): 81 – 94. DOI: 10.46698/VNC. 2021.15.66.007.
13. Zaalishvili V.B., Kanukov A.S., Korbesova K.V. Pollution of urbanized territories by motor transport using the example of the republic of North Ossetia – Alania // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACSEE 2019. 2020. p. 07024.
14. Кануков А.С., Джусоева Н.Г., Корбесова К.В. Загрязнение урбанизированных территорий автомобильным транспортом на примере Республики Северная Осетия – Алания // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. Под редакцией А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили. 2019. С. 696-702.
15. Zaalishvili V.B., Bekuzarova S.A., Burdzieva O.G., Korbesova K.V. Monitoring the auto-road air and reducing its toxicity // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 052051.
16. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. // Изд-во Южного Федерального университета. 2013. 388 с.
17. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений"
18. Иванов А. В., Стриженок А. В., Супрун И. К. Вопросы оценки эффективности внедряемых пылезащитных экранов на этапе проектирования. Геология и геофизика Юга России. 2020. 10 (3): 140 – 152. DOI: 10.46698/VNC.2020.37.81.009.
19. Бекузарова С. А., Тебиева Д. И., Бекмурзов А. Д., Кебалова Л. А., Корбесова К. В. Фиторемедиация токсичности воздуха автомобильных дорог. Геология и геофизика Юга России. 2020. 10 (2): 127-135. DOI: 10.46698/VNC.2020.47.65.009.
20. Петров К. М. Общая экология: взаимодействие общества и природы // Учебное пособие для вузов. СПб: Химия, 1997. 352 с.
21. Языков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг // Учебное пособие для вузов. Томск, 2003. 336 с.
22. Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B., Beriev O.G., Kanukov A.S., Maisuradze M.V. Mining impact on environment on the North Ossetian territory // International Journal of GEOMATE. 2016. Т. 10. № 1. pp. 1693-1697.
23. Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. // Об экологических аспектах современной урбанизированной территории при сильных землетрясениях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012. № 3. С. 62-67.
24. Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Кануков А.С., Майсурадзе М.В. Влияние горнодобывающей деятельности на загрязнение окружающей среды // Геология и геофизика Юга России. 2014. № 4-2. С. 8-13.
25. Мешалкин В.П., Бутусов О.Б., Гнаук А.Г. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем // Учебное пособие. Москва: ИНФРА-М, 2010. – 357 с.
26. Рыбак В.А. Антропогенная нагрузка на окружающую среду: количественная оценка, анализ, нормирование: монография // Минск: РИВШ, 2010. – 334 с.
27. Заалишвили В.Б., Кануков А.С. Геоинформационные системы в геофизике. практическая реализация геоинформационной системы с поддержкой моделирования последствий опасных природно-техногенных процессов // В сборнике: Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. Под редакцией А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили. 2019. С. 374-383.
28. Zaks T.V., Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B. Impact of noise, gamma radiation and other geophysical factors on population health // Akustika. 2019. Т. 32. С. 206-210.

29. Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B., Kanukov A.S., Zaks T.V. Correlation analysis of the morbidity and pollution using GIS // В книге: The Second Eurasian RISK-2020 Conference and Symposium. Innovations in Minimization of Natural and Technological Risks. Minimization of the Most Prevalent Project Risks in the Oil and Gas Industry. Abstracts. 2020. С. 86-87.

30. Zaalishvili V.B., Kanukov A.S., Fidarova M.I. GIS-technologies in geophysical information databases processing // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 052050.

31. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду // М: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

32. Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B., Kanukov A.S., Zaks T.V. Correlation analysis of the morbidity and pollution using GIS // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019. Сер. "Advances in Intelligent Systems and Computing" 2021. С. 481-491.

33. Бурдзиева О.Г., Кануков А.С. Индекс канцерогенного риска территории г. Владикавказа в ГИС-технологиях - показатель уровня природно-техносферной безопасности // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии северного кавказа. Коллективная монография по материалам X Всероссийской научно-технической конференции в 2-ух частях. Грозный, 2020. С. 278-284.

УДК: 504.052; 556

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-69-74

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЖИГАНИЯ ПОПУТНОГО ГОРЮЧЕГО ГАЗА НА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

*Курбанисмаилова А.С.  
Институт геологии ДФИЦ РАН*

В статье рассматриваются проблемы нецелесообразного использования попутных газов путем сжигания на факеле, их экологические последствия и перспективы решения этой проблемы. Основные причины масштабного сжигания попутного газа в России, а также возможные пути утилизации попутных газов.

*Ключевые слова:* попутный газ, экология, Россия, выбросы.

## ENVIRONMENTAL ASPECTS OF COMBUSTION OF ASSOCIATED COMBUSTION GAS IN GEOTHERMAL WELLS

*Kurbanismailova A.S.  
Institute of Geology, DPRC RAS*

The article discusses the problems of inappropriate use of associated gases by flaring, their environmental consequences and the prospects for solving this problem. The main reasons for large-scale flaring of associated gas in Russia, as well as possible ways of utilization of associated gases.

*Key words:* associated gas, ecology, Russia, emissions.

Попутный газ считается побочным продуктом геотермальных станций и обычно сжигается на факелах. В среднем по России сжигается 20-24 % попутного газа. При сжигании попутного газа теряется значительное количество ценного сырья, а в атмосферу ежегодно попадают тонны загрязняющих веществ, ухудшая экологическую обстановку как в нефтепромысловых районах, так и в целом. Продукты сгорания попутного газа (оксиды углерода, активная сажа, окись азота, сернистый ангидрид и различные несгоревшие углеводороды) представляют собой потенциальную угрозу здоровью людей, поэтому проблема утилизации попутного нефтяного газа является актуальной, т.к. затрагивает важнейшие экологические аспекты жизни людей [1].

Не секрет, что проблема использования попутного газа в России, да и в целом мире весьма актуальна. По этому вопросу проводилось множество конференций и совещаний на различных уровнях. Обсуждалось что сжигать попутный газ, как с геотермальных, так и с нефтяных скважин не целесообразно. Вместо того что бы сжигать его на факеле попутный газ можно использовать как сырье и перерабатывать его [2]. Но есть ряд проблем решения которых являются актуальными и соответственно находят отражение в научных трудах ученых и преподавателей различных университетов.

Во всем мире идет тенденция к снижению объектов сжигания газа, а в России наоборот наблюдается их рост. Сегодня рациональное использование попутного газа рассматривается в мире как один из важнейших показателей уровня промышленного развития страны. Так же проблема имеет не менее серьезное экологическое значение, учитывая какие огромные объемы вредных веществ безостановочно выбрасывается в атмосферу.[3]В настоящее время стоит вопрос комплексного решения проблемы эффективного использования попутного геотермального газа. На *рис. 1* показаны все процессы, которые есть по группам. Внутри каждой группы есть подварианты, но в основном это все возможные технологии, которые существуют [2].

Говоря о причинах сжигания попутного газа в России, можно выделить технические, экономические и организационные [4].

*Технические причины:*

1. Большинство российских факелов не оборудовано замерными счетчиками, что не дает полного представления об объемах сжигаемого газа.

2. На многих месторождениях отсутствует необходимая производственная и технологическая инфраструктура.

3. Удаленность потенциальных рынков.

*Экономические причины:*

1. Незначительные штрафы за выбросы продуктов сгорания попутных нефтяных газов

2. Многие технические решения, разработанные для утилизации попутного газа, в настоящее время ориентированы на применение центральных систем.

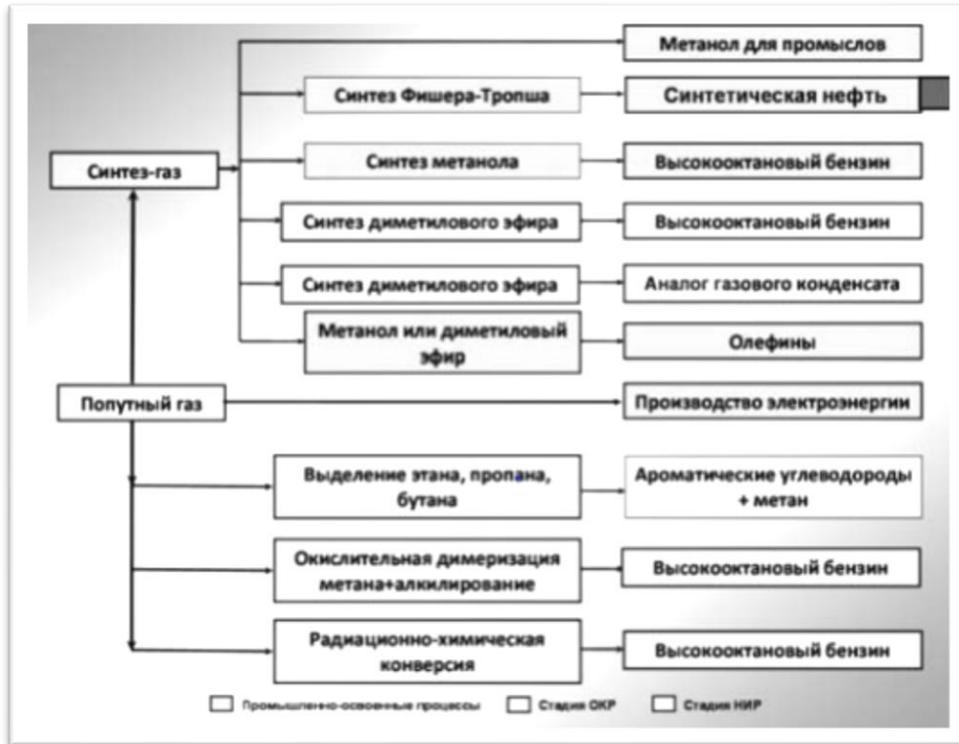


Рис. 1. Технологии переработки попутного газа.

*Организационные причины:*

1. Несовершенство законодательно-нормативной базы, вследствие чего попутный газ не рассматривается законодательством Российской Федерации в качестве объекта государственного регулирования.

2. Экономическая незаинтересованность компаний в решении проблемы утилизации и использовании попутного газа [5].

В таблице 1 представлены данные по выбросам отдельных компонентов для горизонтального факела при массовом расходе газа 860 г/с.

Такие факельные системы представляют собой установку из нескольких приборов с блоками питания, которые установлены по периметру факела, что позволяет дистанционно проводить обработку различных зон факела. По расположению факельная система может быть вертикальной (вертикальной) и горизонтальной [6].

Температура факела у основания составляет 1 580 °С. Длина факела 3-4 м, а длина горячей зоны (200 °С) - 18 м. Концентрация сажи ориентировочно составляет от 50 до 100 мг/м.

В настоящее время, чтобы понимать проблематику сжигания попутных газов на факелах, необходимо оценивать последствия такой деятельности, и в первую очередь - экологические.

При сжигании попутного газа на факелах в атмосферу попадают загрязняющие вещества в огромных количествах (тыс. тонн), среди которых более 250 опасных химических соедине-

ний, в том числе канцерогенных (бензол, сероуглерод, фосген), тяжелые металлы (ртуть, мышьяк и т.д.), оксиды азота и серы, сероводород. Основными продуктами горения попутного газа являются оксиды углерода (СО, СО<sub>2</sub>), активная сажа, диоксид серы и оксиды азота [7]. Существенные концентрации окислов азота и серы фиксируются на расстоянии 1-3 км от факела, сероводорода — 5-10 км, а окиси углерода и аммиака — до 15 км [1]. При повышенном содержании вредных веществ в атмосфере наблюдается тенденция к росту по ряду заболеваний: болезни нервной системы, органов чувств, печени, желудочно-кишечного тракта и др. Высоки показатели по болезням органов дыхания. Кроме того, действие загрязняющих веществ может проявиться не сразу и повлиять на репродуктивную функцию людей, а также стать причиной развития наследственных патологий. Из-за неэффективности российских факелов газ в них сжигается не полностью, и в атмосферу попадает метан - более активный парниковый газ, чем СО<sub>2</sub>. Объем выбросов сажи, образующейся при сжигании ПНГ, оценивается в 0,5 млн. т/г [8].

Таблица 1.

**Выбросы по отдельным компонентам для горизонтального факела.  
Массовый расход газа 860 г/с.**

Наименование компонента (химическая формула)	Количественный состав, г/с
Оксиды азота (NO <sub>x</sub> )	2,6
Оксид углерода (СО)	40
Диоксид углерода (СО <sub>2</sub> )	2 200
Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	7,9
Сероводород (H <sub>2</sub> S)	0,05
Меркаптаны (RSN)	0,002
Бенз(а)пирен (Б(а)П, C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> )	0,0001

Экологическая безопасность -защищенность жизненно важных интересов личности, общества и государства от угроз природного и техногенного характера. При чрезвычайной ситуации возникает угроза безопасности. К техногенным чрезвычайным ситуациям относятся: пожары, выбросы опасных веществ, крушения транспортных средств и разрушения сооружений, затопления и т.п. Вследствие сжигания попутного газа воздействию подвергаются все компоненты природной среды: воздух, воды, почвы и биологические системы.

Сжигание попутного газа в факелах - это прямое загрязнение атмосферы. Окисление углеводородов при сжигании ПНГ происходит с выделением тепла (1.1, 1.2):



При недостатке кислорода происходит неполное окисление и образуется оксид углерода СО - угарный газ. Серо- и азотсодержащие примеси, содержащиеся в попутных газах, сгорают с образованием оксидов серы и азота. Образующиеся в процессе горения оксиды и сажа представляют собой потенциальную опасность для здоровья людей [15].

Процессы горения оказывают воздействие на климат Земли, уменьшая содержание кислорода в атмосфере, что приводит к истощению озонового слоя, и выбрасывая огромное количество разогретых водяных паров и углекислого газа [16]. Считается, что парниковые газы - метан, углекислый газ и закиси азота, -причина глобального потепления климата на планете.

Оксид углерода (СО) или угарный газ - это токсичный газ без цвета, запаха и вкуса. Токсическое действие монооксида углерода связано со способностью связываться с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин, не способный транспортировать кислород из легких к тканям [7,8]. Признаки отравления: головная боль и головокружение; отмечается шум в ушах,

одышка, сердцебиение, мерцание перед глазами, покраснение лица, общая слабость, тошнота, иногда рвота; в тяжёлых случаях судороги, потеря сознания, кома. Предельно допустимая среднесуточная концентрация в воздухе (ПДК<sub>сс</sub>) населенных пунктах составляет 3 мг/м<sup>3</sup>.

*Диоксид углерода (CO<sub>2</sub>)* - бесцветный тяжелый газ. При низких температурах обладает кисловатым вкусом и запахом. На человеческий организм углекислый газ оказывает наркотическое и раздражающее слизистые оболочки действия. Повышенное содержание CO<sub>2</sub> в воздухе вызывает сердцебиение, угнетает дыхательный центр, способствует повышению адреналина в крови.

*Сернистые соединения.* Вредность сернистых соединений определяется по наиболее токсичным компонентам газам, которые выделяются из сернистых нефтей, природных (и попутных нефтяных) газов и конденсата. К таким компонентам относятся сероводород, диоксид серы и меркаптаны.

*Диоксид серы (SO<sub>2</sub>)* - бесцветный газ с резким запахом, губительно влияет на здоровье человека, животный и растительный мир. На человеческий организм диоксид серы оказывает общее токсическое действие, нарушает углеводный и белковый обмены, раздражает кровеносные органы, способствует образованию метгемоглобина, вызывает изменение костной ткани. Порог раздражающего действия на уровне 20 мг/м<sup>3</sup>. Токсичность SO<sub>2</sub> резко возрастает при одновременном воздействии диоксида серы и монооксида углерода.

*Сероводород (H<sub>2</sub>S)* - бесцветный газ с неприятным запахом, высокотоксичный яд. В токсикодинамике H<sub>2</sub>S заложены следующие процессы: действие на центральную нервную систему, на окислительные процессы и как яд. При добыче и переработке нефти сероводород действует в сочетании с различными углеводородами. Суммарный эффект от такого комбинированного действия смеси компонентов превосходит сумму действий этих компонентов в отдельности.

*Меркаптаны (RSH)* - высокотоксичные сероорганические соединения. Меркаптаны и сероводород составляют большую часть соединений серы в низкокипящих нефтяных фракциях. Они имеют чрезвычайно высокую коррозионную активность и являются ядами для катализаторов в процессах переработки нефти. Метил- и этилмеркаптаны содержатся в природных газах, высокомолекулярные меркаптаны — в бензиновой и керосиновой фракциях нефтей и конденсатов. Повышенное содержание меркаптанов, свободной серы и сероводорода чаще встречается в нефтях, добываемых из карбонатных отложений. Меркаптаны обладают специфическим запахом, поэтому обнаруживаются в воздухе при концентрации до 2-10 мг/м<sup>3</sup>. Используются в качестве одорантов природного газа.

*Оксиды азота (NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>)*- При горении природного газа в продуктах из соединений азота присутствуют оксид азота (NO) и диоксид азота. Оксиды азота при контакте с поверхностью легких преобразуются в азотистую (HNO<sub>2</sub>) и азотную кислоту, которые в свою очередь поражают альвеолярную ткань. Отравление оксидами азота приводит к образованию в крови нитритов и нитратов, которые воздействуют на артерии, что приводит к расширению сосудов и снижению кровяного давления [10].

*Оксид азота (NO)* - бесцветный газ, без запаха, плохо растворимый в воде. Оксид азота - кровяной яд и оказывает прямое действие на центральную нервную систему.

*Диоксид азота NO<sub>2</sub>*- красно-бурый газ с удушливым запахом. Диоксид азота воздействует на дыхательные ткани, разрушает их и препятствует правильной работе легких [7].

*Бенз(а)пирен*- наиболее распространенный в окружающей среде из канцерогенных полиароматических углеводородов [7]. *Бенз(а)пирен* может поступать в организм через кожу, органы дыхания, пищеварительный тракт и трансплацентарным путем [11].

Появление в атмосфере оксидов серы и азота приводит к образованию кислотных осадков (дождей, туманов, снега). Основными составляющими кислотных осадков являются слабые растворы азотистой, азотной и серной кислот. Вследствие переноса оксидов серы и азота воздушными массами кислотные осадки могут выпадать на больших расстояниях от источников выбросов.

### Заключение

Вследствие наличия недостатков обозначенных методов утилизации попутного газа и проблем, возникающих при их реализации на тех или иных месторождениях, становится ясной актуальность проблемы переработки попутного газа [9].

Следует помнить, что попутный газ является ценным химическим сырьем и высокоэффективным органическим топливом, поэтому возможно два направления использования попутного газа: энергетическое и нефтехимическое [12].

В настоящее время все действия в отношении попутного газа главным образом регулируются Федеральным законом 31.03.1999 № 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации», но юридически попутного газа не рассматривается в качестве отдельного полезного ископаемого [13].

Однако, несмотря на то, что законопроект «Об использовании попутного газа и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» находится на рассмотрении, в сфере регулирования уровня полезного использования ПНГ действует Постановление Правительства РФ от 8 января 2009 г. №7 «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного газа на факельных установках».

Работа выполнена в Институте геологии ДФИЦ РАН по теме: «Эколого-геохимические особенности подземных вод Северо-Восточного Кавказа (Дагестан). Природные и антропогенные факторы загрязнения» Рег. № НИОКТР АААА-А17-117021310203-3.

### Литература

1. Агаев Ф.Г., Асадов Х.Г. О возможности создания эффективности централизованной системы контроля сжигания попутного газа при морской нефтедобыче платформенным способом // Контроль. Диагностика. 2008. № 11. С.61-69.
2. Асадов Х.Г., Ибрагимов З.С. О точности глобального спутникового контроля объёмов массового сжигания попутного газа в нефтяной промышленности // Авиакосмическое приборостроение. 2009. №2. С.28-32.
3. Гайдук И. Попутный газ пока не попутчик: Сжигание попутного газа грозит обернуться катастрофой // Рынок ценных бумаг. 2000. №15. С.32-35.
4. Книжников, А.Ю. Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России: ежегодный обзор проблемы в рамках проекта «Экология и Энергетика. Международный контекст» / А.Ю. Книжников, Н.Н. Пусенкова. - М.: ИМЭМО РАН, 2009. - 28 с.
5. *Вержичинская, СВ.* Химия и технология нефти и газа / СВ. Вержичинская, Н.Г. Дигуров, СА. Сеницин - М.: ИД «ФОРУМ», 2009. - 400 с.
6. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология / В.Н. Бакулин, Е.М. Брещенко, Н.Ф. Дубовкин, О.Н. Фаворский. -М.: Издательский дом МЭИ, 2009. - 614 с.
7. *Рябов, В.Д.* Химия нефти и газа / В.Д.Рябов. - М.: ИД «ФОРУМ», 2009. -336 с.
8. *Тетельмин, В.В.* Энергия нефти и газа / В.В. Тетельмин, В.А. Язев. -Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2009. - 352 с.
9. Как потушить факелы на российских нефтепромыслах: институциональный анализ условий комплексного использования углеводородов (на примере попутного нефтяного газа). / В.А. Крюков, В.Ю. Силкин, А.Н. Токарев, В.В. Шмат - Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2008. - 337 с.
10. *Гриценко, А.И.* Экология: нефть и газ / А.И. Гриценко, В.М. Максимов, Р.О. Самсонов, Г.С. Аكوпова. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2009. - 680 с.
11. *Тетельмин В.В.* Геоэкология углеводородов / В.В. Тетельмин, В.А. Язев. -Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2009. - 304 с.
12. *Тетельмин, В.В.* Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе / В.В. Тетельмин, В.А. Язев. - Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2011. - 352 с.
13. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С., Селимов А.М. Методика извлечения попутных горючих газов из геотермальных вод с защитой оборудования от карбонатных отложений // Возобновляемая

энергетика: проблемы и перспективы: материалы VI Международной конференции. - Махачкала, 2020.- Вып. 8. С. 470-475.

14. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. О проблемах использования термоминеральных вод при утилизации попутных горючих газов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН.- 2020.- № 1 (80). С.- 109-115.

15. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. Эксплуатация энергетического оборудования при утилизации попутных с геотермальной водой горючих газов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017. Т. 44. № 3. С. 48-60.

16. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С., Курбанова Л.М. Об использовании и проблемах эксплуатации геотермальных систем в Республике Дагестан // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 2 (81). С. 93-98.

УДК: 553.611; 666.974.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-75-82

## ПОЛИСИЛИКАТ НАТРИЕВЫЕ КОМПОЗИЦИИ ИЗ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

*Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б.  
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Дается подробный анализ разведанных месторождений, запасов, видов, химических составов и других характеристик карбонатных пород, а также использование их при производстве строительных материалов. Отмечается, что карбонатные породы в основном применяются в обожженном и полуобожженном виде для производства цементов, извести, огнеупорных и автоклавных материалов, а в последнее время в необоженном виде – в качестве тонкомолотых добавок при производстве некоторых строительных материалов. Приводятся результаты физико-химических процессов происходящих при нагревании и проявление вяжущих свойств карбонатными породами в определенных технологических режимах и условиях твердения при изготовлении строительных материалов за счет образования гидросиликатов кальция и магния. Это объясняется возможностью: во-первых наличием в тонкоизмельченном вяжущем свободных оксидов кальция и магния, образовавшихся в результате частичной декарбонизации в условиях термомеханического воздействия при совместном их помоле в шаровой мельнице; во-вторых разложением доломита при автоклавной обработке под действием паров воды. Доказательством которого является высокие прочностные показатели образцов из доломитового полисиликатнатриевого вяжущего, чем у образцов вяжущих изготовленных на других видах карбонатных пород.

*Ключевые слова:* карбонатные породы, гидросиликат кальция и магния, доломиты, известняк, мел.

## POLYSILICATE SODIUM COMPOSITIONS FROM CARBONATE ROCKS

*Toturbiev B.D., Mamaev S.A., Toturbiev A.B.  
Institute of Geology, DPRC RAS*

A detailed analysis of explored deposits, reserves, species, chemical compositions and other characteristics of carbonate rocks is given, as well as their use in the production of building materials. It is noted that carbonate rocks are mainly used in fired and semi-fired form for the production of cements, lime, refractory and autoclave materials, and recently, unbaked, as finely ground additives in the production of some building materials. The results of the physicochemical processes occurring during heating and the manifestation of the binding properties of carbonate rocks in certain technological modes and conditions of hardening in the manufacture of building materials due to the formation of calcium and magnesium hydrosilicates are presented. This is explained by the possibility: firstly, by the presence of free calcium and magnesium oxides in the finely ground binder, formed as a result of partial decarbonization under conditions of thermomechanical action during their joint grinding in a ball mill; secondly, by the decomposition of dolomite during autoclave treatment under the action of water vapor. The proof of which is the high strength characteristics of samples made of dolomite polysilicate binder than in samples of binders made on other types of carbonate rocks.

*Key words:* carbonate rocks, calcium and magnesium hydrosilicate, dolomites, limestone, chalk.

Карбонатные породы в основном применяются в обожженном и полуобожженном виде. Их используют в производстве цементов, извести, огнеупорных и автоклавных материалов, а в последнее время в необоженном виде – в качестве тонкомолотых добавок при производстве некоторых строительных материалов [1-3].

Использование природных необоженных карбонатных пород, особенно, магниезиальных, при производстве строительных материалов имеет большое значение, так как, по данным геологической разведки более 60 % всех разведанных запасов этих пород содержит в своем составе магнезит. Кроме того, известно, что значительная часть стоимости известняково-песчаных изделий падает на долю извести, точнее, на обжиг известняков. Поэтому, применение карбонатных пород в необоженном виде, несомненно, даст большой экономический эффект.

Наличие богатейших запасов карбонатных пород в нашей стране послужило надежной основой для получения и производства огнеупорных, теплоизоляционных и других строительных материалов. Сырьем для таких материалов в основном служат магнезиты, известняки, до-

ломиты, мел и другие материалы, которые используются как в сыром виде, так и предварительно обработанные (обоженные, плавленые с добавками и т. д.).

Доломиты относятся к одним из самых распространенных карбонатных пород. Минерал доломит почти нацело состоит из двойной углекислой соли кальция и магния, отвечающей формуле  $\text{CaCO}_3 \text{MgCO}_3$ . Теоретический химический состав доломита: 30,4 %  $\text{CaCO}_3$ , 21,7 %  $\text{MgO}$ , 49,7 %  $\text{CO}_2$ , или 54,3 %  $\text{CaCO}_3$  и 45,7 %  $\text{MgCO}_3$ , массовое соотношение  $\text{CaO/MgO} = 1,39$ .

Доломиты весьма распространены в природе, они залегают целыми массивами или переслаиваются с известняковыми и магнезитовыми породами. В таких случаях наблюдаются постепенные переходы от чистых доломитов через доломитизированные известняки к чистым известнякам или от разной степени доломитизированных магнезитов к чистым магнезитам [1].

В доломитах содержатся примеси кварцита, глинистых веществ, кальцита, магнезита, гипса, целестина, оксиды железа, рудных минералов, анкерита, родохрозита и органических веществ.

В зависимости от некоторых примесей доломиты имеют различную окраску. Серый цвет вызывается присутствием органического вещества, желтый и бурый – оксидами железа.

Пригодность доломитов для промышленных целей определяется их химическим и минералогическим составом, структурными особенностями, распределением примесей и т. д.

По структуре, согласно классификации Г.В.Куколева [4], металлургические доломиты делятся на три группы: 1) мелкокристаллические (М) с зернами менее 0,1 мм; 2) средне кристаллические (С) с размерами зерен от 0,1 до 0,25 мм; 3) крупнокристаллические (К) – зерна более 0,25 мм.

При обжиге в интервале температур 700-900°C доломит диссоциирует на углекислоту и смесь оксидов кальция и магния, которая известна под наименованием каустического доломита и применяется в качестве вяжущего вещества. В огнеупорных материалах используется как необоженный, так и обоженный доломит. При высокотемпературном обжиге доломита оксид магния превращается в периклаз, а оксид кальция в кристаллическую  $\text{CaO}$ . Температура спекания доломита зависит от содержания в ней примесей:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Наиболее трудно спекаются чистые доломиты. Примеси  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и другие образуют при обжиге доломита в результате реакций со свободной  $\text{CaO}$  силикаты, алюминаты и ферриты кальция, которые хотя и понижают огнеупорность обоженного доломита, но в то же время играют положительную роль как стабилизаторы, предотвращающие его гидратацию, разрыхление и потерю им механической прочности.

Наибольшее значение по запасам доломита имеют Донецкий бассейн, Урал и Западная Сибирь. Крупнейшие залежи чистых доломитов имеются среди карбонатных толщ Саткинского района на Урале, в Западной Сибири, в Криворожском бассейне и в Архангельской области.

Несмотря на значительное число выявленных разведанных залежей доломитов промышленностью освоены лишь 14 месторождений, бассейновые запасы по которым составляют 28 % общесоюзных.

Практическое значение приобрели доломитовые месторождения в Подмосковном и Кузнецком бассейнах, в Приуралье и на Урале, на Кавказе, Ленинградской и Архангельской областях, и в некоторых районах Сибири и Дальнего Востока, где размещены металлургические предприятия страны.

Известняки и мел главным образом применяются в производстве строительных материалов. Основным породообразующим минералом карбонатов кальция является кальцит, его формула  $\text{CaCO}_3$ . Цвет кальцита белый или бесцветный, механические примеси изменяют цвет от серого до голубого. Плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>, твердость – 3. Характерным для кальцита является быстрое растворение с бурным вскипанием в десятипроцентном растворе соляной кислоты. Химический состав некоторых отечественных месторождений известняков и мела приведен в табл. 1 [2].

Общеизвестно, что вяжущие свойства карбонатным породам придают путем их высокотемпературного обжига. Однако отмечается проявление вяжущих свойств карбонатными породами в определенных технологических режимах и условиях твердения при изготовлении строительных материалов.

Так, в работе Вейера сообщаются результаты изучения реакции между карбонатом кальция и кремнеземом. Показано, что в закрытой системе их взаимодействие может быть описано уравнением

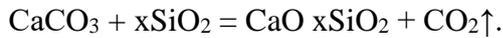


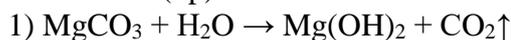
Таблица 1

**Химический состав известняков и мела отечественных месторождений**

Месторождение	Содержание, %				
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
<b>Известняки</b>					
Шуровское	1,22	0,31	0,09	54,56	0,6
Алферовское	4,5	1,6		58,3-52,4	1,26
Воскресенское	0,5-19,5	0,6-1,83	0,09-0,23	21,1-54,3	1,39-3,2
Южно-Топарское	0,78	Следы- 2,8	0,021	54,43	Следы- 1,25
Сухореченское	0,7	0,17	0,2	55	0,65
Невьянское	Следы-2	Следы- 2,2	0,03-0,5	51,88-55,8	0,06-1,5
<b>Мел</b>					
Славянское	0,9-3,5	-	0,08-0,2	53,3-54,9	0,04-0,5
Ямское	0,61-1,71	-	0,08-0,1	54,4-55,7	0,24-0,5
Волчанское	0,4-1,5	0,63-1,43	0,05-0,19	54,2-55,1	0,36-0,7
Вольское	1,9-5,19	0,34-1,12	0,03-0,4	52,3-54,3	0,09-0,1
Новоселки	0,1-1,59	0,01-0,86	0,06-0,1	54,3-56,5	0,06-0,5
Ищолна	1,1-2,16	0,01-0,45	0,06-0,2	54,5-55,5	0,28-0,5
Белгородское	1,01-11,3	0,2-1,16	0,06-0,3	47-54,1	0,08-0,8

Образование силикатов кальция из тонкоизмельченной смеси карбоната кальция и осажденного кремнезема исследовали Тремель и Хильд. Такую же реакцию, протекавшую с выделением CO<sub>2</sub> из карбонатов, наблюдали Тамман и Эльсен. Однако все упомянутые процессы происходят при температурах выше 600°С. При автоклавировании же температура достигает 170-200°С при давлении 1-2,5 МПа. Но и в этих условиях смеси, содержащие кремнезем и карбонатные породы, могут быть активны и их компоненты могут взаимодействовать друг с другом. Отметим, что при повышенных температурах и давлении по данным Мори увеличивается растворимость карбонатных пород – магнезита и доломита в воде, причем эти соединения разлагаются:

(t.p)



(t.p)



В результате исследований взаимодействия карбоната магния с кремнеземом в процессе гидротермальной обработки установлено, что кремниевая кислота вытесняет углекислоту из магнезита

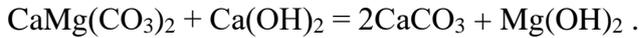


образуя гидросиликаты магния такого же типа, как и при непосредственном взаимодействии кремнезема с Mg(OH)<sub>2</sub>. Эти исследователи утверждают, что аналогичным образом ведет себя и доломит, но с той лишь разницей, что реакция затрагивает его магнезиальную часть, а

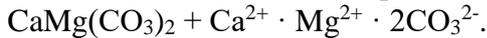
входящий в состав доломита  $\text{CaCO}_3$  остается неизменным, так как магнезит обладает меньшей стабильностью в условиях избыточного давления водяного пара и более высокой растворимостью, чем доломит (и тем более кальцит). В результате взаимодействия доломита с кремнекислотой в автоклавных условиях наблюдается образование гидросиликата магния состава  $1,16 \text{MgOSiO}_2 - 0,9 \text{H}_2\text{O}$  по схеме:



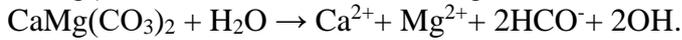
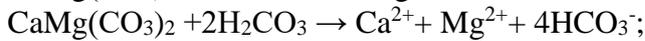
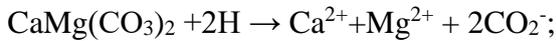
При запаривании смесей доломита с известью, согласно результатам, приведенным в работе, идет обменная реакция:



Определенный интерес представляет работа Бузенберга и Пламмера, посвященная исследованию кинетики растворения доломита  $\text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$  при температурах от 1,5 до 65°C и давлении  $P_{\text{CO}_2}$  от 0 до 0,1 МПа. Растворение доломита можно представить в виде



Кроме того, в зависимости от присутствия  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  эту реакцию можно записать в виде



Однако эти уравнения отражают только чистую стехиометрию растворения доломита. Авторами установлено, что компоненты доломита  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$  растворяются с различными скоростями на разных стадиях. На первоначальной стадии растворения доломит высвобождает больше  $\text{Ca}^+$ , что свидетельствует о том, что поверхность доломита обогащает магнием, тогда как компонент  $\text{CaCO}_3$  быстрее переходит в раствор. Принимая это во внимание, уравнения (7) – (9) можно переписать в виде следующих параллельных реакций:

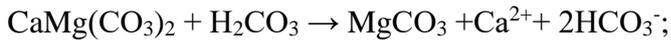
$K_1$



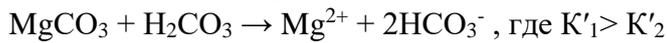
$K_2$



$K'_1$



$K'_2$



$K''_1$



$K''_2$



На второй, более длительной стадии оба компонента доломита высвобождались в стехиометрической пропорции.

Данные, полученные в работе Бузенберга и Пламмера, свидетельствуют о том, что при растворении образцов с маленькой площадью поверхности и в течение длительного времени наблюдается процесс, соответствующий стехиометрии вещества. При растворении же образцов с большей площадью поверхности растворение в короткий промежуток времени протекает неконгруэнтно, т. е. в раствор быстрее переходит компонент  $\text{CaCO}_3$ , чем  $\text{MgCO}_3$ , и поверхность образца обогащается магниевой составляющей.

Поскольку такие результаты были получены при температурах выше комнатной (до 65°C), в присутствии и в отсутствии  $\text{CO}_2$ , можно предполагать аналогичное течение процесса растворения доломита и при более высоких температурах.

Ранее проведенными исследованиями установлено [5], что наиболее эффективным видом карбонатного минерального составляющего для изготовления силикатнатриевого композиционного вяжущего и материалов на его основе являются доломиты.

Кроме того, возможность получения полисиликатнатриевых композиций на основе карбонатных пород и полисиликатов натрия основывалась исходя из положительных результатов других исследований [6-8].

Таким образом, опираясь на результаты ранее проведенных исследований [5-8], мы предположили, что твердение полисиликатнатриевых композиций, возможно, происходит не только за счет упрочнения контактов между тонкодисперсными частицами, но и за счет химического взаимодействия высокоактивных нанодисперсных частиц полисиликатов натрия с оксидами кальция и магнезита, образования которых возможна на поверхности тонкодисперсных частиц при их помоле.

Мы также предположили, что совместный, тонкий помол карбонатных пород и безводного силиката натрия позволит получить сухую гомогенную композицию и при введении в него кремнезоль в соответствующих вышеприведенных условиях возможность образования полисиликатов натрия. Твердение полисиликатов натрия будет происходить при сушке, как за счет упрочнения контактов между тонкодисперсными частицами, так и за счет химического взаимодействия между силикатами натрия и оксидами кальция и магнезита, возможность образования, которых можно ожидать на поверхности тонкодисперсных частиц карбонатных пород при их помоле.

Возможность такого химического взаимодействия обосновывалось высокой химической активностью нанодисперсных частиц полисиликатов натрия, особенно, по отношению к  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  и некоторым другим веществам, при соответствующей тепловой обработке с получением водонерастворимых новообразований и, следовательно, водостойких композиционных материалов.

В данной работе использовался доломит кусковой необожженный по ТУ 21-01-474-71 Боснийского месторождения светло-серого цвета, средней плотностью  $2,85 \text{ г/см}^3$ . Твердость по шкале Мооса составляет 3,5. После измельчения в шаровой мельнице удельная поверхность доломита по ПСХ-2 составляла  $2500-3000 \text{ см}^2/\text{г}$ .

Как уже отмечалось, мел и известняки главным образом применяются в производстве строительных материалов в обожженном виде. Основным породообразующим минералом карбонатов является кальцит-  $\text{CaCO}_3$ . Цвет кальцита белый или бесцветный, механические примеси изменяют цвет от серого до голубого. Плотность  $2,7 \text{ г/см}^3$ , твердость – 3. Характерным для кальцита является быстрое растворение с бурным вскипанием в 10% растворе соляной кислоты. Химический состав карбонатов используемых нами в экспериментальных исследованиях следующей, %: мел-  $\text{CaO}-54,9$ ;  $\text{MgO}-0,53$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 -0,86$ ; прочие примеси 43,71. Известняк-  $\text{SiO}_2-0,72$ ;  $\text{CaO}-54,95$ ;  $\text{MgO}-0,7$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 -0,4$ ; прочие примеси- 43,23.

Для исследования влияния вида карбонатной породы и его количественного соотношения, в вяжущем на его физико-механические свойства изготавливали образцы-кубы из различных составов с размером ребра 7,07 см. Уплотнение смеси производили вибрированием на виброплощадке при частоте 3000 кол/мин и амплитуде – 0,35 мм в течение 45 с. При этом использовали смеси с В/В – 0,19. Твердение образцов осуществлялось при сушке и автоклавной обработке по режиму: подъем давления до 1 МПа – 2 ч, изобарическая выдержка – 4 ч, спуск давления – 2 ч. Сушка образцов производилась при температуре 90-200 °С.

Поскольку автоклавная обработка вяжущего обеспечивает нормальное твердение образцов и их высокие прочностные характеристики (рис.1, а-в) было высказано предположение о решающем влиянии повышенной температуры и каталитического действия водяного пара на твердение. Поэтому процесс исследовали также в режиме сушки, при котором соблюдали условия, позволяющие осуществлять интенсивную паровлажностную обработку материала.

Для этого образцы сушили при температуре 90-200 °С по специально разработанному режиму: 4ч – самозапаривание при 90-110 °С, 2 ч – сушка при 200 °С. Образцы, твердевшие по этому режиму, показали высокие прочности (см. рис.1, а) и мало уступали образцам, подвергнутым автоклавному твердению.

Еще одно доказательство возможности разложения доломита при автоклавной обработке под действием паров воды – расхождение в характере изменения прочностных характеристик образцов из доломитосиликатного вяжущего, в котором в качестве карбонатной породы использовали мел или известняк. После автоклавной обработки прочность образцов доломитосиликатного вяжущего увеличивается, очевидно, за счет участия в процессе твердения соединений магния, тогда как у образцов на известняке и меле прочность намного ниже (см. рис. 1, б, в).

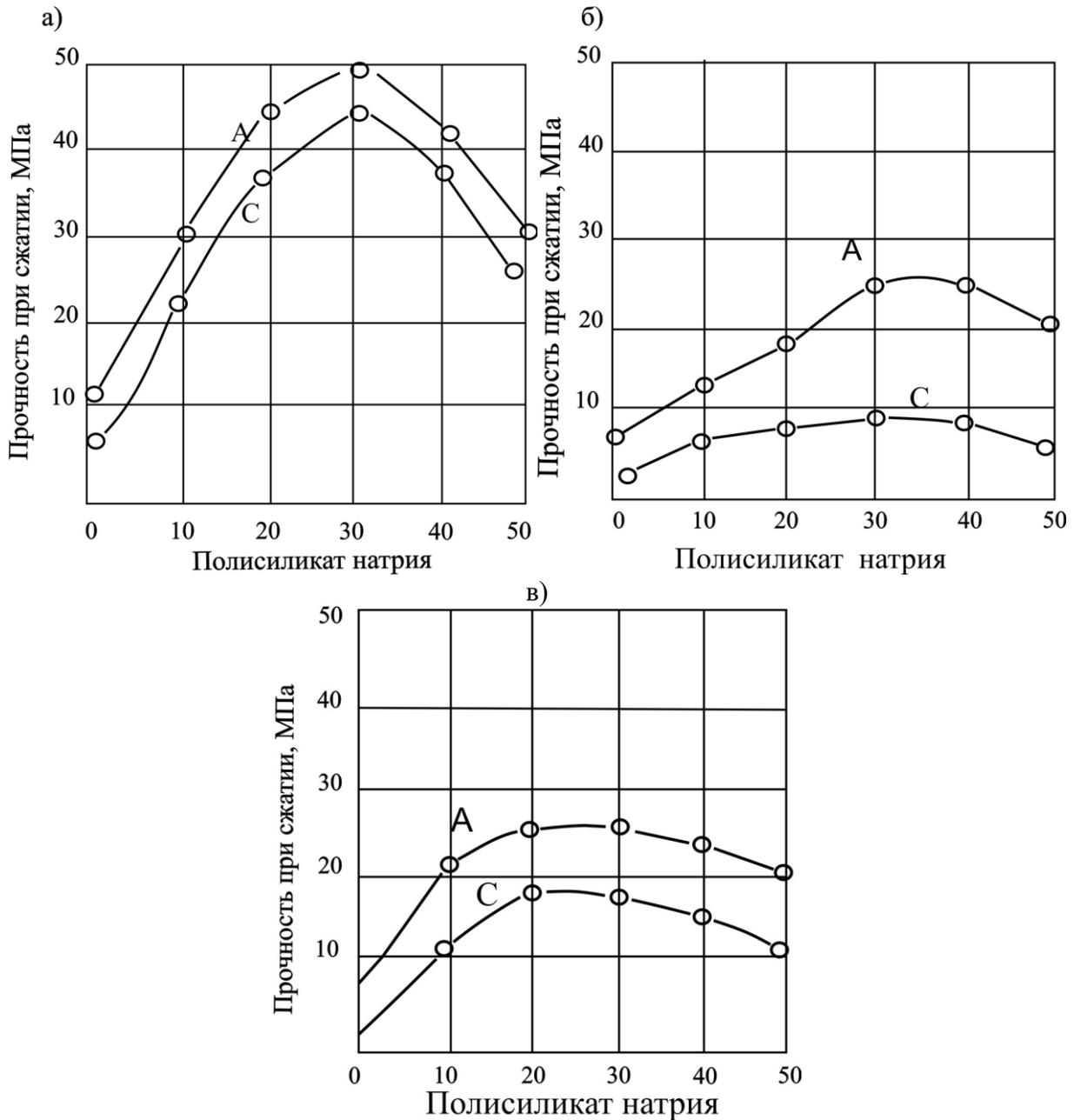
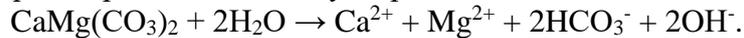


Рис.1. Зависимость прочности образцов из карбонат-полисиликатнатриевого вяжущего от природы карбоната: а - доломит; б - мел; в - известняк; А – автоклав; С – сушка.

Исходя из известных литературных данных и полученных экспериментальных данных, можно высказать некоторые предположения о физико-химических процессах, протекающих при автоклавной обработке доломит-полисиликатнатриевого вяжущего. При нагревании ускоряется гидратация тонкоизмельченной силикат-глыбы и ее растворение в небольшом количестве кремнезоля тем самым происходит образование полисиликатов натрия.

Можно предположить, что в условиях гидротермальной обработки ( $T = 170-200^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 1$  МПа) доломит также не остается инертным, и с ним могут происходить некоторые превращения. В этих условиях растворение доломита ускоряется:



Это уравнение аналогично уравнению (2), только учитывает и переход  $\text{CaCO}_3$  в раствор в виде  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Принимая во внимание, что компонент  $\text{CaCO}_3$  быстрее переходит в раствор в первоначальной стадии, чем магниевый компонент, можем полагать, что образующаяся соль кальция в растворе способна реагировать в автоклаве с кремниевой кислотой с образованием гидросиликатов кальция, наличие которых подтверждается данными рентгенофазового анализа:



В присутствии же щелочи, связывающей часть углекислоты в соду, этот процесс можно представить следующим образом:

t. p

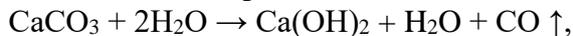


t. p



Первая реакция аналогична уравнению (4), где в качестве щелочи взят гидроксид кальция. Реакция же образования гидросиликатов кальция обязательно предполагает гидролиз карбонатов кальция

t. p



в результате которого появляется  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , образующий с гелем кремнекислоты гидросиликаты. Возникающий же в результате распада доломита под действием температуры и давления и каталитического действия пара гидроксид магния –  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  может частично карбонизоваться, образуя  $\text{MgCO}_3$ , и затем давать с ним комплексное соединение типа гидромагнезита.

Таким образом, возможность образования гидросиликатов кальция можно объяснить наличием в тонкоизмельченном вяжущем свободных оксидов кальция и магния, образовавшихся в результате частичной декарбонизации в условиях термомеханического воздействия при совместном их помоле в шаровой мельнице.

О возможности такого процесса: указывалось в ряде работ [1-5]. Присутствие хотя бы незначительных количества свободных оксидов кальция и магния может обуславливать образование гидросиликатов кальция и гидроксида магния, как в процессе автоклавной обработки, так и в менее жестких условиях.

Еще одно доказательство возможности разложения доломита при помоле и автоклавной обработке под действием паров воды – расхождение в характере изменения прочностных характеристик образцов из вяжущего, в котором в качестве карбонатной породы использовали мел или известняк. Прочностные показатели образцов из доломитового полисиликатнатриевого вяжущего, высокие чем у образцов вяжущих изготовленных из других карбонатных пород очевидно, за счет участия в процессе твердения соединений магния.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственных заданий ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР АААА-А19-119122690018-8. и АААА-А17-117021310202-6.

### Литература

1. Бутт Ю.М., Дудеров Г.Н., Матвеев М.А. Общая технология силикатов. - М.: Стройиздат, 1976. - 600 с.
2. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. Под редакцией В.В. Тимашева. - М.: Высшая школа, 1980. - 472 с.
3. Виноградова Б.Н. Сырье для производства автоклавных силикатных бетонов. - М.: Стройиздат, 1966. - 480 с.
4. Куколев Г.В. Химия кремния и физическая химия силикатов.-М.: Высшая школа, 1966. - 463 с.
5. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на силикат-натриевых композициях. / М.: Стройиздат. 1988 М.: 208 с.
6. Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б. Наноструктурированные композиционные материалы из нерудного сырья мезозойско-кайнозойских осадочных толщ // Коллективная монография. Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том X. Часть 1, Грозный 2020. С 268-276.
7. Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б. Комплексное использование ресурсов нерудного минерального сырья в производстве строительных материалов. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск №1 (80). 2020. С. 116-120.
8. Тотурбиев Б.Д. Использование полисиликат натриевых композиционных вяжущих из нерудного минерального сырья для утилизации сельскохозяйственных отходов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск № 2(81). 2020. С.

УДК: 553.6

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-83-91

## НЕРУДНОЕ СТРОИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДАГЕСТАНА. СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Сулейманов В.К., Юсупов А.Р., Алимагомедов А.А.  
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Особенности геологического строения Дагестана характеризуется широким развитием пород различного возраста, генезиса и степени метаморфизации. Сочетание различных типов геологических структур, их разный возраст объясняют разнообразие нерудного сырья и наличие больших потенциальных возможностей для развития промышленности строительных материалов на их основе.

*Ключевые слова:* нерудное сырье, минералогия, месторождения, строительные материалы, глина, гипс, песок, известняки, доломиты.

## NONMETALLIC CONSTRUCTION RAW MATERIALS OF DAGESTAN. STATUS OF USE

*Suleimanov V.K., Yusupov A.R.  
Institute of Geology, DPRC RAS*

The features of the geological structure of Dagestan are characterized by the wide development of rocks of various ages, genesis and degree of metamorphization. The combination of various types of geological structures, their different ages explain the variety of nonmetallic raw materials and the presence of great potential for the development of the industry of building materials based on them.

*Key words:* nonmetallic raw materials, mineralogy, deposits, building materials, clay, gypsum, sand, limestone, dolomite.

Начало геологических исследований в Дагестане относится к концу семидесятых годов позапрошлого столетия. Планомерное и систематическое геологическое изучение территории Дагестанской АССР и ее полезных ископаемых относится только к первым годам Советской власти в Дагестане. Наибольшего развития геологические исследования и поисково-разведочные работы на территории Дагестана достигли в послевоенные годы и особенно в 70-е годы прошлого столетия. За эти годы открыто много новых нефтяных и газовых месторождений, выявлены и открыты месторождения и проявления цветных и редких металлов, неметаллических полезных ископаемых. В итоге проведения геологических исследований за годы советской власти в Дагестане создана минерально-сырьевая база, которая обеспечивает развитие нефтяной, газовой, стекольной и химической промышленности и промышленности строительных материалов [1].

В настоящей статье рассматриваются только нерудные полезные ископаемые, применяемые в строительстве - нерудные строительные материалы или строительные горные породы. Нерудные строительные материалы (строительные горные породы) - это неметаллические полезные ископаемые, используемые в строительстве в естественном виде или как сырье.

Степень распространения нерудного строительного сырья не одинакова и зависит от геологического строения того или иного района.

Территорию Дагестана условно можно разбить на три зоны: Сланцевый Дагестан – в основном относится к Восточной высокогорной части, Известняковый Дагестан – объединяет внутренний горный Дагестан и Палеоген-Неогеновый – включает прикаспийскую полосу предгорий Восточного Кавказа вместе с приморской равниной.

Минералогия выделенных зон определяется наличием в их границах объектов прогнозных ресурсов и месторождений различных видов твердых нерудных полезных ископаемых.

В промышленности строительных материалов согласно генетическому признаку наиболее широко используют следующие важнейшие виды строительных горных пород [2]:

- *осадочные*, образовавшиеся путем накопления (осаждения) продуктов разрушения магматических, метаморфических и более древних осадочных горных пород;

- *магматические* (изверженные), которые по условиям образования делятся на глубинные (интрузивные) и излившиеся (эффузивные) породы;

- *метаморфические* (видоизмененные), в которых изменение строения и состава произошло в природе, под влиянием высокой температуры и давления, под воздействием химически активных газообразных веществ и горячих растворов, циркулирующих в породах.

Дагестан богат месторождениями строительных материалов. Они располагаются как в низменной, так и в горной части республики и связаны с осадочными породами (кварцевые пески, известняк, бутовый камень, гипс, глины).

Ниже рассмотрим наиболее часто встречающееся в республике нерудное строительное сырье согласно приведенным генетическим признакам.

***Нерудное строительное сырье осадочного происхождения*** – пески, песчаники и песчано-гравийные смеси, глинистые породы, органогенные осадочные породы (известняки мергели

*Пески.*

Пески - мелкообломочные горные породы моно- или полиминерального состава с размерами частиц 0,1 -5,0 мм. Песчаники - это сцементированные пески, цемент может быть кварцевым, карбонатным, железистым, глинистым др.

Основные промышленно-генетические типы месторождений песков и песчано-гравийных смесей по генезису делятся на аллювиальные, ледниковые, морские, озерные, элювиальные, делювиальные, пролювиальные и эоловые [3].

Разведанные месторождения и проявления песков в республике в основном относятся к морскому и эоловому типам четвертичного возраста. Многочисленные строительные организации республики ежегодно потребляют большое количество песков, причем потребность в них из года в год увеличивается. Особенно острой проблема сырьевой базы строительных песков стала после отнесения побережья Каспийского моря к югу от г. Махачкалы к курортной зоне республиканского значения, так как все ранее разведанные месторождения (Каспийское, Избербашское, Каякентское, Огнинское, Араблинское и др) находятся в пределах этой зоны. Одним из крупных месторождений строительных песков, пригодных для всех видов строительных работ, является Шуринское месторождение в Кумторкалинском районе с начальными запасами 10,6 млн. м<sup>3</sup> приуроченное к новокаспийским морским отложениям, расположенное за пределами рекреационной зоны. Однако за последние годы месторождение в значительной степени отработано, и оставшиеся запасы не могут удовлетворить потребность Республики в качественных строительных песках, отвечающих требованиям ГОСТа.

В этой связи представляется актуальным проведение комплексных ГРП для расширения сырьевой базы на строительные и бетонные пески вне курортной зоны в равнинной и предгорной части Дагестана в полосе распространения современных эоловых и морских новокаспийских песчаных образований и слабосцементированных песчаных отложений неогена.

В республике в различные годы, помимо работ, направленных непосредственно на поиски и разведку месторождений строительных песков, проводились работы на силикатные, стекольные и формовочные пески, приуроченные в основном к караганскому и чокракскому горизонтам неогена, сложенным слабосцементированными кварцевыми песчаниками, а также к современным эоловым образованиям. Проводились также работы на ракушку морскую для минеральной подкормки животных и птиц отложения которых, приуроченны к новокаспийским морским и озерно-лагунным образованиям и залегают в прибрежной полосе Каспийского моря непосредственно на поверхности.

В результате этих работ детально разведаны Кумторкалинское месторождение силикатных песков, приуроченное к современным эоловым отложениям, Буйнакское, Дарадурское и Султановское месторождения, приуроченные к песчаникам чокрака, и Черкез-Озеньское – к песчаникам кара-

гана, а также выявлено несколько перспективных проявлений. При проведении в различные годы поисковых и поисково-оценочных работ на строительные пески в Предгорной зоне, в полосе распространения неогеновых песчаников выявлено множество проявлений строительных песков (Атлы-Буюнское, Дуржумское, Загонское, Какаюртовское, Махачкала-1, Шамхалбулакское, Нижнеказанищенское, Параульское).

Проведенными поисковыми и разведочными работами на стекольные и формовочные пески были выявлены и детально разведаны Ачисинское, Карабудахкентское и Серное месторождения стекольных песков, Старо-Капчуганское, Ново-Капчуганское и Экибулакское месторождения формовочных песков, а также множество перспективных проявлений (Айвазовское, Бавтугайское, Гучубулакское, Железнодорожное, Заповедниковое, Присулакское, Тугайское, Хопчабайское, Чиканакское, Яралинское, Исти-Су, Пещерное, Родниковое, Салтабак, Ленинкентское и др.). Необходимо отметить, что современные эоловые пески и слабосцементированные кварцевые песчаники неогена относятся к классу очень мелких, и не отвечают требованиям ГОСТа, предъявляемым к строительным пескам, по величине модуля крупности и зерновому составу поэтому требуют обогащения. Пески месторождений, разведанных как сырье для производства силикатного кирпича, для стекольного производства и формовки также относятся к классу очень мелких и при использовании в строительстве требуют обогащения.

В Дагестане разведано 4 месторождения ракушечного детрита для подкормки птицы с первоначальными балансовыми запасами 14,2 млн.т; (Араблинское – 1,6 млн.т, Огнинское – 0,8 млн.т; Новокаякентское – 3,6 млн.т; Промысловое – 8,2 млн.т.). За последние годы эти месторождения интенсивно обрабатывались (за исключением Промыслового), в том числе и не по прямому назначению (в качестве строительного песка). Араблинское месторождение обработано практически полностью. Обработана большая часть запасов Огнинского и Новокаякентского месторождений (остаток запасов около 1 млн.т). Морская ракушка. Все месторождения расположены в пределах рекреационной зоны, и лишь Промысловое месторождение частично (севернее балки Прорва) расположено за ее пределами.

Анализ, предоставленных в пользование участков недр для организации карьеров по добыче строительного песка показывает, что в основном право пользование недрами предоставляется на участках, относящихся к морскому и эоловому генетическим типам четвертичного возраста, расположенными в полосе распространения новокаспийских морских и современных эоловых песчаных образований, расположенными в Приморской равнинной зоне, а также к слабосцементированным песчаникам чокрака неогена.

Всего на разработку месторождений строительного песка выдано 51 лицензия из них на равнинной части – 48 лицензий, что составляет 94,1% от всех выданных на разработку строительного песка лицензий. На предгорной части выдано 3 лицензии на слабосцементированные песчаники чокракского возраста неогена.

*Песчаники* - это уплотненные сцементированные, метаморфизованные пески, прочностные свойства которых зависят от состава цемента и характера цементации. В состав цемента могут входить глинистые минералы, карбонаты, кремнезём, окислы железа, фосфаты и т.д. Применяться могут в строительном деле как в качестве песка, так и в виде стенового камня, бута, щебня и брусчатки, для получения точильных камней в зависимости от степени цементации. Приурочены они к отложениям юрского (тоар, аален), мелового и неогенового (чорак) возрастов. Залегают они в виде пластов различной мощности, собранных в целые свиты и разделенных между собой прослоями глинистых сланцев.

Так Бугленское месторождение строительных песков с первоначальными запасами 2 млн.м<sup>3</sup> и участки Кумторкала 1, 2 и Речной в Кумторкалинском районе республике, приурочены к слабосцементированным кварцевым песчаникам чокракского горизонта неогена и разрабатываются в качестве строительного песка.

Необходимо отметить, что несмотря на большие запасы этих песчаников на территории Дагестана, они как строительный материал изучены еще слабо, хотя во многих высокогорных районах, расположенных в области их распространения они имеют практическое применение.

#### Песчано-гравийные смеси

Гравий - обломочный материал с размерами обломков 1-10мм. Песчано-гравийные смеси содержат не менее 10% гравийных фракций и не менее 5% песчаных.

Гравий, песок и галечник на территории Дагестана в промышленных скоплениях встречаются среди современных, древнекаспийских, апшеронских и акчагыльских отложений.

Известные в республике месторождения песчано-гравийных смесей приурочены к четвертичным аллювиальным отложениям. Месторождения песчано-гравийных смесей, соответствующие требованиям ГОСТов расположены в долинах рек Сулак, Самур и Гюльгерычай. Однако расширение сырьевой базы гравия за их счет сопряжено с большими трудностями из-за повсеместной занятости земель пашнями и многолетними насаждениями. В связи с этим в предгорной и горной частях республики проведенными поисковыми работами в 1984г было выявлено два перспективных участка известняков, пригодных для производства щебня высоких марок (не менее 600): Геллинский 2 (Параульский) и Геллинский 3 (Карабудахкентский) с подсчитанными прогнозными ресурсами  $P_1 - 73741,4$  тыс.м<sup>3</sup> и 55878,0 тыс.м<sup>3</sup> соответственно, приуроченные к маастрихтскому ярусу верхнемеловыхотложений.

Для более полного удовлетворения спроса промышленности на щебень необходимо провести доразведку некоторых эксплуатируемых, но не доразведанных участков Акташского, Уллучаевского участков, а также участков в долинах рек Казикумухское, Аварское и Андийское койсу. Кроме того, имеются ряд месторождений известняка такие как Кака-озеньское, Избербашское, Эльдамское, Ванашимахинское и др, которые могут быть использованы для производства высококачественного щебня.

На разработку ПГС в республике выдано 53 лицензий из них 27 в аллювиальных отложениях конуса выноса р. Сулак, что составляет 50,9%, в современных аллювиальных отложениях рр. Самур, Гюльгерычай и Уллучай – 19 или 35,8%. Единичные лицензии выданы на аллювиальные отложения р.р. Казикумухскоекойсу и Андийское койсу.

#### Глинистые породы

Глины — это тонкодисперсные горные породы, состоящие преимущественно из слоистых алюмосиликатов и обладающие пластичностью. Также к глинистым породам относят аргиллитоподобныеглины, аргиллиты и глинистые сланцы. Состоят эти породы из так называемых первичных (кварц, полевои шпат, слюда) и вторичных (каолинит, монтмониллорит и др.) глинистых минералов, присутствие которых и обуславливает все специфические особенности глин: набухание при увлажнении, усадка при высыхании, пластичность и др. В зависимости от преобладания какого-либо компонента глины подразделяются на каолиновые, монтмориллоновые, гидрослюдистые, палыгорскитовые [4].

Глинистые породы применяются для производства цемента, керамического кирпича, керамических изделий для наружной и внутренней облицовки зданий (облицовка фасадов, фасадные плитки, ковровая керамика), в качестве гидроизолирующего слоя при строительстве различных сооружений, производства санитарно-технических изделий, теплоизоляционных изделий (керамзит), кровельных керамических изделий, керамических труб, в качестве огнеупоров.

Глинистые породы Дагестана изучались разными исследователями [5 2] и широко представлены в геологическом разрезе Дагестана. Подчинены они отложениям от юрских и до четвертичных возрастов. В равнинной части они изучены в современных делювиальных глинистых образованиях, хвалынских морских глинистых отложениях, акчагыльских отложениях и элювиальных образованиях, развитых по коренным отложениям верхнесарматского подъяруса неогена. Перспективы развития сырьевой базы на кирпичное сырье благоприятные благодаря

широкому распространению глинистых образований аллювиальных, делювиальных и морских генетических типов.

Вулканогенно-осадочный тип выявлен среди меловых, эоценовых, сарматских и мэотических отложений Предгорного и Нагорного Дагестана. Метаморфизованные типы распространены в юрских отложениях в так называемом Сланцевом Дагестане и представлены они в основном аргиллитами и глинистыми сланцами.

Месторождения глин различного происхождения и возраста по качеству сырья различны. Для современных глин характерно значительное непостоянство состава, а для более древних – хорошие качества и однородность.

На разработку глинистого сырья в республике выдано по состоянию на 01.01.2017 г. 30 лицензий. Из них 2 лицензии на разработку керамзитовых глин в Буйнакском и Кизилюртовском районах. Все остальные – как кирпичное сырье.

#### *Органогенные осадочные породы.*

Органогенные горные породы – это осадочные горные породы, образующиеся из остатков животных и растительных организмов, и продуктов их жизнедеятельности. По составу среди них различают карбонатные, кремнистые и фосфатные породы. Наиболее распространенными являются карбонатные.

#### *Карбонатные породы*

Карбонатные породы составляют около 20% осадочных отложений земной коры. На территории Республики Дагестан широко распространены карбонатные отложения юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. В этих отложениях локализовано 73 месторождения известняков, 9 – доломитов. Из 69 изученных месторождений известняков 25 месторождений верхнемелового возраста, 30 – верхнесарматского и 4 – древнекаспийского [6].

*Известняки* – осадочные породы, состоящие в основном из кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ) с примесью доломита ( $\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$ ), песчаных и глинистых частиц. При содержании доломита 20-50% – доломитовый известняк. По структурным особенностям среди известняков выделяются следующие типы: кристаллические, пелитоморфные, оолитовые, органогенно-оолитовые, органогенно-обломочные, оолитово-обломочные песчанистые разновидности.

Ниже дается характеристика по отдельным видам в стратиграфической последовательности начиная с более молодых отложений.

*Древнекаспийские известняки* представлены ракушечниками и распространены во многих районах прибрежной полосы Дагестана и располагаются в непосредственной близости от ж/д магистрали на участке от г. Махачкалы до ст. Араблинской.

*Апшеронские известняки* залегают в верхней части апшеронского яруса и представлены светлосерыми, плотными, детритусовыми известняками, часто песчанистыми, местами переходящий в песчаники.

*Известняки акчагыльского яруса* перекрывают несогласно все нижележащие отложения от сармата до нижней юры. Породы акчагыльского возраста занимают значительную часть предгорий. Широкое распространение они имеют в южном Дагестане, где залегают в верхней части разреза. Известняки представлены плотными, часто косослоистыми, детритусовыми песчаными разновидностями. К акчагыльскому ярусу неогена приурочено Рукельское месторождение пильных известняков, запасы которого составляют 305 тыс. м<sup>3</sup>, а также ряд участков пильных известняков, на которых выполнены геологоразведочные работы в 1996 – 2016 гг. в Дербентском и Табасаранском районах. Известняки представлены монолитными и средне-толстослоистыми органогенными мелкодетритусовыми известняками ракушечниками.

*Верхнесарматские известняки* имеют широкое площадное распространение в прибрежной полосе и на возвышенностях предгорий. Представлены обычно мелкодетритусовыми разновидностями. Работы на пильные известняки впервые были проведены Даггеолэкспедицией в 1950-51 гг. в Прибрежной зоне Каспийского моря, между гг. Махачкала и Дербент. По результатам

этих работ были выделены перспективные участки, на которых проведены детальные геолого-разведочные работы и выявлены месторождения пильных известняков Первомайское, Ждановское, Октябрьское, Совхозное, Аэродромное, Каякентское, расположенные в Приморской зоне Каспийского моря и приуроченные к полосе распространения известняков-ракушечников верхне-сарматского подъяруса неогена.

В Предгорной зоне детально разведано Айванкалинское месторождение пильных известняков, также приуроченное к верхне-сарматским отложениям. С 1996г. выполнялись геолого-разведочные работы по изучению небольших участков пильных известняков в Южном Дагестане в результате которых были локализованы ряд участков известняков, приуроченных к верхнесарматским отложениям.

Участки известняков верхнесарматского яруса разведаны в Левашинском, Акушинском, Сергокалинском, Сулейман-Стальском, Каякентском, Карабудахкентском, Хивском районах

В качественном отношении они изучены в достаточной степени и являются основным строительным материалом для районов их распространения. Проведенные исследования показывают, что сарматские известняки пригодны в качестве штучного камня и для распиловки. Эти свойства и благоприятные горнотехнические условия позволяют организовать крупные механизированные карьеры.

*Известняки верхнего мела* представлены как пелитоморфными песчанистыми, так и органогенно-обломочными, органогенно-оолитовыми, алевритистыми, толсто- и средне-слоистыми, светло-серого с желтоватым оттенком известняками.

Площади распространения известняков верхнемеловых отложений изучены в Левашинском, Табасаранском, Акушинском районах. [7]

*Известняки нижнего мела* приурочены к отложениям валанжина, готерива и нижнего баррема и представлены зоогенными, иногда органогенно-оолитовыми светло-серого до белого цвета, толстослоистыми и монолитными известняками. К известнякам нижнего мела относятся известняки Араканского, Саидкентского и др. месторождений. По своему химическому составу некоторые разновидности нижнемеловых известняков пригодны для стекольной, химической, металлургической и строительной (цемент и известь) промышленности. Запасы их огромны.

*Верхнеюрские известняки* приурочены к келловейскому ярусу и оксфорд-титону. Известняки келловейского яруса наиболее полно развиты в бассейнах рр. Аварское койсу, Казикумухское и Кара-койсу. Известняки оксфорд-титона развиты в пределах Северо-Западного и Центрального Дагестана, характеризуются многочисленными разновидностями, залегающими в благоприятных горнотехнических условиях для разработки и отличаются высоким качеством. По структурно-генетическим признакам выделяются следующие группы известняков: обломочные, органогенные, химогенные, измененные и известняки с терригенной примесью [6].

Обломочные известняки имеют значительное распространение в окрестностях сс. Гергебидь, Гапшима, Ирганай, Чирката, Куруш и др. и залегают в виде пластов мощностью до 10м.

Органогенные известняки имеют широкое распространение в разрезе келловей-оксфорд, где они залегают в виде линз и пластов мощностью 0,5-10м и более. Они имеют распространение вблизи сс. Аркас, Кадар, Ташкапур, Гапшима, Маджалис и др.

Среди химогенных известняков по характеру зернистости и структуре выделяются пелитоморфные, мелко- и среднезернистые и крупнозернистые известняки. Среди отложений оксфордского яруса они слагают пачку однородных неслоистых, массивных и плотных пород с раковистым изломом. Среди них встречаются перекристаллизованные и доломитизированные разновидности. Мощность колеблется от 5 до 40 м [8].

Оолитовые известняки значительно распространены в верхнекелловей- оксфордском и кимеридж-титонском ярусах Южного Дагестана. Для оолитовых известняков характерно развитие явлений перикристаллизации.

В оксфордском ярусе Центрального Дагестана, кроме оолитовых, выделяются псевдооолитовые и другие разновидности химогенных известняков, переходящие в верхней части разреза в окремнелые пелитоморфные известняки. Менее распространены здесь органогенно-оолитовые известняки, отличающиеся отчетливо выраженной слоистостью. Они встречаются отдельными слоями и являются переходной разностью между оолитовыми и органогенными известняками. Мощность отдельных пластов известняков меняется от 0,5 до 10 м и более.

Измененные известняки представлены породами, структурные черты которых изменены в результате вторичных процессов. Среди них выделяются окремнелые, перекристаллизованные и доломитизированные разности.

Перекристаллизованные (мраморизованные) встречаются почти во всех ярусах верхней юры, но значительно шире среди отложений верхнего келловоя и оксфорда. Приурочены они часто к присводовым частям антиклинальных структур и приразломным зонам. Степень перекристаллизации их в разных местах различна. Характерным для этих известняков является развитие стилолитовых швов. Значительное распространение они имеют в окрестностях сс. Аркас, Ташкапур, Цудахар, Кутиша и др.

Окремнелые известняки, приуроченные к стратиграфическому интервалу от верхнего келловоя до верхнего оксфорда, наблюдаются на южном склоне хр. Салатау и в других пунктах Известнякового Дагестана.

Доломиты и доломитизированные известняки на территории Дагестана имеют широкое площадное распространение. Они образуют самостоятельные залежи среди верхнеюрских и реже нижнемеловых отложений. Наибольшее распространение они имеют среди отложений келловей-оксфорда и титонского ярусов и занимают большую часть разреза р. Андийское Койсу, Салатауский, Аварский и Чирахчайские разрезы. Наиболее доломитизированной является титонская толща верхней юры, которая широко распространена в северо-западном Дагестане в бассейне р. Сулак и в южном Дагестане. По структурным признакам среди них выделяются мелкозернистые, среднезернистые, пелитоморфные и оолитовые [6].

Более 80% всех разведанных месторождений относятся к известнякам сарматского яруса, миоцена. Они распространены в плоскостной и предгорной частях Дагестана и являются основным источником строительного камня. Наиболее прочные разновидности их используются в качестве бутового камня. Наиболее крупными месторождениями сарматских известняков являются: Таркитауское, Каякентское, Избербашское, Первомайское, Дербентское и другие. Даже мягкие разности известняков типа ракушечников, пригодны для распиловки на штучные стеновые блоки (Дербентское, Первомайское, Каякентское месторождения). Для распиловки пригодны также верхнемеловые известняки в Левашинском районе (Щуршурское месторождение). Известняки нижнемелового возраста слагают большие массивы. Они обладают высоким пределом прочности и могут быть использованы в качестве стенового материала, а также в качестве бутового и мостового камня и щебня для бетона и дорог.

Особенно активно ведется добыча пильного камня в Дербентском, Табасаранском, Хивском, Акушинском и Левашинском районах республики.

### Гипс

Гипс типичный осадочный минерал из класса сульфатов. Основное свойство гипса, определяющее его промышленное использование, это способность терять при нагревании кристаллизационную воду и давать при затворении водой пластичную массу, постепенно твердеющую на воздухе и превращающуюся в прочный искусственный камень. Образуются гипс в осолоненных бассейнах на начальных стадиях осаждения солей [9].

Месторождения гипса в пределах республики входят в состав сульфатно-карбонатной толщи верхней юры (титонский ярус) и нижнего мела. Гипсоносная толща в разрезе занимает промежуточное положение между подстилающими ее пестроцветными терригенно-

карбонатными образованиями, возраст которых определяется не древнее келловей, и вышележащей карбонатной толщей, относящейся к валанжину нижнего мела [5].

Гипсоносная толща сложена переслаивающимися разнообразными по цвету гипсами, песчаниками, доломитами и известняками различной структуры. Гипсы слагают многочисленные линзы, пласты и прослойки мощностью от 0,5-2,0м до 15-30м, перемеживающимися с карбонатно-терригенными породами.

На территории республики имеется 4 разведанных месторождения (Архитское, Араканское, Карадахское, Ихинское) гипсового сырья и несколько предварительно оцененных перспективных проявлений (Гоцатлинское, Игалинское, Ботлихское, Глохское, Годоберийское, Могохское и др.).

Залежи гипсов высокого качества в горном Дагестане достаточны, однако, ни одно месторождение не разрабатывается из-за отдаленности их от транспортных магистралей.

**Нерудное сырье магматического происхождения** на территории Дагестана известно, как ряд небольших интрузий габбро-диабазов (Ахвай-Хурайская, Бакадхорская, Галагатхетская, Гудурдагская, Даккичайская, Диндичайская, Курдильская, Самалитская, и др.), расположенных в зоне Главного Кавказского разлома (Ахтычайского). К относительно крупным относятся Ахвай-Хурайская и Курдильская интрузии.

Особенные черты габбро-диабазов – прочность и твердость. Данные свойства определяются его кристаллической решеткой. Эта порода является полнокристаллической и мелкозернистой. Он относится к виду натуральных камней. При этом особенностью диабаза является черный окрас с примесью оттенков другого цвета, что представляет интерес использования их и в качестве облицовочного камня. Республика Дагестан обладает значительными ресурсами и потенциалом магматических горных пород на базе которых могут быть созданы производства не только по производству облицовочного камня, но и производства для получения базальтового волокна.

**К метаморфическим** относятся породы, образованные в слоях земной коры в процессе метаморфизма (название означает «превращение», это видоизменение магматических и осадочных пород под действием физико-химических явлений). Процессы метаморфизма происходят на глубинах, расположенных ниже зоны формирования осадочных пород.

К метаморфическим образованиям относятся месторождения мраморов, возникающие при метаморфизме известняков, месторождения кварцитов, образовавшиеся при метаморфизме песчаников и глинистые сланцы, сформировавшихся при метаморфизме глинистых пород.

К породам такого типа в Дагестане можно отнести глинистые сланцы, аргиллиты, слагающие так называемый «Сланцевый Дагестан», охватывающий юго-восточную часть Внутригорного Дагестана. Глинистый сланец можно обнаружить в самых древних геологических отложениях и представляет уплотненную и измененную давлением и позднейшими метаморфическими процессами глину. Обычно они темно-серого, черного, реже красноватого и зеленого цвета.

Залежи кровельных сланцев служили издавна объектами эксплуатации населением горной части Дагестана.

Исследования последнего времени показывают, что глинистые сланцы (аргиллиты) можно использовать в качестве сырья для производства строительной керамики и в цементной промышленности.

Приведенные общие краткие сведения указывают, что Дагестан располагает значительными ресурсами и разведанными запасами нерудных полезных ископаемых. Несомненно, и то, что приведенные данные не исчерпывают фактические ресурсы его природных стройматериалов.

Анализ и оценка минерально-сырьевой базы показывают, что имеющиеся запасы и прогнозные ресурсы нерудных полезных ископаемых могут и должны стать основой социально-экономического развития Дагестана.

Вопрос успешного экономического развития упирается в проведение полномасштабных геологоразведочных работ на предмет поиска и определения запасов нерудного сырья. Необходимо систематическое геологическое изучение, воспроизводство запасов и планомерное увеличение объемов добычи востребованных на рынке видов минерального сырья [10-15].

*Статья подготовлена в рамках выполнения государственных заданий ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР АААА-А19-119122690018-8 и АААА-А17-117021310202-6.*

### Литература

1. Керимов Г.К., Магомедов К.К. и др. перспективы развития минерально-сырьевой базы строительных материалов Дагестана // В книге: Инженерно-геологические особенности Дагестанской АССР (материалы республиканского совещания). Вып. 28. Тр. ИГ. Даг. ФАН СССР Махачкала. 1984 г. С. 29-42.
2. Бойко Н.И. и др. Генетические особенности верхнемеловых карбонатных отложений Северного Кавказа и перспективы их промышленного использования. // Тезисы докладов VI краевой конференции по геологии полезных ископаемых Северного Кавказа. Ессентуки, 1985 г. С. 303-304.
3. Идрисов И.А., Юсупов А.Р., Чалыгина Н.В., Саидахмедов Т.С. Перспективы развития ресурсной базы строительных песков на Терско-Сулакской низменности. // В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам V11 Всероссийской научно-технической конференции, 2017. С. 415-420.
4. Керимов Г.К. Монтмориллонитовые глины Дагестана. – В книге: Сырьевая база бентонитов СССР и их использование в народном хозяйстве. М. Недра, 1972 г. с. 110-123.
5. Батыров Б.А. Тугоплавкие глины. // В кн. Минеральные ресурсы и производительные силы Северного Кавказа. Часть 1. Издательство РГУ, 1978 г. С. 208-212.
6. Акаев Б.А., Галин В.Л., и др. Геология и полезные ископаемые Дагестана. // Дагкнигоиздательство, 1976 г. 233 с.
7. Мацапулин В.У., Юсупов А.Р., Гладких Н.А., Исаков С.И. Урминская синклиналь: Вопросы происхождения и полезные ископаемые. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. № 52. С.40-43
8. Бойко Н.И. и др. Прогнозирование неметаллических полезных ископаемых на Северном Кавказе. / Издательство Ростовского университета, 1986 г. 256 с.
9. Керимов Г.К. К характеристике гипсовых месторождений Дагестана. // Тр. ИГ. Даг. ФАН СССР, 1980 г. вып. 4(24). С. 98-132.
10. Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Алхулаев К.Г. Перспективы обнаружения крупных месторождений монтмориллонитовых глин в Дагестане. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. № 65. С. 209-211.
11. Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б. Комплексное использование ресурсов нерудного минерального сырья в производстве строительных материалов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1 (80). С. 116-120.
12. Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б. Композиционные вяжущие вещества из промышленных отходов // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т. 9. № 4. С. 140-148.
13. Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиева У.Д. Инновационные технологии производства экологически чистых строительных материалов нового поколения // Геология и геофизика Юга России. 2018. № 4. С. 149-155.
14. Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиева У.Д. Производство строительных материалов, с применением глинистых сланцев, аргиллитовых глин, кремнеземистого и техногенного сырья // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 3 (74). С. 87-91.
15. Сулейманов В.К., Юсупов А.Р., Абдуллаев М.Ш., Алхулаев К.Г., Мамаев А.С. О некоторых результатах исследования аргиллитов среднеюрского возраста горного Дагестана // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2020. Т. 5. № 4 (22). С. 23-30.



**АБАКАРОВ Абакар Джансулаевич**  
**01.04.1950 – 11.08.2021**

Международное научное и профессиональное сообщество сферы сейсмостойкого строительства и профессионального образования понесло огромную невосполнимую утрату - ушел из жизни известный ученый, научный деятель и педагог Абакаров Абакар Джансулаевич, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Архитектура» Дагестанского государственного технического университета (ДГТУ), заслуженный деятель науки Республики Дагестан, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации.

Абакаров А.Д. много лет был бессменным лидером Дагестанской научной школы по сейсмостойкому строительству, продолжателем традиций общей для стран СНГ и ближнего зарубежья советской школы, сформированной Госстроем СССР. Абакар Джансулаевич был идейным вдохновителем профессионального объединения ученых стран СНГ, одним из отцов-основателей Российской и Евразийской СЕЙСМО Ассоциации, последовательным борцом за сохранение общих научных традиций, внес неограниченный вклад в обучение строительному делу, развитие науки и техники, сохранение и расширение международного сотрудничества. Это стало возможным благодаря родителям Абакара Джансулаевича, заслуживающим всяческого уважения, неукоснительному соблюдению им кавказских традиций, почтения к старшим и учителям, вере в молодежь как будущее нации, ведь сам он прошел длинный путь освоения профессии, достигнув высшего мастерства в строительном деле. Абакар Джансулаевич в 1973 г. окончил с отличием Дагестанский политехнический институт (ныне Дагестанский государственный технический университет, ДГТУ) по специальности «Промышленное и гражданское строительство», в 1974-1977 гг. обучался в очной аспирантуре ЦНИИСК им. Кучеренко по специальности 05.23.17 «Строительная механика», в 1978 г. защитил кандидатскую диссертацию «Исследование надежности сооружений с резервными элементами и оптимизация сейсмического риска», в 1994 г. – докторскую диссертацию «Надежность и сейсмостойкость сооружений с резервированием».

С 1974 г. до настоящего времени (с перерывом для обучения в аспирантуре) он верно «служил» стране, работая в Дагестанском политехническом институте (ныне ДГТУ), сначала - в должности ассистента на кафедре «Сопроотивление материалов, теоретическая и строительная механика», а после окончания аспирантуры – на кафедре «Строительные конструкции»: ассистентом, затем старшим преподавателем, с 1983 г. доцентом, с 1996 г. - профессором данной кафедры; с 1999 деканом архитектурно-строительного факультета; с 2009 г. заведующий кафедрой «Архитектура». Сфера научных интересов Абакарова А.Д. – исследования в области оценки надежности, сейсмического риска, усиления зданий и сооружений, активной сейсмозащиты. Как ученый и преподаватель он является автором более 100 научных статей и тезисов, трех монографий, множества методических указаний к курсовому и дипломному проектированию, учебных пособий.

После себя он Абакар Джансулаевич оставил большое наследие в виде книг, публикаций, а также учеников и последователей, для которых он стал не только Учителем, но также другом и соратником.



От имени РААСН, ЦНИИП Минстроя России, Евразийской СЕЙСМО-Ассоциации, коллектива РНКСС, редакции, авторов и читателей журнала «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», журнала «Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений», журнала «Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН» ДФИЦ РАН выражаем соболезнование родным, близким и друзьям незабвенного Абакара Джансулаевича, всем тем, кто знал его лично!

Да пусть успокоится его душа в Раю!

*Абаканов Миркен Сейткасымович, д.т.н., профессор*  
*Абаканов Танаткан, д.т.н., профессор, академик КАН*  
*Акбиев Рустам Тоганович, к.т.н.*  
*Беккиев Мухтар Юсубович, д.т.н., профессор*  
*Белаиш Татьяна Александровна, д.т.н., профессор*  
*Гурьев Владимир Владимирович, д.т.н., профессор*  
*Дорофеев Владимир Михайлович, к.ф.-м.н.*  
*Заалишвили Владислав Борисович, д.ф.-м.н., профессор*  
*Заболоцкая Елена Николаевна, почетный строитель России*  
*Ильичев Вячеслав Александрович, д.т.н., профессор, академик РААСН*  
*Клячко Марк Абрамович, к.т.н.*  
*Курбацкий Евгений Николаевич, д.т.н., профессор*  
*Магомедов Рабадан Абдулкагирович, к.г.-м.н.*  
*Мажиев Хасан Нажоевич, д.т.н., профессор*  
*Мамаев Сурхай Ахмедович, к.т.н.*  
*Мондрус Владимир Львович, д.т.н., профессор, член-корр. РААСН*  
*Морозова Татьяна Викторовна,*  
*Муртазаев Акай Курбанович, чл. корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор*  
*Семенов Владимир Сергеевич, к.т.н., доцент*  
*Травуш Владимир Ильич, д.т.н., профессор, академик. РААСН*  
*Уздин Александр Михайлович, д.т.н., профессор*  
*Черкашин Василий Иванович, д.г.-м.н.*  
*Друзья и коллеги.*

## 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](mailto:dangeogis@mail.ru).

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

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

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

Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

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

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

6. Список литературы других иностранных языках. Авторский коллектив приводится полностью. В списке литературы даются только опубликованные работы. Ссылка в тексте на литературу дается в квадратных скобках или в круглых скобках (автор, год); ссылки на рисунки и таблицы также даются в круглых скобках. оформляется с абзацем. Для книг: фамилии и инициалы авторов, полное название источника, город, издательство, год издания, число страниц. Статья из сборника: фамилии и инициалы авторов, полные названия как статьи, так и сборника в целом, место и год издания источника и номера страниц статьи. Статья из журнала: фамилии и инициалы авторов, название статьи и журнала, год издания, том, номер, страницы.

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

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

**Рукописи, оформленные с нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.**

Адрес редакции:

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

© Институт геологии ДФИЦ РАН

© Коллектив авторов



**ISSN: 2541-9684**

**Научное издание**

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

*ПИ № ФС77-67725 от 10 ноября 2016 года*

Ежеквартальный научный журнал  
**"Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН"**  
Выпуск № 2 (85) 2021

Издаются по решению ученого совета ИГ ДФИЦ РАН

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

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

---

Подписано в печать 20.06.2021 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.  
Усл. п. л. 11,4. Уч.- изд. л. 6,2. Тираж 200 экз. Заказ №21-10-285.



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