



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Дагестанский федеральный
исследовательский центр РАН
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

ISSN: 2541-9684

№ 4(99), 2024
Ежеквартальный
научный журнал

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

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

Научно-редакционный совет:

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

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.

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

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

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

Тел. 8 (8722) 62-93-95; факс: 8 (8722) 62-06-82

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

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

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

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

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

Научное направление журнала – НАУКИ О ЗЕМЛЕ

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

ISSN: 2541-9684

Журнал является рецензируемым.

Журнал выходит 4 раза в год.

Тираж – 200 экземпляров

<http://elibrary.ru/> (РИНЦ)

<http://www.igdficran.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

К ПРОБЛЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ В ЕЁ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ <i>Кокин А.В.</i>	4
ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МИНЕРАЛИЗАЦИЙ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСАХ <i>Парада С.Г.</i>	13
ГОТЕРИВСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ДАГЕСТАНА <i>Исаева Н.А.</i>	24
К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА <i>Меликов М.М.</i>	31
ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА РЕЧНЫХ ДОЛИН ДАГЕСТАНА <i>Тулышева Е.В., Исаков С.И.</i>	41
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГНОЗНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СЕВЕРО-ДАГЕСТАНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА <i>Ахмедов А.С., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш.</i>	46
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО, НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИТА И ПОЛИСИЛИКАТА НАТРИЯ <i>Тотурбиев¹ Б.Д., Мамаев¹ С. А., Журавлев² М.М., Тотурбиева² У.Д.</i>	50
АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ В 2020-2023 гг. <i>Алиева А.В.</i>	56
МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ КАСУМКЕНТСКОГО-II ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 27 ИЮНЯ 2024 г. <i>Асманов О.А., Магомедов Х.Д., Адилев З.А.</i>	64
О ПУТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОПОДОБИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА <i>Таймазов Д.Г.</i>	71
ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ОБЛАСТИ ИЗВЕСТНЯКОВОГО ДАГЕСТАНА <i>Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Мамаев С.А., Юсупов З.А., Ахмедов А.С., Ахмедов А.М.</i>	78
ЛАНДШАФТНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ АКВА-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА В КАВКАЗСКО-КАСПИЙСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ <i>Атаев З.В.</i>	85

УДК 551.1

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-4-12

К ПРОБЛЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ В ЕЁ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ

*Кокин А.В.**ЮРИУ РАНХ и ГС, г. Ростов-на-Дону. alex@avkokin.ru*

В рамках модели оценки крайних отношений состояния плотности вещества геосфер Земли в границах значений золотого сечения: 0,618, 1,618, 2,618 установлено, что их современное состояние связано с непрерывным обменом первичного вещества в эволюции геосфер (атмосферы, гидросферы, биосферы, континентальной и океанической коры, мантии и ядра Земли) без существенного привноса его извне в течение 3,9-4,0 млрд лет. Модель подтверждает известный факт, что наиболее выраженное состояние динамической неустойчивости расчётных модельных оценок плотности вещества принадлежат границам мантии и океанической коры, океанической и континентальной земной коры. В рамках близкого совпадения модельной плотности атмосферного воздуха и воды мирового океана с известными их современными значениями, а также на основе того, что их модельные плотности выводятся из современного состава пород континентальной, океанической коры и верхней мантии, делается вывод о том, что их основным источником является именно эти геосферы в условиях эволюции первичного вещества Земли с рубежа 3,9-4,0 млрд лет назад без существенного привноса воды кометами. Это даёт основание предполагать зарождение плитной тектоники уже в условиях становления земной коры с рубежа 4,0 млрд лет назад. Её движущими силами могло являться пластичное вещество мантии и хрупкое вещество ранней земной коры. Участие вещества ядра в составе геосфер не закончилось и продолжается, поскольку плотностные характеристики жидкой и твёрдой его частей выводятся из модельной плотности континентальной, океанической коры и мантии. Выдвигается гипотеза не о двух, а многослойности ядра Земли.

Ключевые слова: Земля, плотность вещества, геосфера, атмосфера, гидросфера, континентальная, океаническая кора, мантия, ядро Земли, модели оценки динамического состояния вещества геосфер, плитная тектоника.

ON THE PROBLEM OF THE FORMATION OF THE SUBSTANCE OF THE EARTH'S GEOSPHERES IN ITS GEOLOGICAL HISTORY

*Kokin A.V.**YURIU RANH and GS, Rostov-on-Don. alex@avkokin.ru*

Within the framework of the model for assessing the extreme ratios of the state of the density of matter of the Earth's geospheres within the boundaries of the golden section values: 0.618, 1.618, 2.618, it has been established that their current state is associated with the continuous exchange of primary matter in the evolution of geospheres (atmosphere, hydrosphere, biosphere, continental and oceanic crust, mantle and core of the Earth) without significant input from outside for 3.9-4.0 billion years. The model confirms the well-known fact that the most pronounced state of dynamic instability of the calculated model estimates of the density of matter belongs to the boundaries of the mantle and oceanic crust, oceanic and continental crust. Within the framework of the close coincidence of the model density of atmospheric air and water of the world ocean with their known values in the modern atmosphere and hydrosphere and based on the fact that they are derived from the composition of the rocks of the continental, oceanic crust and upper mantle, it is concluded that their main the source is these geospheres in the conditions of differentiation of the primary substance of the Earth from the turn of 3.9-4.0 billion years ago with the simultaneous appearance of life on the planet. This also gives reason to assume the emergence of a mechanism for the generation of plate tectonics in conditions of a fragile continental crust, the driving forces of which were the plastic material of the mantle. The participation of core matter in the composition of geospheres has not ended and continues, since the density characteristics of its liquid and solid parts are derived from the model density of the continental, oceanic crust and mantle. A hypothesis is put forward not about two, but about a multi-layered core of the Earth. This gives reason to assume the origin of plate tectonics already in the formation of the earth's crust from the turn of 4.0 billion years ago. Its driving forces could be the plastic substance of the mantle and the brittle substance of the early earth's crust. The participation of core matter in the composition of geospheres has not ended and continues, since the density characteristics of its liquid and solid parts are derived from the model density continental, oceanic crust and mantle. A hypothesis is put forward not about two, but about a multi-layered core of the Earth.

Key words: Earth, matter density, geosphere, atmosphere, hydrosphere, continental, oceanic crust, mantle, Earth's core, models for assessing the dynamic state of matter in geospheres, plate tectonics.

Введение

В теории происхождения Земли наиболее проблематичными являются условия, при которых формировался состав её вещества в целом и геосфер в частности. Особый интерес представляет собой происхождение воды [11,1, 2] представленной на поверхности Земли мировым океаном, разделённым на пресные и солёные воды. В настоящее время достаточно хорошо известны разные воззрения на происхождение главного элемента жизни — воды. И в основном укладываются в несколько гипотез.

Одна из них касается возможности привнесения воды транснептуновыми кометами из облака Оорта при столкновении с Землёй. Весьма любопытные данные были получены при исследовании кометы 67P/ Чурюмова-Герасименко зондом "Розетта" [9]. Было обнаружено, что при приближении кометы к Солнцу с её поверхности источаются сложные органические соединения с молекулами воды. Однако её изотопный состав указывал на наличие тяжёлого изотопа водорода (дейтерия) в комете, кратно превышающим его количество в современной воде Земли. Лишь в хвосте кометы обнаруживалась «лёгкая вода» с изотопным отношением водорода близким к земной воде. Т.е. происходило естественное разделение в космосе на «тяжёлую» и лёгкую» воду. Другими словами, кометы не могли быть источником формирования воды мирового океана Земли.

Другая гипотеза касается происхождения воды в результате синтеза водорода и кислорода из космического газопылевого вещества на поверхности раскалённой планеты, с последующим остыванием которой формировалась водная оболочка Земли. То есть мировой океан Земли формировался за счёт её первичного вещества около 3,5-4,0 млрд лет назад, в котором и зародилась жизнь.

Схожая гипотеза склоняется к тому, что вода на поверхности Земли возникла за счёт дегазации раскалённой силикатной части Земли, что также означает, что источником воды являлись породы самой Земли. Предполагается, что такое могло произойти в результате стекания железного ядра к центру Земли примерно за 30 млн. лет после её образования. Железное ядро, постепенно опускаясь к центру Земли, вытеснило силикаты, содержащие воду. Т.е., хотя бы косвенно ядро Земли является одним из факторов влияния на происхождения воды на Земле.

Существует также гипотеза о том, что одним из источников воды могла служить более поздняя вулканическая деятельность Земли после её остывания. Она связывается с выделением воды из состава изверженных пород или в результате выделения так называемой ювенильной воды магм [8].

Весьма любопытная гипотеза была предложена авторами [10] в рамках компьютерной симуляции. Моделированием была предложена структура гидросиликата магния $Mg_2SiO_5H_2$, содержащая до 11% воды. Она оказалась стабильной при давлениях более 2 млн атмосфер и высоких температурах. Т.е. вода на Земле могла появиться из распада подобной структуры гидросиликата магния. Минерал может оказаться мифическим, поскольку в природе его не обнаружили. Правда мы не знаем все возможности природы формирования кристаллических структур во всём многообразии их состояний и существования в пространстве-времени.

Таким образом, существующее многообразие моделей оценки источников воды на поверхности Земли не даёт возможность ответить на главный вопрос. Вода на Земле результат геологической эволюции её вещества с момента образования планеты или её источник может быть каким угодно?

На самом деле именно геологическая история Земли даёт основания предполагать происхождение воды из состава дифференцированного вещества при формировании её геосфер. И если есть возможность доказать, что вода на Земле есть результат эволюции первичного вещества в её геологической истории, тогда многое в познании истории самой жизни может оказаться более понятным и не столь экзотичным.

Модель оценки динамического состояния вещества геосфер Земли

В рамках системного подхода к изучению любого объекта, если известен хотя бы один параметр его внутреннего строения (например плотность вещества, температура, мощность геосфер Земли), то с его помощью можно ответить на разные вопросы состояния систем [5]. В том числе, например: в каком состоянии могут находиться современные внутренние геосферы Земли — устойчивом или динамически не устойчивом; если в неустойчивом, — то между ними происходит непрерывный обмен веществом и энергией. В результате возникает возможность получить информацию о источниках вещества, приведших к формированию геосфер Земли.

Такой моделью может служить представление о золотом сечении. Как известно, его смысл состоит в делении отрезка в крайних отношениях, в которых отношение большей к меньшей или целого отрезка к большей его части определяется величиной стремящейся к числу $\Phi=1,618$, названным золотым числом.

Под отрезком разделённым на части можно допустить и подобное состояние системы, как, например, Земля. В эволюции вещества которой возникают подсистемы (геосферы), эмерджентные свойства которых могут отражать определённое (хотя и не всё!) состояние самой Земли на границе изменения крайних отношений исследуемых её параметров и параметров её геосфер.

Применение модели. Обсуждение результатов

В качестве оценки состояния Земли, как системы, можно обратимся к известному среднему значению плотности её вещества равному $5,513 \text{ г/см}^3$. Это среднее состояние определяется из плотностных характеристик ядра, мантии, океанической и континентальной коры. При этом предположим, что именно в результате физико-химической дифференциации первичного вещества Земли сформировались её каменные оболочки. Тогда отношение средней плотности Земли, равное $5,513$, к плотностным характеристикам геосфер в условиях динамического равновесия должны приближаться к числу $\Phi=1,618$, табл. 1. Если эти отношения выйдут за рамки золотого числа, значит подсистемы Земли (геосферы) являются динамически не устойчивыми.

Таблица 1/ Table 1.

Матрица отношений известных параметров плотности вещества (г/см^3) относительно Земли и её геосфер. Жирным выделены отношения вблизи золотого числа $1,618$. В скобках курсивом с подчёркиванием показаны отклонения от него, %. / Matrix of relationships between known parameters of substance density (g/cm^3) regarding the Earth and its geospheres. Ratios near the golden number 1.618 are highlighted in bold. Deviations from it, %, are shown in brackets in italics with underlining.

	Мантия	Нижняя мантия	Верхняя мантия	Слой Голицина	Океаническая кора	Континентальная кора
	1,230	0,984	1,638 <i>(1,24)</i>	1,303	1,671 <i>(3,27)</i>	1,945
		0,800	1,332	1,059	1,358	1,581 <i>(2,29)</i>
			1,664 <i>(2,84)</i>	1,324	1,697 <i>(4,88)</i>	1,975
				0,795	1,020	1,187
					1,282	1,492
						1,164
Принятое значение средней плотности геосфер по известным геофизическим данным, г/см^3						
5,513	4,482	5,600	3,365	4,23	3,300	2,835

Как видно из *табл.1* по средней плотности вещества геосфер: Земли/верхней мантии; Земли/океанической коры; мантии/континентальной коры; нижней мантии/верхней мантии; нижней мантии/океанической коры с отклонениями от золотой пропорции 1,618 на величины от 1,24 до 4,88% от неё находятся в состоянии близком к устойчивому динамическому равновесию в результате обмена веществом и энергией. И могли сформироваться из первичного вещества Земли с последующей его дифференциацией *in situ*. Однако от модели устойчивого динамического равновесия сильно отклоняются отношения плотности вещества геосфер: слоя Голицина (верхней мантии) относительно океанической и континентальной коры, а также океанической относительно континентальной коры. Как известно, на этих геологических рубежах до сих пор ярко выражены современные динамические процессы обмена веществом и энергией в рамках современных воззрений тектоники плит.

Для того, чтобы исследовать состояние других геосфер относительно всех остальных воспользуемся аналогичной моделью сравнения плотностных характеристик их вещества, но в рамках отношений: 1,618, 0,618, 2,618.

Физический смысл таких оценок сводится к тому, что если состояние любой системы (в том числе Земли) во времени от предыдущего к последующему состоянию не меняется (находится в равновесном состоянии), то такие отношения равны 1,0. Но динамически устойчивое равновесие (с непрерывным обменом веществом и энергией, например, геосфер) может достигаться и в точках со значениями чисел: $1:0,618=1,618$; $1,618:1,0=1,618$; $1,618:0,618=2,618$ и $2,618:1,618=0,618$; $1,618 \times 1,618=2,618$. Тогда отношения средней плотности Земли, равное 5,513, к золотым числам 0,618, 1,618, 2,618 (**Модель-1**) или их мультипликативный показатель (**Модель-2** — через умножение средней плотности Земли на эти же значения золотых чисел) должны быть также близкими к действительному состоянию плотности их геосфер на уровне устойчивого динамического равновесия.

Если это действительно окажется таковым, тогда можно сделать вывод, что все геосферы Земли, включая атмосферу, гидросферу, каменные оболочки Земли являются следствием физико-химической дифференциации первичного вещества Земли по плотности без существенного участия космического вещества (метеоритов, комет и прочее) в её геологической истории, *табл. 2*. Дифференциация по температуре и мощности вещества геосфер приводится в работе [6].

Таблица 2. / Table 2.

Модельные оценки состояния геосфер относительно известных значений плотности их вещества в моделях -1,2. / Model estimates of the state of geospheres relative to the known values of the density of their matter in models -1,2.

N	Модель-1	Модельная плотность вещества, г/см ³	Известные вариации ¹ , [7] плотности вещества, г/см ³	Модель-2	Модельная плотность вещества, г/см ³	Известные вариации плотности вещества, г/см ³
А. Относительно средней плотности Земли 5,513г/см ³						
1-а	5,513:0,618	8,920 <u>3,30</u>	Известные вариации плотности земного ядра 9-8,25 Средняя: 8,625	5,513x0,618	3,410 <u>3,22</u>	3,300 Средняя плотность океанической коры
2-а	5,513:1,618	3,410 <u>3,22%</u>	3,300 средняя плотность океанической коры	5,513x1,618	8,920 3,31%	Известные вариации плотности земного ядра 9-8,25 Средняя: 8,625

1 По данным различных косвенных теоретических и геофизических исследований

3-а	5,513:2,618	2,106 <u>8,02%</u>	Плотность осадочных пород от 1850 до 2700 Средняя: 2,275	5,513x2,618	14,43 <u>7,83%</u>	Плотность в центре ядра Земли 12,5; 13,1; 14,3 Средняя: 13,3
Б. Относительно средней плотности континентальной земной коры 2,835 г/см ³						
1-б	2,835:0,618	4,587 <u>2,29%</u>	Средняя плотность вещества нижней мантии 4,482	2,835x0,618	1,752 <u>2,97%</u>	1,70 — средняя плотность суглинков
2-б	2,835:1,618	1,752 <u>2,97%</u>	1,70 — средняя плотность суглинков	2,835x1,618	4,587 <u>2,29%</u>	Средняя плотность вещества нижней мантии 4,482
3-б	2,835:2,618	1,08 <u>0,38%</u>	1,076 средняя плотность океанической воды	2,835x2,618	7,422 <u>16,21%</u>	Известные вариации плотности земного ядра 9-8,25 Средняя: 8,625
В. Относительно средней плотности океанической коры 3,300 г/см ³						
1-в	3,300:0,618	5,340 <u>3,37</u> <u>4,87</u>	Средняя плотность Земли 5,513 Плотность вещества нижней мантии на границе с ядром Земли 5,600	3,300x0,618	2,039 <u>11,57</u>	Плотность вещества осадочных пород 1,850 до 2,700 Средняя: 2,275
2-в	3,300:1,618	2,039 <u>11,57</u>	Плотность вещества осадочных пород 1850 до 2700 Средняя: 2,275	3,300x1,618	5,339 <u>4,89</u>	Плотность вещества нижней мантии на границе с ядром Земли 5,600
3-в	3,300:2,618	1,260 <u>0,80</u>	Солёные озёра: 1,2-1,3 Средняя: 1,25 Плотность атмосферы ~1,225	3,300x2,618	8,639 <u>0,17</u>	Известные вариации плотности земного ядра 9-8,25 Средняя: 8,625
Г. Относительно средней плотности верхней мантии 3,365 г/см ³						
1-г	3,365:0,618	5,545 <u>0,1%</u>	Плотность вещества нижней мантии на границе с ядром Земли 5,600	3,365x0,618	2,080 <u>9,37%</u>	Плотность осадочных пород 1850 до 2700 Средняя: 2,275
2-г	3,365:1,618	2,080 <u>9,37%</u>	Плотность вещества осадочных пород 1,850 до 2,700 Средняя: 2,275	3,365x1,618	5,545 <u>1,01%</u>	Плотность вещества нижней мантии на границе с ядром Земли 5,600
3-г	3,365:2,618	1,285 <u>2,72%</u>	Солёные озёра: 1,2-1,3 Средняя: 1,25 Плотность атмосферы ~1,225	3,365x2,618	8,809 <u>2,09%</u>	Известные вариации плотности земного ядра 9-8,25 Средняя: 8,625
Д. Относительно средней плотности нижней мантии 5,600 г/см ³						
1-д	5,560:0,618	8,897 <u>3,06%</u>	Известные вариации плотности земного ядра 9-8,25 Средняя: 8,625	5,560x0,618	3,436 <u>2,07%</u>	3,300 средняя плотность океанической коры. 3,365 плотность вещества на границе океанической коры и верхней мантии
2-д	5,560:1,618	3,436 <u>4,04%(1)</u> <u>2,07%(2)</u>	3,300 (1) Средняя плотность океанической коры.	5,560x1,618	8,996 <u>4,12%</u>	Известные вариации плотности земного ядра: 9-8,25 Средняя: 8,625

			3,365 (2) плотность вещества на границе океанической коры и верхней мантии			
3-д	5,560:2,618	2,124 <u>7,11%</u>	Плотность вещества осадочных пород 1,850 до 2,700 Средняя 2,275	5,560x2,618	14,556 <u>1,76%</u>	Плотность в центральной части ядра 14,3
Е. Относительно модельной плотности ядра Земли от значений 9,519 до 10,105 г/см ³						
1-е	10,105:0,618 9,919:0,618	16,35 16,05	Возможное наличие в составе ядра золота (16,3)	10,105x0,618	6,244 9,919x0,618 6,13	Известные вариации плотности жидкого ядра: Среднее: 8,16
2-е	10,105:1,618 9,919:1,618	6,245 6,13	Известные вариации плотности жидкого ядра 9-8,25 Средняя: 8,625	10,105x1,618 9,919x1,618	16,35 16,05	Возможное наличие в составе ядра золота (16,3)
3-е	10,105:2,618 9,919:2,618	3,860 3,789	Плотность вещества верхней мантии на границе с океанической корой 3,365	10,105x2,618 9,919x2,618	26,455 25,968	Возможное наличие в центре ядра платиноидов (Os-22,6 Ir-22,4 Pt-21,5)

Примечание: N — означает порядок модельной оценки состояний плотности вещества геосфер Земли.

В действительности в рамках моделей 1,2, оказалось возможным выйти на известные плотности вещества геосфер, полученные геофизическими методами в точном соответствии с принципами системного анализа. Так, по отношению к средней плотности Земли все геосферы оказываются близкими по плотности к известным теоретическим и экспериментальным геофизическим данным в рамках отклонения от их средних в границах от 0,17 до 9,7%.

Предельно высокие отклонения от средних значений плотности вещества устанавливаются для осадочных пород (состояния: 1-в, 3-е, 1-г, 2-г, 3-д *табл 2*), гетерогенность состава разрезов которых, как известно, высокая не только по их составу, но плотности и мощности.

Также заметны отклонения от известных теоретических расчётов жидкой и твёрдой частей ядра Земли (состояния: 1-е, 2-е, 3-е *табл 2*), о плотности которого, как известно, мы можем судить лишь на основе не прямых, а косвенных данных. Но главное состоит в том, что дифференциация вещества в геологической истории Земли соответствует близким значениям модельной плотности не только каменных оболочек, но и атмосферы (состояния: 3-в, 3-г *табл 2*), и гидросферы (океанической воды, состояние: 3-б *табл 2*). Близкое совпадение модельных оценок плотности вещества с таковым в составе геосфер Земли может указывать на следующее. Во первых, на то, что обмен веществом и энергией в их составе близок к состоянию устойчивого динамического равновесия. Во-вторых, это состояние указывает на непрерывность изменения состава вещества геосфер в течение геологического времени. В-третьих, возникновение воды мирового океана (гидросферы) и атмосферы связано в основном с химической дифференциацией не только первичного вещества самой Земли. Модельная плотность воды (состояние: 3-б *табл 2*) вытекает из среднего состава и плотности континентальной земной коры. Но по времени совпадает с зарождением жизни в океане, что практически предполагает появление биосферы *in situ*. То есть около 3,9-4,0 млрд лет назад. Тогда это может означать, что появление континентальной коры относится, как минимум, к возрасту 3,9-4,0 млрд лет назад. И совсем не исключено, что именно с этого времени уже могли возникать условия зарождения плитной тектоники.

Таким образом, основным источником воды, определяющей основы зарождения и развития биологической формы материи, атмосферы Земли, является не только первичное её вещество, с ничтожным количеством привнесённой её доли из космоса после её остывания. Более точным выводом может служить допущение о гетерогенном составе воды мирового океана сформированного после остывания Земли. Это могло произойти за счёт выпадения осадков из древней атмосферы, содержащей воду, после завершения космической стадии эволюции Земли. А затем изменение состава воды мирового океана происходило за счёт дифференциации вещества ранней континентальной и океанческой коры, находящейся после и поныне под непрерывным влиянием вулканизма и магматизма.

Следующий важный вывод состоит в том, что в истории Земли обмен вещества происходил не только непрерывно, но и затрагивал практически всё вещество геосфер в целом, включая атмосферу, гидросферу, мантию, жидкое и твёрдое ядро с участием усложнения структур минеральных индивидов [4]. При этом близкое значение модельной плотности атмосферного воздуха к современному его состоянию связано с модельной оценкой плотности океанической коры и мантийного вещества (состояния: 3-в,3-г).

Мифическое наличие исчезнувшего в результате эволюции вещества Земли водного силиката магния в составе пород Земли в результате компьютерных симуляций [10], конечно интересно, но даже возможное его наличие в прошлом составе земных пород ещё не означает, что этот минерал мог быть доминирующим в составе основных гидросиликатов первичного вещества Земли.

Модельные оценки плотности жидкого и твёрдого ядра также указывают на то, что их вещество находилось и находится в условиях непрерывного обмена с мантийным веществом (состояние 3-е табл. 2), а оно — с веществом остальных геосфер Земли (состояния: 1-а, 2-а, 3-а, 3-б табл 2).

Автор не склонен затрагивать сам механизм обмена веществом в геологической истории с участием ядра Земли. Это не цель настоящей работы. Главный вывод состоит именно в том, что в появлении атмосферы, воды мирового океана на Земле, жизни участвовало всё первичное вещество Земли, включая её ядро в интервале от 4,0 до 3,9 млрд лет. Естественно, состав воды со временем менялся, но не её изотопный состав. А на смешение состава всех геосфер с веществом жидкого и твёрдого ядра могут указывать повышенные кларки высокоплотных элементов (Os, Ir, Rh, Pd, Pt, Au) [3] в ультрабазитах, пронизывающих в разное время все каменные оболочки Земли с привнесением вещества в континентальную часть земной коры в составе эндогенных рудных месторождений. При этом смешение вещества составов геосфер с участием ядра Земли происходит, скорее всего, и по настоящее время, а не закончилась в короткий период в 30 млн лет с момента погружения плотной части вещества к центру Земли, как считается до сих пор. Зонально построенная картина жидкой и твёрдой части ядра, по-видимому, может систематически нарушаться, что и приводило к многократному изменению, например, ориентации магнитных полюсов при всплывании твёрдофазных составов ядра в жидкие. Отсюда, выдвинутая ранее автором гипотеза о многослойности земного ядра с выделением зон, обогащённых аномально высокоплотным веществом, не лишена смысла [6].

Отсутствие значимых количеств тяжелой воды в составе мирового океана Земли — это фундаментальная особенность эволюции вещества самой Земли в её истории.

На примере эксперимента с Розеттой в составе воды кометы 67P/ Чурюмова-Герасименко количество тяжелого по отношению к лёгкому водороду в ней в три раза выше, чем в составе морской воды на Земле [9]. В случае вхождения в плотные слои атмосферы кометы в первую очередь всегда должен улетучиваться лёгкий водород, а тяжёлый может попадать всё-таки в атмосферу Земли. Там, соединяясь с кислородом, может несколько смещать изотопный состав водорода в составе земной морской воды. Такое фракционирование изотопов водорода могло бы

частично привести к утяжелению его в составе воды мирового океана на уровне установленных модельных погрешностей её плотности, но не оказало бы существенного влияния на состав существующей морской воды.

Отклонение отношений средней плотности вещества Земли к известным значениям в составе оболочек Земли в моделях 1,2 достигает всего около 2,72%. Эту величину отклонения можно интерпретировать двояко.

Первое. Исследуемые плотностные характеристики вещества геосфер до сих пор не находятся в состоянии устойчивого динамического равновесия в обмене веществом и энергией между собой. Т.е. Земля является геологически активным телом. И если рассматривать эту активность с начала её формирования, как планеты 4,5 млрд лет назад, то время геологической активности Земли будет продолжаться ещё около 124 млн лет. Последующие её изменения в основном будут происходить в рамках солнечно-земных связей.

Второе. Причиной неустойчивости состояния геосфер может служить как продолжение динамической активности обмена веществом под влиянием затухающих во времени геологических процессов, так и возможное наличие гетерогенности состава вещества Земли, из которого формировались её оболочки, но на уровне не выше 2,72% от её первичного состава.

Заключение

Применение модели золотого сечения в рамках оценки динамического состояния геосфер Земли и источников вещества в них методом золотых пропорций: 0,618, 1,618, 2,618 позволило установить следующее.

1. Близко от состояния динамической неустойчивости от принятых модельных оценок, сильно отклоняются действительные отношения плотности вещества геосфер: слоя Голицина (верхней мантии) относительно океанической и континентальной коры; океанической коры относительно континентальной. Как известно именно на этих геологических рубежах до сих пор ярко выражена современная динамика процессов обмена веществом и энергией в рамках современных воззрений тектоники плит. Т.е. метод модельной оценки средних отношений плотности вещества Земли и геосфер к золотым числам позволил прийти к известным геолого-геофизическим представлениям о их состоянии и подтвердил его работоспособность в достижении целей настоящего исследования.

2. В рамках принятой модели установлено, что обмен веществом в составе геосфер Земли происходил и происходит до сих пор непрерывно, затрагивая всё их вещество, включая мантию и ядро Земли. Поскольку модельные плотности геосфер выводятся из состояния существующих, а их значения находятся в интервалах небольших отклонений от них.

3. Основным источником воды и атмосферы на Земле является её первичное вещество без существенного вклада иных источников после завершения её космической истории. На состав атмосферы и гидросферы (после их образования) после существенное влияние оказывали динамически не устойчивые состояния, происходящие в верхней мантии, континентальной и океанической коре. Поскольку вода является основным компонентом живого, то и биосфера в целом является результатом эволюции первичного земного вещества *in situ*.

4. Континентальная кора в геологической истории могла уже существовать около 3,9 — 4,0 млрд лет назад с последующим запуском механизма тектоники плит при формированием атмосферы и гидросферы в обменных процессах с участием всего состава вещества Земли.

5. Модельные оценки плотности вещества геосфер дают возможность выйти на известные данные состояния плотности их вещества (в рамках отклонения их от известных значений от 0,1 до 4,7%, при средних — 2,72%), полученные в результате геофизических исследований. Наибольшие расхождения модельных оценок плотности вещества устанавливается для осадочных пород континентальной земной коры и ядра Земли. Возможно, это связано как с неточным

анализом и учётом многообразия их вещественного состава, так и с расходящимися теоретическими представлениями о вещественном составе самого ядра Земли.

6. Современная модель земного ядра, разделённая на твёрдую и жидкую фазы, не укладывается в модельную многослойную по плотности структуру, состоящую, возможно, из четырёх фаз. От центра к его внешней части по плотности, г/см³: а) 26,96-16,35; б) 14,493; в) 8,816; г) 7,422. Если действительно полагать непрерывность обмена веществом ядра с геосферами в течение всей геологической истории Земли, то сама структура ядра в целом может и не представлять собой концентрические зоны, а, скорее зоны, с плавающими в них не обязательно концентрических и не постоянных по составу фаз [5].

Литература

1. Валяшко М.Г. Эволюция химического состава воды океана // История Мирового океана. – М.: Наука, 1971. – С. 97-104.
2. Грачев А.Ф., Мартынова М.А. О вероятном составе воды первичного океана. – Л.: Вестник ЛГУ, 1980, № 12. – С. 17-25.
3. Григорьев Н.А. О кларковом содержании химических элементов в верхней части континентальной коры// Литосфера, 2002, № 1, с. 61-71.
4. Кокин А.В. Эволюция кремнезёма в составе горных пород в истории Земли и внутренних планет Солнечной системы// Уральский геологический журнал. 2023. № 2(152). С.36-55.
5. Кокин А.В., Кокин А.А. Золотое сечение и эволюция (введение в общую теорию нелокальной эволюции). М.: ООО «Информ-Право». 2022.-232 с. с илл.
6. Кокин А.В., Кокин А.А. К оценке геодинамической устойчивости геосфер Земли //Вестник Геонаук, май 2024, №5. с. 16-28.
7. Пушаровский Ю. М. Сейсмотомография и структура мантии: Тектонический ракурс // Доклады РАН. 1996. № 6. С. 805—809.
8. Хаустов В.В., Мартынова М.А., Диденков Ю.Н. К проблеме состава и происхождения ювенильных вод //Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле. РАЕН. №2 (37).2010. с. 99-108.
9. Altweg K. и др. 67P/Churyumov-Gerasimenko, a Jupiter family comet with a high D/H ratio // Сайенс 23 января 2015: т. 347, выпуск 6220, DOI: 10.1126/science.1261952.
- 10.Oganov A.R. Glass C.W. (2006). Crystal structure prediction using ab initio evolutionary techniques: principles and applications //Journal of Chemical Physics.— Vol.124.— P.244704.
- 11.Ruby W.W. Geologic history of sea water // The origin and evolution of atmosphere and oceans, 1964. – P. 1-63.

УДК: 553.25/26

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-13-23

ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МИНЕРАЛИЗАЦИЙ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСАХ

Парада С.Г.

Южный научный центр РАН, Геофизический институт ВЦ РАН

Приведен краткий обзор эволюции представлений о золоторудных месторождениях в черносланцевых (сланцевых) толщах, которые в зарубежных публикациях объединены понятием «орогенные месторождения золота». Показано, что наиболее распространенными и конкурирующими между собой в настоящее время являются метаморфогенная и магматогенная гипотезы. И та и другая гипотезы предполагают наличие промежуточного источника золота, в качестве которого рассматриваются слои осадочных пород с надкларковыми содержаниями золота. Однако причины обогащения золотом осадочных пород нигде не рассматриваются. В настоящей статье показано, что первичное обогащение золотом осадочных пород может осуществляться на разных стадиях литогенеза: диагенетической, катагенетической, метагенетической. При этом образуются разнообразные по минеральному составу минерализации с относительно повышенными содержаниями золота, которые предлагается называть предрудными. Они представлены стратифицированной вкрапленностью седиментогенно-диагенетических сульфидов, элизионно-катагенетическими кварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами, а также субмаринными эксгалиационно осадочными сульфидными и сульфидно-кремнистыми образованиями. Установлено, что золото-сульфидно-вкрапленный минерально-морфологический тип предрудных минерализаций и золоторудных месторождений локализуется в черносланцевых толщах с калиевым типом щелочности, а золото-кварцевый жильно-прожилковый тип – в сланцах с натриевым типом щелочности, что зависит от геодинамических и фациальных особенностей седиментогенеза, полноты и интенсивности проявления последующих стадий литогенеза.

Ключевые слова: черные сланцы, орогенные месторождения золота, предрудные минерализации, литогенез, диагенез, катагенез, минерально-морфологический тип, золото-сульфидный, золото-кварцевый.

LITHOGENETIC ASPECT OF THE FORMATION OF GOLD MINERALIZATION IN BLACK SHALE COMPLEXES

Parada S.G.

Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Geophysical Institute of VNC RAS

A brief overview of the evolution of ideas about gold deposits in black shale (shale) strata, which in foreign publications are united by the concept of "orogenic gold deposits", is given. It is shown that the metamorphogenic and magmatogenic hypotheses are currently the most widespread and competing among themselves. Both hypotheses suggest the presence of an intermediate source of gold, which is considered to be layers of sedimentary rocks with superclark gold contents. However, the reasons for the gold enrichment of sedimentary rocks are not considered anywhere. This article shows that the primary gold enrichment of sedimentary rocks can be carried out at different stages of lithogenesis: diagenetic, catagenetic, metagenetic. At the same time, mineralizations of various mineral composition with relatively high gold contents are formed, which are proposed to be called pre-ore. They are represented by stratified inclusions of sedimentogenic diagenetic sulfides, elysion-catagenetic quartz veins and vein-veined zones, as well as submarine exhalation sedimentary sulfide and sulfide-siliceous formations. It has been established that the gold-sulfide-interspersed mineral-morphological type of pre-ore mineralization and gold deposits is localized in black shale strata with potassium type of alkalinity, and the gold-quartz vein-veined type - in shales with sodium type of alkalinity, which depends on the geodynamic and facies features of sedimentogenesis, completeness and intensity of manifestation of subsequent stages of lithogenesis.

Keywords: black shales, orogenic gold deposits, pre-ore mineralization, lithogenesis, diagenesis, catagenesis, mineral morphological type, gold-sulfide, gold-quartz.

Введение

Условия образования золоторудных месторождений в черносланцевых толщах по-прежнему остается предметом дискуссий. Это связано, во-первых, с наличием различных типов оруденения в углеродистых толщах, и, во-вторых, с вопросами источников рудоносных минерализаций и самого ценного компонента этих минерализаций, - золота. На основе изучения золотоносности черносланцевых толщ Южного Тянь-Шаня В.Г.Гарьковец обосновал модель осадочно-

метаморфогенного золотого оруденения центральных Кызылкумов (Узбекистан). Подчеркивая специфику сингенетично-эпигенетических месторождений, он выделил углеродистую формацию золоторудных месторождений [8].

В.А.Буряк разработал и всесторонне обосновал модель метаморфогенно-гидротермального рудообразования на примере месторождения Сухой Лог, первооткрывателем которого он является, и ряда других золоторудных объектов Ленского золотоносного района (Голец Высочайший, Вернинское и др.). В предложенной им концепции главная рудогенерирующая и транспортирующая роли одновременно принадлежат процессам зонального метаморфизма углеродисто-терригенных толщ. Основное количество золота, которое содержится в руде, поступает из зон высокотемпературного метаморфизма и гранитизации. Непосредственно из боковых пород изымается не более 5-15% золота, и практически весь кремнезем и всё железо [5,6]. Теорию гидротермально-метаморфогенного генезиса месторождений поддержали [10,18,39] и др.

Вместе с тем продолжала развиваться гипотеза гидротермального происхождения руд, связанных с глубинными магматическими очагами. В начале нынешнего столетия она получила развитие в работах [11,17], которые обосновывали происхождение и роль углеродистого вещества тем, что под золоторудными полями расположены локальные очаги гранитизации флишидных пород, над которыми возникают потоки сверхкритических восстановленных газов и таких минералов, как графит, шунгит, антракосолит. При этом свободные формы углерода, как и вода, являются продуктами окисления мантийных водно-углеводородных и восстановленных газов в земной коре.

Дальнейшие дискуссии возникают именно между магматогенным и метаморфогенным направлениями.

Развитие гипотез происхождения золоторудные месторождения в сланцевых поясах

Однако вышеуказанные гипотезы не освещали связь с тектоникой плит и постепенно теряют актуальность. В начале XXI в., благодаря логическим обобщениям процессов, вызванных коллизионной тектоникой, группа американских ученых предложила структурно контролируемые сланцевыми поясами золоторудные месторождения называть орогенными [32]. Термин «орогенные золоторудные месторождения» стал объединяющим понятием для определения группы месторождений и рудопроявлений золота, которые сформировались на позднем этапе становления орогена при участии средне- и высокоглубинных метаморфических флюидов, при этом участие глубинных магматических флюидов окончательно не отбрасывается. На примере золоторудных месторождений Тихоокеанского кольца было предложено принципиально новое объяснение глобальной металлогении золоторудных месторождений орогенного типа [34] и, с опорой на основные положения террейновой концепции в теории мобилизма, разработана модель формирования месторождений золота орогенного типа на разных глубинах относительно зоны конвергенции. Согласно этой модели орогенные месторождения разделены на три группы: эпизональные (1-5 км), мезозональные (5-10 км), гипозональные (10-20 км). Для каждой группы месторождений кроме диапазона глубин формирования приведены также особенности состава, а именно преобладание отдельного типа оруденения: Au-Sb, Au-As-Te и Au-As. В этой модели понятие «орогенные золоторудные месторождения» объединяет разноглубинные объекты терригенных толщ от золото-ртутных и золото-сурьмяных до золото-сульфидных вкрапленных и золото-кварцевых жильно-прожилковых. Позже были осуществлены региональные палеорекострукции на основе этой модели, которые объяснили тектоническую позицию и временную эволюцию орогенных месторождений золота различных типов с позиции мобилизма [33].

В начале нынешнего столетия появилось большое количество публикаций, посвященных всестороннему изучению орогенных месторождений золота. В это время уже существует целый ряд конкурирующих гипотез: магматогенно-гидротермальная, метаморфогенно-гидротермальная,

осадочно-гидротермальная, седиментогенная. Приоритетное развитие получила гипотеза метаморфогенного генезиса золоторудной минерализации, согласно которой минералообразующий раствор формируется из вертикально и латерально направленных потоков флюида, выделенного вследствие процессов дегазации и дегидратации осадочной толщи в условиях регионального метаморфизма [35,36,38 и др.]. Вместе с тем, исходя из того, что некоторые месторождения сопровождаются интрузиями гранитоидов и послегранитоидных даек, многие исследователи определяющим продолжают считать воздействие магматического источника [4, 31 и др.].

Такое разнообразие гипотез связано с тем, что на многих золоторудных месторождениях, локализованных в черносланцевых толщах, отмечаются различные сочетания признаков седиментогенного, вулканогенно-осадочного, метаморфогенно-гидротермального, магматогенно-гидротермального происхождения, что и привело к появлению различных гипотез. Объединение этих фактов нашло отражение в гипотезе полигенно-полихронного формирования таких месторождений, выдвинутой еще в 1992 году группой ученых ЦНИГРИ [16].

В работах А.В.Кокина, на примере месторождений, локализованных в углеродисто-терригенных толщах верхоянского комплекса, показано, что с каждым этапом геологического развития региона источники золота трансформируются, то есть источники золота эволюционируют [13,14]. В качестве первоисточника А.В.Кокин обосновал наличие отдельных, обогащенных золотом слоев осадочных пород. Согласно его исследованиям при проявлении магматизма появление золоторудных месторождений возможно только в случае взаимодействия магматогенных гидротермальных растворов с такими слоями.

Группа исследователей из ИГЕМ РАН, обратила внимание на региональное развитие зон тонковкрапленной сульфидизации в черносланцевых толщах, предположив, что они являются важнейшим металлогеническим ресурсом и источником золота, платиноидов и др. металлов при эндогенном рудообразовании [26,27,28]. Однако, ни А.В.Кокин, ни А.А.Сидоров с коллегами, не отвечают на главный вопрос, - первопричины появления обогащенных золотом или золотоносными сульфидами участков осадочных толщ. В этом отношении представляет интерес работы [3,29], в которой показано, что обогащение благородными металлами палеозойских черносланцевых толщ Передового хребта Северного Кавказа обусловлено поступлением этих металлов из ультрабазитов в ходе денудации и последующей седиментации продуктов разрушения.

Рудоподготовительный период

В работах С.Г.Парады [37], который опираясь на представления Д.В.Рундквиста [25] о длительной предрудной истории месторождений обосновано выделение рудоподготовительного периода в формировании золоторудных месторождений в черносланцевых комплексах. В этот период происходит накопление углеродисто-терригенных осадков, в ходе которого и при последующих постседиментационных преобразованиях могут формироваться обогащенные золотом и другими металлами слои осадочных пород. Согласно исследованиям, в рудоподготовительный период золото и другие рудообразующие элементы могут накапливаться в повышенных концентрациях (на 1–2 порядка выше кларка) в больших объемах горных пород. В зависимости от стадии литогенеза и особенностях их проявления такие концентрации могут быть связаны с участками развития осадочно-диагенетических сульфидов, зонами концентрации элизионно-катагенетических (латераль-секреционных) кварцевых жил и прожилков, прослоями и залежами субмаринных эксгалационно-осадочных сульфидных и сульфидно-кремнистых образований. Такие крупнообъемные скопления золотоносных минерализаций могли быть источником золота в последующих эндогенных рудообразующих процессах (метаморфогенных и (или) магматогенных), что согласуется с представлениями [3,29]. Показано [21], что вещественно-морфологический тип таких предрудных минерализаций определяется фаціальными и геодинамическими обстановками седиментации, характером и полнотой проявления последующих стадий литогенеза.

В связи с предложенной концепцией, становится очевидной необходимость исследований вещественного состава, геодинамических и фациальных условий формирования рудоносных и потенциально рудоносных черносланцевых толщ, условий формирования в них предрудных золотоносных минерализаций.

Литохимические особенности рудовмещающих черносланцевых толщ

Именно в черносланцевых толщах Сибири, Дальнего Востока и ближнего зарубежья были открыты наиболее крупные месторождения золота (Сухой Лог, Олимпиадинское, Маломыр, Майское, Нежданинское, Наталкинское, Мурунтау, Кумтор, и др.). С надеждой обнаружить подобные месторождения на Юге России с 2005 года на Северном Кавказе проводятся целевые поисковые работы на золото в черносланцевых толщах. Анализ результатов этих работ показал универсальность предложенной нами ранее концепции предрудных минерализаций, формирующихся в различные стадии литогенеза. В частности, в углеродистых толщах рудных узлов Северного Кавказа выделены такие же три минерально-морфологических типа золотоносных минерализаций с относительно низкими содержаниями золота, которые или сами по себе являются объектом геологоразведочных работ или сопутствуют более богатым рудам. Исходя из разработанной нами для восточных районов РФ концепции литогенетической обусловленности золотого оруденения в черносланцевых толщах, изученные на Северном Кавказе минерализации можно рассматривать как предрудные концентрации золота, связанные с различными стадиями литогенеза углеродисто-терригенных толщ. К ним относятся 1) участки скопления осадочно-диагенетических сульфидов в углеродистых отложениях юры Кардан-Куспартинского рудного узла, где основная золотоносность связана с сульфидами [12]; 2) зоны концентрации кварцевых жил и прожилков в юрских углеродистых сланцах Арсикумовского, палеозойских углеродистых сланцах Уруп-Лабинского и протерозойских углеродистых сланцах Малка-Муштинского рудных узлов [19,22]; 3) прослои и залежи сульфидных и сульфидно-кремнистых субмаринных экзогаляционно-осадочных образований в составе черносланцевых толщ Уруп-Лабинского рудного узла [9,15]. Содержания золота во всех перечисленных образованиях в 10–100 раз превышают фоновые и составляют сотые и десятые доли г/т.

Анализ таблицы 1 показывает, что вмещающие эти минерализации углеродисто-терригенные породы четко разделяются по типу щелочности на две основные группы: калиевые и натриевые.

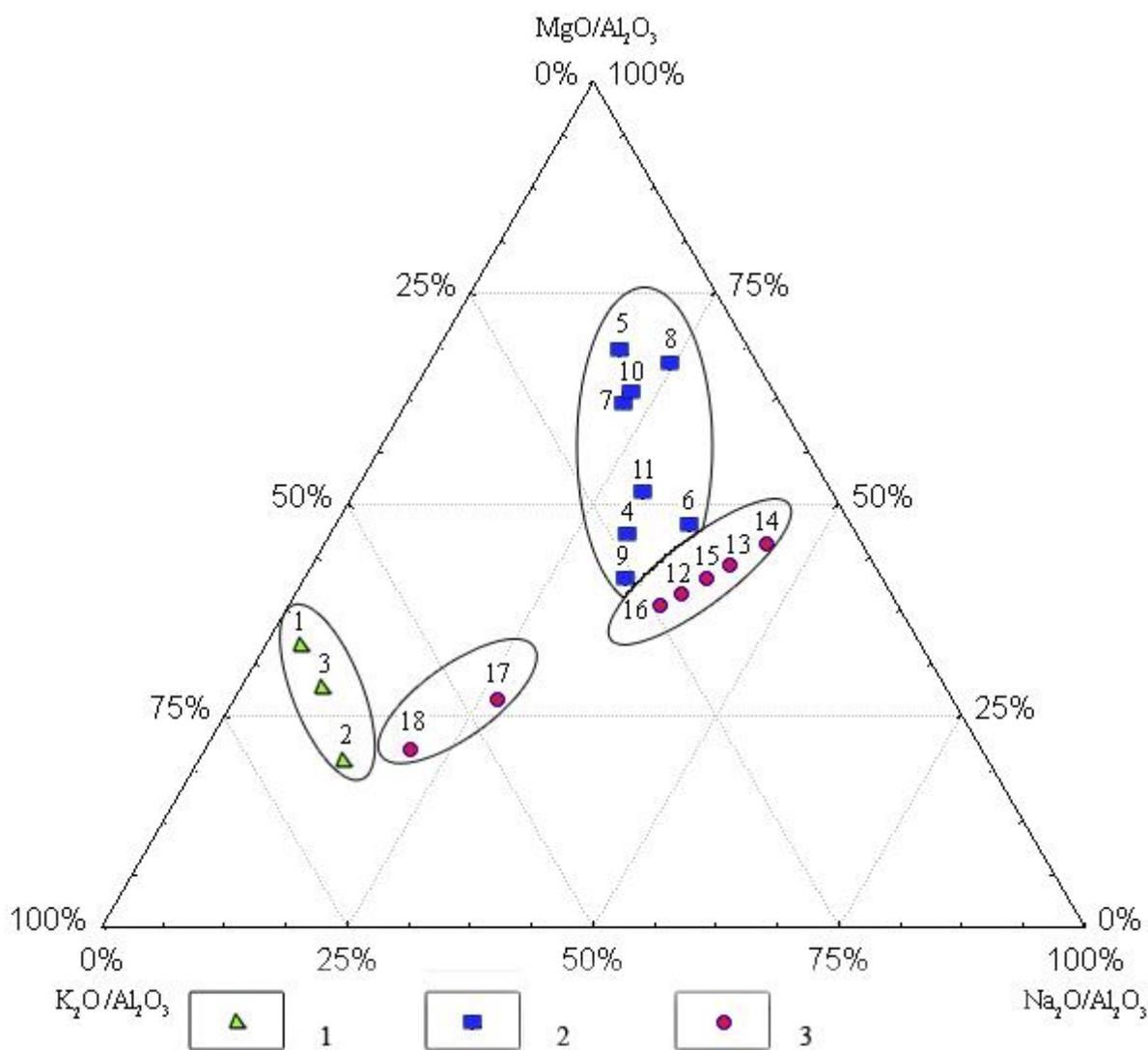
Таблица 1.

Химические составы (в %) вмещающих углеродисто-терригенных пород рудных узлов Северного Кавказа

№ пп	Возраст	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Кардан-Куспартинский рудный узел											
1	J _{1-2dz}	60.1	22	0.84	0.94	0.94	0.03	0.21	1.26	2.82	0.11
2	J _{1-2dz}	68.6	16.25	0.77	0.46	1.69	0.01	2.01	0.5	1.95	0.29
3	J _{1-2dz}	85.4	6.25	0.21	0.23	1.15	0.01	1	0.3	0.8	0.07
Уруп-Лабинский рудный узел											
4	D _{2-3an}	59.4	16	0.8	5.58	1.46	0.2	1.52	4	2.36	2.04
5	D _{2-3an}	59	14.1	0.73	5.98	1.21	0.21	1.59	7.78	1.75	1.64
6	D _{2-3an}	60.8	15.8	0.81	5.96	1.49	0.15	0.74	4.61	1.86	2.68
7	D _{2-3an}	60.8	14.7	0.78	5.7	2.77	0.21	0.6	5.45	1.63	1.5
8	D _{2-3an}	55.5	14.9	0.8	6.15	1.87	0.22	0.94	9.33	1.46	2.65
9	D _{2-3an}	63.62	15.28	0.53	6.38	0.53	0.18	0.89	4.37	3.23	2.67
10	D _{2-3an}	56.82	16.01	0.61	6.28	1.15	0.06	0.88	7.97	2.16	2.15
11	D _{2-3ar}	50.6	19	0.66	6.67	1.35	0.13	4.01	6.5	2.84	2.86

Малка-Муштинский рудный узел											
12	PR <i>h</i>	55.9	17.1	1.1	0.92	6.97	0.13	3.8	1.6	3.05	3.71
13	PR <i>h</i>	61.4	14.65	0.75	0.93	5.48	0.17	4.28	1.1	1.92	3.7
14	PR <i>dn</i>	57.4	15.87	1.05	1.11	9.8	0.21	1.76	1.24	1.9	5.8
15	PR <i>dn</i>	61.48	16.96	0.99	5.07	1.34	0.12	2.85	2.77	2.8	4.25
16	PR <i>dn</i>	62.42	16.1	0.69	4.7	2.05	0.11	4.5	2.67	2.72	2.8
17	PR <i>sh</i>	52.4	22.85	1.28	0.14	10.64	0.1	0.3	1.1	3.55	1.36
18	PR <i>sh</i>	55.8	22.55	1.31	0.11	7.88	0.09	0.3	1.2	5.05	1.2

Такое разделение хорошо иллюстрируется треугольной диаграммой (рис. 1). Среди пород натриевого типа в Урупо-Лабинском узле в отдельный подтип выделяются специфические углеродисто-терригенные породы с аномально повышенным магнием.



- 1 – юрские углеродистые глинистые сланцы Кардан-Куспартинского рудного узла (1 – 3);
 2 – девонские углеродистые сланцы Урупо-Лабинского рудного узла (4 – 11); протерозойские углеродистые метаморфические сланцы малкинской свиты (12 – 16) и неметаморфизованные протерозойские аргиллиты (17 – 18) шиджатмазской свиты Малка-Муштинского рудного узла

Рис. 1. Диаграмма $K_2O/Al_2O_3 - Na_2O/Al_2O_3 - MgO/Al_2O_3$ (в атомных количествах), иллюстрирующая наличие трех литохимических типов черносланцевых пород в пределах рудных узлов Северного Кавказа

Магниевая специализация углеродисто-терригенных толщ Уруп-Лабинского узла объясняется соответствующим петрофондом, в качестве которого выступают породы древнего офиолитового комплекса. Это подтверждается исследованиями шлифов, в которых часто обнаруживаются микрообломки ультраосновных пород, зерна хромшпинелида (пикотита) и самородной платины [23]. Характерны также повышенные содержания в породах хрома, никеля, кобальта.

Калиевая специализация, собственно говоря, является обычной для глинистых пород и соответствует геохимической направленности литогенеза. А вот натриевая специализация глинистых толщ является аномальной. Являются ли специфическими выявленные особенности рудовмещающих черносланцевых толщ Северного Кавказа или отмечается еще где-либо, мы попытались выяснить, собрав материал по черносланцевым толщам различных регионов России и ближнего зарубежья, содержащим золоторудные минерализации, рудопроявления и месторождения.

Оказалось, что золоторудные месторождения, локализованные в черносланцевых толщах, по вещественному составу руд и морфологии рудных тел четко подразделяются на две основные группы, называемые в литературе минерально-морфологическими типами [7], рудноформационными группами [16], кварцевым и сульфидным типами [17], геолого-генетическими типами [24] и др.

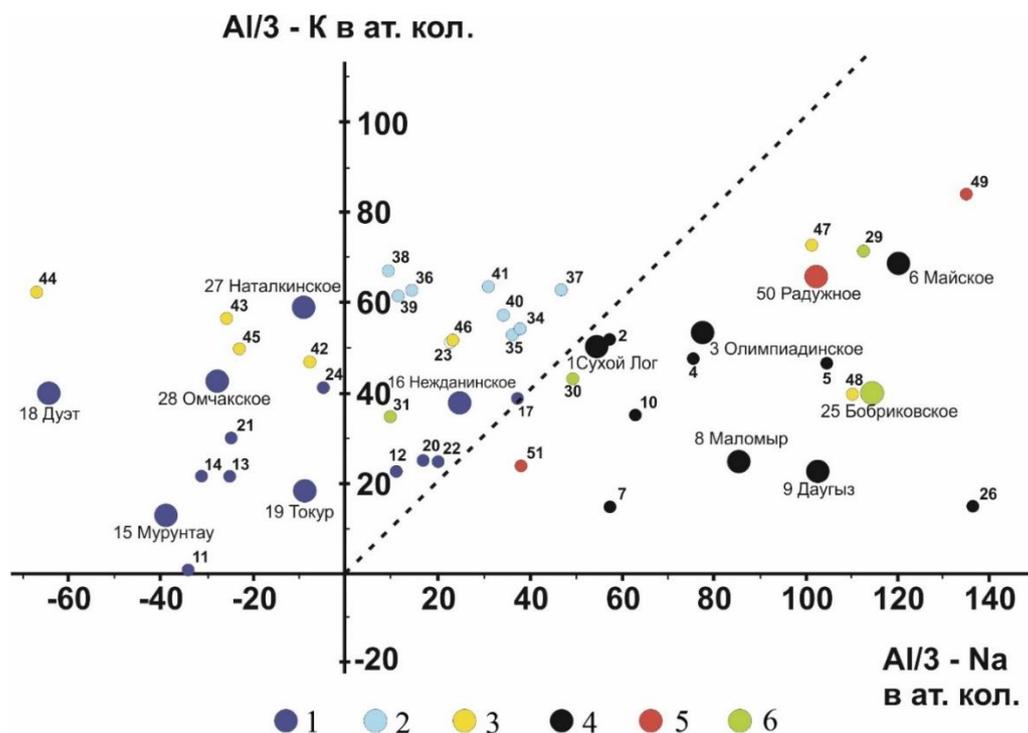
В первую группу объединяются месторождения вкрапленных и прожилково-вкрапленных золотосульфидных типов руд. Рудные тела при этом представлены стратиформными пластообразными, седловидными, линзовидными, лентовидными залежами (месторождения Сухой Лог в Иркутской области, Олимпиадинское в Красноярском крае, Бакырчик в Казахстане, Радужное в Кабардино-Балкарии и др.) и косесекущими сульфидизированными зонами дробления (месторождения Даугыз в Узбекистане, Майское на Чукотке, Маломыр в Амурской области, Бобриковское в Луганской народной республике и др.). Содержание сульфидов в рудных телах колеблется от 3 до 8%. Они представлены разнообразными сочетаниями пирита, арсенопирита и пирротина. Выделяются преимущественно пиритовые (месторождения Сухой Лог и Маломыр), арсенопиритовые (месторождение Вернинское), пирит-арсенопиритовые (месторождения Даугыз и Майское) и пирротин-арсенопиритовые (месторождение Олимпиадинское) руды. Тонкое самородное золото тесно связано с сульфидами. На некоторых месторождениях (Сухой Лог, Даугыз, Майское) отмечаются более поздние по отношению к сульфидным зонам кварцевые жилы и прожилки, генетически связанные с более поздней магматической деятельностью и связанными с ней гидротермально-метасоматическими процессами.

Во вторую группу объединяются месторождения жильных и жильно-прожилковых (штокверковых) золотокварцевых руд. Рудные тела при этом представлены отдельными пластообразными, седловидными, лестничными, а также секущими кварцевыми жилами (месторождения Кулар, Юр, Дуэт в Якутии, Токур в Амурской области) и жильно-прожилковыми (штокверковыми) стратифицированными и секущими зонами различной морфологии (месторождения Мурнтау в Узбекистане, Нежданинское в Якутии, Наталкинское в Магаданской области, Советское в Красноярском крае и др.). Отдельные жилы и прожилки, как и в составе жильно-прожилковых зон, сложены более чем на 90% кварцем. Из других жильных минералов повсеместно отмечаются альбит и карбонаты. Содержание сульфидов от 1-2 до 5%. Везде они представлены пиритом и арсенопиритом в различных соотношениях. В резко подчиненном количестве обнаруживаются сульфиды поздних генераций (сфалерит, галенит, халькопирит и др.). Довольно крупные частицы самородного золота располагаются в кварце, часто в ассоциации с поздними сульфидами и ксенолитами углеродистых пород в зальбандах кварцевых жил и прожилков. Каких-либо заметных гидротермально-метасоматических изменений вмещающих околожильных пород обычно не отмечается.

Нами собранные данные химических анализов по черносланцевым породам, вмещающих золоторудные месторождения и рудопроявления указанных выше двух основных минерально-морфологических типов различных регионов, в том числе изученных нами на Северном Кавказе. Проведен их сравнительный анализ с применением различных методик. Оказалось, что единственным отчетливым различием является тип щелочности рудовмещающих углеродисто-терригенных толщ. По типу щелочности рудовмещающие толщи подразделяются на две большие группы: нормальные калиевые и аномальные натриевые. Эти различия отчетливо обнаруживаются на многочисленных петрохимических диаграммах, но лучше всего иллюстрируются на диаграмме Al/3-K – Al/3-Na, представленной на рис. 2.

Выявленная калиевая и натриевая специализации углеродисто-терригенных пород устанавливаются не только в пределах золоторудных месторождений, рудопроявлений и пунктов минерализации, но и сохраняются по простиранию толщ, независимо от того, есть в них руденение или нет, то есть являются свойством самих пород.

Первая группа пород с калиевой специализацией представлена преимущественно первично пелитовыми породами, аналогичными по химическому составу глинам и глинистым сланцам геосинклиналей по [23]. Во вторую группу объединяются разнообразные первично пелитовые, алевроитовые и псаммитовые породы, общей особенностью которых является аномально высокое для терригенных осадочных образований содержание Na₂O при нормальном - K₂O.



1 – 5 – регионы расположения рудовмещающих черносланцевых толщ: 1 – Амурская и Магаданская области, Узбекистан, Якутия; 2 – Урупо-Лабинский рудный узел (Карачаево-Черкесская республика); 3 – Малка-Муштинский рудный узел (Кабардино-Балкарская республика); 4 - Сибирь, Амурская область, Чукотка, Казахстан; 5 – Кардан-Куспартинский рудный узел (Кабардино-Балкарская республика); 6 – Донбасс (Луганская народная республика). Пунктирная линия разделяет поля черносланцевых толщ с нормальным калиевым типом щелочности, вмещающих рудные минерализации золото-сульфидно-вкрапленного типа (справа) и с аномальным натриевым типом щелочности, вмещающих рудные минерализации золото-кварцево-жильно-прожилкового типа

Рис. 2. Положение фигуративных точек средних химических составов черносланцевых пород, вмещающих золоторудные месторождения, рудопроявления и пункты минерализации жильно-прожилкового золото-кварцевого типа (1 – 3) и прожилково-вкрапленного золото-сульфидного типа (4 – 6) на диаграмме Al/3-K – Al/3-Na.

Таким образом, глобально выделяются два основных литохимических типа рудовмещающих углеродисто-терригенных пород - нормальный калиевый и аномальный натриевый. В калиевых породах локализованы месторождения золотосульфидных вкрапленно-прожилковых руд. В натриевых породах развиты месторождения золотокварцевого жильного и жильно-прожилкового типов.

Эти данные согласуются с выявленным ранее бимодальным законом распределения содержания Na_2O в парасланцах земного шара [2]. Первый уровень концентраций Na_2O (0,6-1,6%) является обычным для осадочных пород, а второй (2,5-3,5%) не имеет аналогов среди осадочных образований и характерен только для некоторых толщ, прошедших стадию катагенеза, метагенеза или подверженных региональному метаморфизму. В соответствии с концепцией Т. Барта [1] аномальное обогащение пород натрием в этих условиях происходит за счет захороненных в осадке хлоридно-натриевых морских вод. Если же осадки, пройдя лишь стадию диагенеза, испытывали поднятие выше уровня моря еще до того, как они подверглись катагенезу, метагенезу или метаморфизму, то натрий, содержащийся в порах, выщелачивался. При последующем метаморфизме такие породы сохраняли нормальный для осадочных пород калиевый тип щелочности. Таким образом, содержание натрия в терригенных толщах является показателем особенностей эволюции осадочно-породных бассейнов и полноты реализации стадий литогенеза.

Согласно проведенным ранее исследованиям, углеродистые толщи с нормальной калиевой специализацией формировались в условиях относительно спокойного тектонического режима шельфа пассивных окраин, что определяло накопление преимущественно пелитовых и карбонатных осадков, возможность сероводородного заражения и образования осадочно-диагенетических сульфидов в специфических фациях локальных впадин. Согласно модели [10] обогащение сульфидов золотом происходило за счет длительного взаимодействия придонных вод в условиях сероводородного заражения. Развитие литогенеза в таких бассейнах прекращалось по завершении диагенеза в результате складчатости и поднятия осадочных пород в зону гипергенеза до наступления стадии катагенеза.

Условия формирования натриевой специализации терригенных толщ определены нами согласно результатам фациального и стадияльного анализа [30]. Осадочная толща верхоянского комплекса формировались в интенсивно прогибающемся бассейне компенсационного типа, расположенном на континентальном склоне и его подножии пассивной окраины Сибирского палеоконтинента. На стадии осадконакопления действовал механизм лавинной седиментации, в результате которого накапливались огромные массы богатого кремнеземом и органическим веществом песчанистого и алевропелитового материала. При таких условиях диагенетические процессы не успевали уравновесить многокомпонентную органо-минеральную массу, которая очень скоро оказывалась в условиях катагенеза и (или) метагенеза при температурах около 200 °С. Нами определено, что именно в таких условиях возможна массовая альбитизация толщ за счет натрия захороненных в порах осадков морских вод и образование альпийских (элизионно-катагенетических) кварцевых жил за счет растворения SiO_2 в условиях повышения щелочности среды и перераспределения избыточного кремнезема осадков элизионными водами. Главной особенностью этого геохимического процесса, определяющей металлогеническую специализацию толщ, является разделение натрия и хлора. В термодинамических условиях катагенеза и метагенеза натрий фиксируется в новообразованном альбите, а хлор, не образуя собственной минеральной фазы, насыщает элизионные воды и, обладая избирательно высокой активностью по отношению к золоту, способствует его выщелачиванию, миграции и перераспределению в масштабе всей толщи, создавая тем самым предпосылки для рудной минерализации образующихся одновременно кварцевых жил и прожилков.

Заключение

Золотоносные минерализации в черносланцевых толщах является полигенно-полихронными образованиями. Существенное значение при этом имеет этап литогенеза. Именно на этом этапе в зависимости от стадии литогенеза и полноты ее проявления определяется минерально-морфологический тип будущего оруденения. Индикатором проявленной постседиментационной стадии литогенеза является тип щелочности черносланцевой толщи. Калиевый тип свидетельствует о полноте проявления диагенетической стадии преобразования осадков, когда в застойных условиях сероводородного заражения могли формироваться сульфиды. Натриевый тип щелочности указывает на проявление стадии катагенеза и (или) метагенеза, когда термодинамические условия преобразования осадков достигают условий зеленосланцевой фации метаморфизма. В этих условиях, в связи с повышением температуры и скачком щелочности водной среды резко увеличивается растворимость кремнезема, происходит формирование кремнекислых растворов, и образование кварцевых жил и прожилков.

Таким образом, в толщах с калиевой литохимической специализацией развиты сульфидно-вкрапленные типы оруденения, в толщах с натриевой литохимической специализацией развиты кварцево-жильно-прожилковые типы оруденения.

Определение роли углеродистого вещества в формировании золотоносности черносланцевых толщ в целом, и указанных выше типов предрудных минерализаций не входило в задачу настоящего исследования. По этому вопросу можно высказать только предположения.

По мнению автора, роль углеродистого вещества определяется в первую очередь его высокой сорбционной ёмкостью и способностью сбрасывать сорбированные элементы при нагревании. Так, например, согласно экспериментальным данным, активированный уголь способен сорбировать золото из хлоридных растворов до 50% от собственного веса. С увеличением температуры происходит десорбция. Одновременно повышается растворимость золота. Поэтому значительная часть сорбированного золота на стадии катагенеза могла перейти в эксфильтрационные щелочные кремнекислые растворы.

Степень золотоносности диагенетических сульфидов может зависеть от наличия в иловых и (или) придонных водах повышенных концентраций золота. Появление таких концентраций также можно связать с сорбированным углеродистым веществом золотом. В условиях сероводородного заражения часть углеродистого вещества разрушается за счет химической реакции $C + 2H_2S = CH_4 + 2S$. При этом золото не переходит в газовую фазу и обогащает иловые и придонные воды.

Литература

1. Барт Т.Ф. Соотношение натрия в изверженных и осадочных породах/ Проблемы геохимии. – М.: Наука, 1965. – С. 424-428.
2. Беус А.А. Геохимия литосферы. – М.: Недра, 1972. – 296 с.
3. Богущ И.А., Черкашин В.И. Источники благородных металлов (Au, Pt, Pd) на Северном Кавказе // Литосфера. 2019, том 19, № 3, с. 465–471. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-3-465-471
4. Бортников Н.С. Геохимия и происхождение рудообразующих флюидов в гидротермально-магматических системах в тектонически активных зонах // Геол. рудных месторожд. - 2006. - Т. 48, № 1. - С.3-28.
5. Буряк В.А. Метаморфогенно-гидротермальный тип золотого оруденения // Геология рудных месторождений. – 1975. – Т.18, № 2. – С. 15–26.
6. Буряк В.А. Источники золота и сопутствующих компонентов золоторудных месторождений в углеродсодержащих толщах // Геология руд. месторождений. 1986. Т. 28, №6. С. 31-43.
7. Буряк В.А., Неменман И.С., Парада С.Г. Метаморфизм и оруденение углеродистых толщ Приамурья. Владивосток. ДВО АН СССР. 1988. 116 с.
8. Гарьковец В.Г. О выделении углеродисто-рудной формации (на примере Южного Тянь-Шаня // Узб. геол. журн. - 1976. - № 5. - С.17-21.

9. Глазырина Н.В., Глазырин Е.А. Кобальтин-пентландит-пирротиновая аутигенная сульфидная минерализация черносланцевых отложений // Записки Российского минералогического общества. 2011. Т. 140. № 1. С. 83-90.
10. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А., Котина Р.П., Пашкова Е.А., Горячкин Н.И. Механизмы концентрирования благородных металлов в терригенно-углеродистых отложениях. М.: Научный мир, 1999. 124 с.
11. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Глубинная флюидизация земной коры и ее роль в петрорудогенезе, солее- и нефтеобразовании. М.: ЦНИГРИ, 2001. 206 с.
12. Кайгородова Е.Н., Чугаев А.В., Лебедев В.А., Садасюк А.С., Гареев Б.И., Баталин Г.А. Au-сульфидное месторождение Радужное (Северный Кавказ): геологическое строение, минералогические особенности и источники вещества // Геология рудных месторождений. 2022. Т. 64. № 5. С. 423-450. DOI: 10.31857/S0016777022040037
13. Кокин А.В. Новые данные по золотоносности осадочных пород Юго-Восточного обрамления Сибирской платформы // Доклады АН СССР. – 1990. – Т.13, №3. – С. 697–699.
14. Кокин А.В. Оценка перспективности рудных объектов. – Ростов-на-Дону: ООО «Ростиздат», 2005. – 384 с.
15. Кулиш Е.А., Парада С.Г. Гидротермально-осадочные образования в золотоносных черносланцевых комплексах // Доклады Национальной академии наук Украины. 2007. № 11. С. 112-118.
16. Курбанов Н.К., Арифуров Ч.Х., Ехиванов В.А., Романов В.И. Полигенно-полихронные золоторудные месторождения терригенных комплексов // Руды и металлы. 1992. Стартовый номер. С. 54–61.
17. Маракушев А.А., Русинов В.Л. Природа золотоносности углеродистых толщ // Доклады Академии наук. 2005. Т. 401. № 4. С. 515-520.
18. Овчинников Л.Н. О роли метаморфизма в рудообразовании / Процессы и закономерности метаморфогенного рудообразования: Сб. науч. тр. - Киев: Наукова думка, 1988. - С.5-9.
19. Парада С.Г. Потенциально золотоносные минерализации в углеродистых породах Малка-Муштинского рудного узла (Северный Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. 2022. Т. 12. № 4. С. 129-141. DOI: 10.46698/VNC.2022.58.17.010
20. Парада С.Г. Платина и платиноиды в палеозойских черносланцевых толщах Передового хребта (Северный Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. 2023. Т. 13. № 1. С. 112-124. DOI: 10.46698/VNC.2023.14.73.008
21. Парада С.Г., Артемов И.А. Литогенетическая концепция золотоносности черносланцевых толщ и ее приложение к рудным районам Юга России // Геология и геофизика Юга России. 2023. Т. 13. № 4. С. 6-17. DOI: 10.46698/VNC.2023.76.15.001
22. Парада С.Г. Золотоносные и потенциально золотоносные минерализации в черносланцевой толще Арсикомского рудного поля (Северный Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. 2024. Т. 14. № 2. С. 131-142. DOI: 10.46698/VNC.2024.57.92.010
23. Ронов А.Б., Ярошевский А.А. Химическое строение земной коры // Геохимия. – 1967. – № 11. – С. 1285-1310.
24. Сафонов Ю.Г. Гидротермальные золоторудные месторождения: распространенность – геолого-генетические типы и продуктивность рудообразующих систем // Геология руд. месторождений. – 1997. – Т. 39, № 1. – С. 25-40.
25. Рундквист Д.В. Фактор времени при формировании месторождений: периоды, эпохи, этапы и стадии рудообразования // Геология руд. месторождений. – 1997. – Т. 39, № 1. – С. 11–24.
26. Сидоров А.А., Волков А.В. Источники рудного вещества и условия формирования золоторудных месторождений Северо-Востока России // Докл. РАН. – 2001. – Т. 376, №5. – С. 658-661.
27. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Базовые рудные формации и новый подход к систематике месторождений // Тихоокеан. геология. 1989. № 6. С. 97-102.
28. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Рудоносность черносланцевых толщ: сближение альтернативных концепций // Вестн. РАН. – 2000. – Т. 70, № 8. – С. 719-724.
29. Черкашин В. И., Богуш И. А., Рябов Г.В., Исаева Н. А. Благородные металлы осадочных комплексов фанерозоя Северного Кавказа // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2021. – №3 (86). – С. 16-22. DOI: 10.33580/2541-9684- 2021-86-3-16-22

30. Япаскурт О.В. Предметаморфические изменения осадочных пород в стратиферу: Процессы и факторы. – М.: ГЕОС, 1999. – 260 с.
31. Distler V.V., Yudovskaya M.A., Mitrofanov G.L., Prokof'ev V.Yu., Lishnevskii E.N. Geology, composition and genesis of the Sukhoi Log noble metals deposit, Russia //Ore Geol. Rev. - 2004. - Vol. 24. - pp.7-44.
32. Goldfarb R.J., Groves D.I., Gardoll S. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis //Ore Geol. Rev. – 2001. - Vol. 18. – pp.1-75.
33. Groves D.I., Condie K.C., Goldfarb R.J. et al. Secular changes in global tectonic processes and their influence on the temporal distribution of gold-bearing mineral deposit //Econ. Geol. - 2005. - Vol. 100. - pp. 203-224.
34. Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F., Hart C.J.R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance //Econ. Geol. - 2003. - Vol. 98. - pp. 1-29.
35. Hagemann S.G., Cassidy K.F. Archean orogenic lode gold deposit //Rev. Econ. Geol. - 2000. - Vol. 13. - pp. 9-68.
36. Jia Y., Kerrich R., Goldfarb R. Metamorphic origin of ore-forming fluids for orogenic gold-bearing quartz vein systems in the North American Cordillera: constraints from a reconnaissance study of $\delta^{15}\text{N}$, δD and $\delta^{18}\text{O}$ //Econ. Geol. - 2003. - Vol. 98. - pp. 109-123.
37. Parada S.G. The Lithogenic Nature of Some Gold Deposits in Carbonaceous–Terrigenous Sequences // lithology and minerals/ T. 37. С. 239-253.
38. Pirajno F. Hydrothermal processes and mineral systems /Geological Survey of Western Australia. - London: Springer, 2009. – 250 p.
39. Windh J. Saddle reef and related gold mineralization, Hill End gold field, Australia: evolution of an auriferous vein system during progressive deformation // Econ. Geol. - 1995. - Vol. 90. - pp. 1764–1775.

УДК: 551.763.12

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-24-30

ГОТЕРИВСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ДАГЕСТАНА

*Исаева Н.А.**Институт геологии ДФИЦ РАН*

В статье рассматриваются вопросы биостратиграфического расчленения готеривских отложений Дагестана, приведена схема стратиграфического расчленения готеривских отложений на основании изучения макро и микрофауны, изложена стратиграфия готерива по изученным комплексам фораминифер. Учитывая важность определения возрастной характеристики изучаемых объектов, продолжаются исследования в области стратиграфии на предмет недостаточного обоснования объемов отдельных ярусов, поъярусов, зон, стратиграфическое взаимоотношение готеривских отложений с подстилающими и перекрывающими отложениями.

Ключевые слова: литология, угловое несогласие, биостратиграфическое расчленение, стратиграфия, доломитизированные известняки, фаунистический анализ, биономические условия бассейнов, микрофаунистические исследования.

HAUTERIVIAN DEPOSITS OF DAGESTAN

*Isaeva N.A.**Institute of Geology DFRC RAS*

The article discusses the issues of biostratigraphic subdivision of Hauterivian deposits of Dagestan, provides a scheme of stratigraphic subdivision of Hauterivian deposits based on the study of macro and microfauna, and presents the stratigraphy of Hauterivian based on the studied foraminifera complexes. Considering the importance of determining the age characteristics of the objects under study, research continues in the field of stratigraphy for the purpose of insufficient substantiation of the volumes of individual stages, substages, zones, and the stratigraphic relationship of Hauterivian deposits with underlying and overlying deposits.

Keywords: lithology, angular unconformity, biostratigraphic subdivision, stratigraphy, dolomitized limestones, faunal analysis, bionomic conditions of basins, microfaunal studies.

Отложения готеривского яруса на территории Дагестана распространены почти повсеместно. В Северном и Центральном Дагестане без признаков несогласия они залегают на подстилающих отложениях верхнего валанжина. В пределах Мугринской антиклинальной зоны (разрезы у с.с. Бурдеки, Ванаша-Махи, Маджалис) присутствует только верхняя карбонатная пачка верхнего готерива, трансгрессивно залегающая на разновозрастных отложениях юры. В скрытых структурах Восточной антиклинальной зоны готеривские отложения представлены песчанитыми и органогенно-оолитовыми известняками. Следует отметить, что в некоторых разрезах в основании готерива обнаружены конгломератоподобные образования (в разрезе у с.Ботлих по р.Чанко) и галька у с.Чирката. Возможно, здесь в этих разрезах верхняя часть валанжина несколько срезана готеривской трансгрессией. Граница между валанжином и готеривом проводится по резкой смене известняков терригенными пачками [8].

В готериве, как и в верхнем валанжине, происходит периодическое углубление и обмеление бассейна, тем не менее тенденция углубления преобладала. В самом начале готеривского века бассейн характеризуется относительно небольшой глубиной и нормальной соленостью. Здесь большое развитие получила фауна фораминифер, особенно из семейства Lagenidae; последние являются типичными бентонными организмами, обитающими в сравнительно спокойных условиях морского дна. Необходимо отметить также и то, что в некоторых прослоях готерива обнаружено значительное скопление толстостенных трохолин, представителей мелководья, обитающих в полосе прибрежной зоны. Благоприятные биономические условия способствовали развитию колониальных мшанок, морских лилий и гастропод. В средней – глинистой части

готеривских отложений (Южный Дагестан) фораминиферы менее разнообразны, что, по-видимому, связано со значительным углублением бассейна. Обилие же указанных выше организмов в готериве оказало влияние на состав органогенно-оолитовых известняков. Состав фауны фораминифер в готериве с. Акуша такой же, как и в Южном Дагестане, однако, доминирующая роль принадлежит спирально-плоскостным кристелляриям; последние являются относительно мелководными формами, тогда как развернутые представители этой группы скорее всего указывают на значительную глубину морского дна [7].

Наибольшая мощность готеривского яруса известна в разрезе у с.Могох 374 м, у с.Ботлих 281 м. В разрезе у с.Чирката, Гергебиль, Аракань, Красный Гунибский мост и Акуша – мощность их колеблется в пределах от 182 до 126 м.

Литологически готеривские отложения представлены тремя различными пачками пород: нижняя и верхняя пачка готерива сложены терригенными отложениями, средняя – известковистыми. Нижние терригенные слои представлены переслаиванием песчано-глинистых слоев с прослоями органогенно-оолитового плотного известняка. Мощность нижней пачки готерива 55 м.

В.В.Дробышевым [2] отложения готерива по р.Цмурчай были выделены только лишь по литологическим признакам. Из более ранних исследователей К.И.Богдановичем [1] готерив также фаунистически не был охарактеризован.

Готеривский ярус представлен чередованием терригенных пачек – глин, мергелей, алевролитов и глауконитовых песчаников с карбонатными пачками известняков органогенно-оолитовых, органогенно-обломочных и слабосцементированных известняков устричков. В направлении с юго-востока на северо-запад происходит замещение карбонатных пачек терригенными, литологическая граница между пачками становится расплывчатой. Так, в разрезе у с.с. Ботлих и Чирката отложения готерива представлены в основном глауконитовыми песчаниками с маломощными в 2-1,5 м прослоями известняков (детритусовых) устричковых и мшанковых. В Южном Дагестане в разрезе по р. Цмурчай готерив имеет 4-х членное строение. Нижняя пачка песчаных глин сменяется пачкой косослоистых оолитовых известняков, затем опять идет пачка песчаных глин, перекрываемая пачкой известняков. Четырехчленное строение наблюдается и в других разрезах Центрального и Северного Дагестана за исключением разреза у с. Ботлих, где выделяется пять пачек глауконитовых песчаников с различными прослоями алевролитов, известняков, устричков и глин. Фаунистическое обоснование готеривского яруса обстоятельно дано В.П.Ренгартеном, Т.А. Мордвилко, М.П.Кудрявцевым, Д.В.Дробышевым, И.Ф.Пустоваловым и И.Д.Филимоновым [4,5]. Граница между верхним и нижним готеривом проведена по появлению аммонитов *Speetonicerias coronatiformis* M.Pavi. и *Speetonicerias subinversum* M.Pavi. Многочисленные пеллециподы, морские ежи и брахиоподы в основном являются общими формами как для нижнего, так и для верхнего готерива. В разрезах Северного Дагестана в нижнем готериве (разрез у с.Ботлих) В.П.Ренгартеном определены *Exogyra sinnata* Sow., *Exogyra subsinuata* Leym., *Alectrycnis* sp., *Exogyra cf.tuberculifera* Koch.et Dunk (табл. 1).

В.Д.Голубятников и Т.А.Мордвилко (3) определили следующие виды готеривской фауны: *Trigonia aff.ingens* Lys., *Trigonia smurkensis* Mordv., *Panopaea gurgites* Brongn. var. *neocomiensis* Leym., *Panopaea recta* d Orb., *Exogira tuberculifera* Koch et Dunk. В терригенной толще готерива нами обнаружен богатый комплекс фораминифер, характеризующийся разнообразием видов и обилием особей, относящихся к сем. Lagenidae. Наиболее многочисленными из них являются *Cristellaria parallela* Rss., *Cr.crassa* Roemer, *Cr.latruncula* Chalilov, *Cr.samur-diwidjinica* Chalilov, *Cr.secans* Rss., *Cr.subparallela* sp.nov., *Cr.crassa* Roemer, *Cr.latruncula* Chalilov, *Marginulina hamulis* Rss., *Vaginulina duestensis* Bartensch. et Brand, *Vg.dagestanensis* sp.nov., *Vg.subdagestanensis*

sp.nov.var.minor var.nov., *Vg.rengarteni sp.nov.*, *Vg.praetruncata sp.nov.*, *Trifarina normalis Chalilov*. Совместно с перечисленными фораминиферами встречаются многочисленные остатки мшанок, мелких гастропод, членики стеблей криноидей и иглы морских ежей.

Из фораминифер в этой толще найдены следующие виды: *Tristix acutangulus Reuss*, *Citharina subdaghestanensis (Samyschk.)*, *Citharina daghestanensis subsp. minor (Samyschk)*, *C. Striatula Roemer*, *Gaudryina neocomica Chalil.*, *Lenticulina alikentensis (Samyschk.)*, *L.subalikentensis subsp.longa Samyschk.sp.n. (in litt)*, *L.subalikentensis (Samyschk.)*, *L.crassa Roem.*, *Frondicularia inversa Reuss*, *Hemicristellaria tricarinella Reuss*. Из прочих микроскопических остатков встречены *Ostracoda sp.*, *Gastropoda sp.*, иглы морских ежей.

В разрезах у с.с.Аракань, Гергебиль и Акуша в готеривских отложениях Т.А.Мордвилко и В.П.Ренгартеном определены следующие представители моллюсковой фауны *Panopaea cf. Neocomiensis Leym.*, *P.prevosti Leym.*, *Pholadomya gigantea Sow.*, *Exogyra tombecki Orb.*, *Astarte cf. Obovata Sow.*, *Gastropoda sp.* М.П.Кудрявцевым у с. Гергебиль в нижней терригенной и нижней карбонатной пачке определены *Exogyra subsinuata Leym.*, *Lopha rectangularis Roem.*, *Iotrigonia abichi Anth.*, *Trigonia carinata Ag.*, *Quadrato-trigonia nodosa Sow.*, *Litschkovi trigonia Renng.*, из брахиопод *Terebratula acuta Quenst.*, *T.latifrons Pict.*, *T.rusiensis Lor.*, *T.montouiniana Orb.*, *T.valdensis Lor.* Из фораминифер здесь обнаружена *Lenticulina alikentensis (Samyschk.)*.

В разрезе у с.Акуша в отложениях второй терригенной пачки нижнего готерива с включением *Exogyra subsinuata Leym.*, *Exogyra ex gr.subsinuata Leym.*, обнаружен богатый и разнообразный комплекс фораминифер: *Citharina daghestanensis (Samyschk.) sp.n. (in litt)*, *C.subdaghestanensis (Samyschk)*, *Vaginulina rengarteni Samyschk.*, *Astacolus parallela Reuss*, *Tristix insignis (Reuss)*, *Saracenaria latruncula Chalil.*, *Lenticulina crassa (Roemer)*, *L. alikentensis (Samyschk)*, *Lenticulina umbilicatula (Samyschk)*, *L.caitarica Chalil.*, *L.akuschaensis (Samyschk)* и др. Из перечисленных фораминифер многочисленными формами являются вполне свернутые, спирально-плоскостные формы *Lenticulina crassa (Roemer)*, *Lenticulina caitarica Chalil.* Остальные по количеству особей каждого вида значительно уступают им место.

В разрезе по р.Цмурчай в нижней терригенной пачке нижнего готерива с ископаемыми остатками *Panopaea neocomiensis Leym.*, *Panopaea gurgites Broung.var.neocomiensis Leym.*, *Panopaea recta Orb.*, *Telebratula acuta Quenst*, обнаружены многочисленные фораминиферы: *Tristix acutangulus Reuss*, *T. Insignis (Reuss)*, *Citharina duestensis Bartenscht.et Brand*, *C.daghestanensis (Samyschk) (in litt)*, *C.subdagheastanensis (Samyschk)*, *Hemicristellaria tricarinella Reuss*, *H.crepidularis Roemer*, *Vaginulina rengarteni Samyschk*, *Astacolus parallela (Reuss)*, *A.subparallela Samyschk. sp.n. (in litt)*, *Saracenaria latruncula (Chalil)*, *Lenticulina hauterivica (Samyschk)*, *L.alikentensis (Samyschk)*, *L.subalikentensis (Samyschk)*, *L.umbilicatula (Samyschk)*. Преобладающими формами этого комплекса являются вытянутые, развернутые и полуразвернутые формы, такие как *Astacolus parallela Reuss*, *A.subparallela (Samyschk) sp.n.(in litt)*, *Saracenaria latruncula (Chalil)*.

В карбонатной пачке нижнего готерива обнаружены *Lenticulina irregularis (Samyschk)*, *Belorusiella lobanovae Gord. (in litt)*, *Citharina incristellarioides (Samyschk)*, *Lenticulina umbilicatula (Samyschk)*.

Большое разнообразие видов и обилие особей приурочено к терригенным пачкам нижнего готерива. Особенно большим распространением фораминиферы пользуются в терригенных пачках Южного Дагестана, представленных в основном мергелями и глинами. В Северных разрезах терригенные пачки обогащены грубозернистым материалом, что препятствует благоприятному сохранению раковин фораминифер (схема 2).

Таким образом, нижнеготеривские отложения от нижележащих пород берриас-валанжина резко отличаются литологическим составом пород, характеризующихся увеличением терригенных пачек с полным отсутствием доломитизированных известняков в карбонатных пачках готерива. Фаунистические остатки в валанжине редки, тогда как в готериве известны многочисленные их скопления, особенно богато и разнообразно представлены пеллециподы, брахиоподы, гастроподы, редко встречаются морские ежи и аммониты. Среди готеривской макрофауны не обнаружены виды, которые бы являлись переходными из отложений валанжина. На основании изучения фораминифер в нижнеготеривских отложениях выделяются два вышеописанных комплекса фораминифер.

Верхняя терригенная пачка готерива представлена глинисто-алевролитовыми породами зеленоватого цвета, который обусловлен содержащимися в породе глауконитовыми зёрнами. У нижнего контакта с известняками обнажены алевролитовые глины, выше роль алевролитовых частиц уменьшается, глины становятся более чистыми, в 3-х метрах от кровли описываемой пачки готерива прослеживаются устричные известняки. Мощность терригенной пачки готерива достигает 31 м.

Отложения верхнего готерива выделяются с начала появления аммонитов из группы *Sibirakites*. Эти находки приурочены к верхней терригенной пачке готерива. Характерными представителями из моллюсковой фауны для указанной части готеривских отложений являются: *Pecten robineaui* Orb., *Neithea atava* Roemer, *Arctostrea rectangularis* Roemer, *Trigonia* sp.ex gr., *Trigonia ornate* Orb. в сообществе с обычными готеривскими видами *Exogyra sinuata* Sow., *E.subsinuata* Leym., *E.subsinuata* Leym. var.*falciformis* Leym., *Nuculana planate* Leym. и др.

Из фораминифер в разрезе у с.Аракань в верхней карбонатной пачке готерива обнаружены следующие представители: *Marssonella aff.oxucona* (Reuss) – форма, характерная для валанжин-готеривских отложений Северной Германии, Крыма и Дагестана, *Citharina praecristellariaoides* (Samyschk.), *Vaginulina daghestanensis* subsp.minor Samyschk., *Hemicristellaria crepidularis* Roemer, форма, характерная для готеривских и барремских отложений Западной Европы, Крыма, Северного Кавказа, *Saracenaria samur-diwidjinica* Chalil. subsp. *barremica* (Samyschk) – эндемичная форма, характерная для барремских и частично для готеривских отложений Дагестана. *Lenticulina aff. crassa* Roemer – вид, характерный для валанжин-готеривских отложений Северной Германии, *Lenticulina irregularis* (Samyschk.) – эндемичный представитель, характеризует готеривский и барремский возраст. Здесь обновляется комплекс фораминифер за счет появления барремских представителей, единично встречающихся в верхнем готериве и в большом количестве в отложениях барремского яруса, к ним относятся *Saracenaria samur-diwidjinica* Chalil. subsp. *barremica* (Samyschk), впервые появляется *Citharina praecristellariaoides* (Samyschk). В разрезе у с.Чирката в верхней карбонатной пачке готерива обнаружены: *Lenticulina secans* Reuss, *L.alikentensis* Samyschk., *L.crassa* (Roemer), *Rhizammina alaeformis* Brady, из прочих микроскопических остатков встречены остракоды, мшанки и иглы морских ежей. В разрезе у с.Ботлих в этой же пачке обнаружены *Lenticulina irregularis* (Samyschk) и многочисленные *Patellina conusana* Chalil. (sp.n. in litt).

В разрезе по р.Цмур-чай к отложениям нижнего готерива следует отнести только нижнюю терригенную толщу готерива, остальные две карбонатные толщи и терригенную пачку между ними следует отнести к верхнему готериву. Основанием для этого послужил извлеченный микрофаунистический комплекс, аналогичный комплексу, извлеченному из верхнеготеривских отложений с включением верхнеготеривских аммонитов. Характерными фораминиферами из верхней карбонатной толщи верхнего готерива по р.Цмур-чай являются следующие представители фораминифер: *Spirillina affinis* Chalilov (вид, характерный для готеривских отложений Азербайджана), *Darbyella hauterevica* Samyschk., *Citharina praecristellariodes* (Samyschk), *S.kochi* Roemer. вид, характерный для готеривских отложений Дагестана, *Lenticulina munsteri* Reuss, форма характерная для готерива, но редко встречается и в барреме, вновь здесь появляются *Lenticulina longaeformis* (Samyschk). Остальные многочисленные фораминиферы являются общими для нижнего и верхнего готерива, такие как *Lenticulina umbilicatulula* (Samyschk), *L.lezginica* (Samyschk), *Vaginulina renngarteni* (Samyschk), *Tristix acutangulus* Reuss и др.

На основании изучения микрофауны в отложениях верхней карбонатной пачки готерива установлен комплекс фораминифер, преобладающей формой которого является *Spirillina affinis* Chalilov. Таким образом, в готеривских отложениях Дагестана выделены три микрофаунистических комплекса (6).

Представители рода *Citharina* получили пышное развитие в пределах готеривского века. Своеобразное строение раковин у представителей этого рода усиливает выразительность микрофаунистических комплексов готерива, придавая готеривский облик всему сопутствующему составу фораминифер.

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

Литература

1. Богданович К.И. Два пересечения Кавказского хребта. Тр.геол.ком., т.XIX, 1902.
2. Дробышев Д., В. Геологическое строение района от р.Чирах-чай до Самура в южном Дагестане. Тр.по геологии и полезн.иск. Сев.Кавказа, 1939..
3. Голубятников В.Д., Мордилко Т.А. К проблеме нефтегазоносности мезозойских отложений Северо-Восточного Кавказа. (1946-1947), Фонды Даг.геол. экспедиции.
4. Мордилка Г. А. Нижнемеловые отложения Северного Кавказа и Предкавказья, Узд. АН СССР. ч. II. 1962 г..
5. Ренгартен В.П. . Опорные разрезy нижнего мела Дагестана. М., Изд. АН СССР. 1961 г
6. Самышкина К.Г. Новые виды фораминифер нижнемеловых отложений Дагестана. В сб. Тр. Геологического института. ДагФАН СССР. т. I. Махачкала. 1958 г.
7. Исаева Н.А. Вертикальное распространение фораминифер в нижнемеловых отложениях // Труды Института геологии ДНЦ РАН, №3 (98), 2022г., С.28-30
8. Исаева Н.А. Биостратиграфическое расчленение готеривских отложений Дагестана //Материалы XIV Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа», Т.XIV, Москва. 2024 г., с.108-109

УДК 553.9

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-31-40

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

Меликов М.М.

Институт геологии ДФИЦ РАН

В работе проведен анализ архивных материалов по отчетам АО «Дагнефтегаз», а также архивные материалы института геологии ДФИЦ РАН прошлого столетия. По результатам этих исследований автором предлагается акцентировать внимание на эти месторождения, т.е. проведению дополнительных геолог-геофизических работ с последующей переинтерпретацией, или пересмотреть результаты ранее проводимых работ. В процессе проведения типизации месторождений УВ Предгорного Дагестана вы явлены 25 месторождений. В некоторых из них в процессе проводимых ГРП в ряде интервалов были получены промышленные притоки углеводородной продукции различных фазовых состояний.

Ключевые слова: потенциал, перспективный, ГРП, интервал, нефть, газ, конденсат, фазовое состояние, запасы, ресурсы

TO THE QUESTION OF POSSIBLE USE OF HYDROCARBON POTENTIAL OF PREDGORNYY DAGESTAN DEPOSITS

Melikov M.M.

Institute of Geology DFRC RAS

The work analyzes archival materials on the reports of JSC "Dagneftegaz", as well as archival materials of the Institute of Geology of the Far Eastern Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences of the last century. Based on the results of these studies, the author proposes to focus attention on these deposits, i.e. to conduct additional geological and geophysical work with subsequent reinterpretation, or to revise the results of previously conducted work. In the process of typification of hydrocarbon deposits of Predgornyy Dagestan, 25 deposits were identified. In some of them, in the process of geological exploration in a number of intervals, industrial flows of hydrocarbon products of various phase states were obtained.

Keywords: potential, promising, geological exploration, interval, oil, gas, condensate

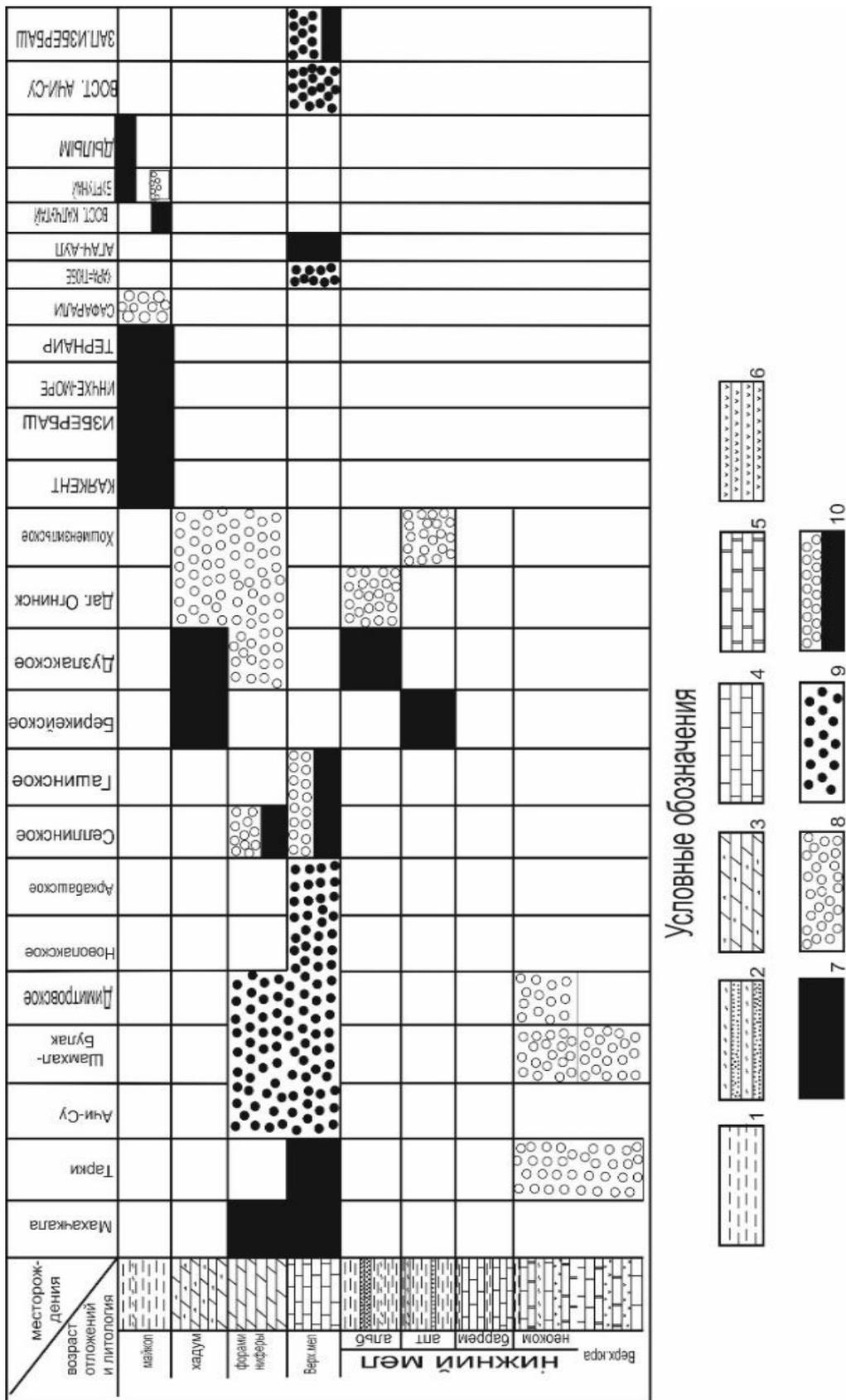
...главным объектом нефтегазовых исследований является флюидопородная система – залежь нефти (эмерджентное скопление углеводородов) Любая залежь углеводородов – живая открытая самоорганизованная система, способная к самовосстановлению в относительно короткое время. (Н. П. Запывалов).

Дагестан – один из старейших нефтегазоносных регионов Восточного Предкавказья России. Известно, что в Дагестане с 30-х годов прошлого века велась колодезная добыча нефти (Каякент, 1935г.).

С тех пор в Дагестане в разные периоды проводились ГРП на нефть и газ и другие полезные ископаемые, в результате которых открыли не один десяток месторождений. В настоящее время в Предгорном Дагестане (Западная, Восточная антиклинальные зоны и Области Дагестанский клин и сопредельных, с Чечней территорий) открыты 25 месторождений (рис.1) углеводородов (УВ) различного фазового состояния (против 15, из ранее указанных месторождений). Нами в процессе изучения рукописной и опубликованной литературы выявлены еще 10 месторождений. Из 25 месторождений более половины не разрабатываются, поскольку считаются исчерпавшими свой ресурс или же законсервированными.

Но, однако, нам ни все месторождения удалось отображать на рис.1, ряд месторождений тоже числятся среди таковых. (по ним нет достаточной информации)

По большому счету мы в настоящее время некоторым месторождениям даем «отдых». Практикой уже доказаны случаи возобновления разработок таких месторождений УВ, при последующем восполнении их ресурсов.



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

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

Нами проанализированы опубликованные и рукописные материалы по ряду месторождений, в результате чего ряд старых месторождений, на наш взгляд, нуждаются в дополнительном проведении геолого-геофизических работ с целью переинтерпретации проведенных работ и уточнения геолого-геофизических параметров для дальнейшего вовлечения их в разработку.

Например, анализируя, отчеты «ПО, «Дагнефть» было выявлено, что в конце 80-х г. прошлого столетия ПО «Дагнефть» проведены ГРП на площади «Алмало». Были пробурены две параметрические скважины, в результате проведенных работ изучен разрез и условия залегания среднемиоценовых отложений от верхнего сармата до верхнего мела включительно.

Полученные данные по скважинам не позволили решить вопрос об однозначности геологического строения площади. Кровля верхнемеловых отложений вскрыты на двух точках на разных блоках. Сочленение блоков и морфология, приуроченных к ним структур, остались неизученной.

В результате проведенных работ вопрос о нефтегазоносности площади однозначно не решена, т.к при испытании верхнемеловых отложений не было получено притока, что объясняется низкими коллекторскими свойствами известняков этих отложений. На одном из блоков (южном) в одной скважине был получен приток воды с газом.

Таким образом, на площади Алмало необходимо провести дополнительные детализационные геолого-геофизические работы, в частности, ВСП с использованием скоростной характеристики, полученной по пробуренным скважинам, точнее, провести реинтерпретацию старых материалов или же провести новые работы, по результатам которых будет решен вопрос о целесообразности бурения дополнительной скважины с целью уточнения структуры и ее нефтегазоносности.

Здесь уместно вспомнить высказывание одного из ведущих геофизиков ИННГ (Новосибирск) В. С. Могилатова «Многие геофизические методы, безусловно, требуют совершенствования (Новосибирск), который заметил: «Любая геофизическая интерпретация не на 100% достоверна. Она всегда делается с какой-то ошибкой», а также высказывание Омар Хайяма: «Чтобы избежать одной ошибки, надо сделать тысячу наблюдений и тысячу измерений [1]

Следует отметить, что с тех пор на данной площади не были проведены рекомендуемые работы, связанные, скорее всего с экономическими трудностями (нефинансирование), а также с известными событиями, происходящими в конце-начале текущего столетия.

Другим примером может служить Сафаралинская верхнемеловая структура, выявленная сейсморазведочными работами МОВ ОГТ в 1974 году. В 1980 году на структуру был представлен паспорт.

С целью поисков залежей нефти и газа в верхнемеловых отложениях проектом поискового бурения, утвержденным МНП в 1983 году, предусматривалось бурение двух независимых скважин проектной глубиной 6000 м. Скважина № 1 была начата бурением 05.11.83 г. в присводовой части верхнемеловой структуры, но по техническим причинам была ликвидирована в 1988 г. с забоем 4596/4565 м в верхнемайкопских отложениях.

В октябре 1988 г. западное скв. № 1 была начата бурением поисковая скв. № 2. В результате осложнений и в связи с невозможностью дальнейшего углубления ствола скважины, она была прекращена бурением и ликвидирована по техническим причинам 30.06.94 г. с забоем в нижнемайкопских отложениях.

Учитывая, что отдельные съемки были выполнены на низком техническом уровне и в связи с необходимостью детализации строения Сафаралинского поднятия в 2005 году были проведены дополнительные работы «Ставропольнефтегеофизика». В 2006 году в ООО «Геофизинфо» была выполнена обработка новых полевых материалов и комплексная интерпретация всей накопленной геолого-геофизической информации, полученной с использованием современных (на тот период) методов обработки.

Согласно уточненным данным Сафаралинская структура представлена крупной брахиантиклиналью субширотного простирания, осложненной рядом продольных разрывов различных амплитуд и протяженности. Размеры структуры по замкнутой изогипсе –5900 м составляют 11,5 х 3,5 км, высота – 300 м. Сводовая часть структуры оконтуривается изогипсой –5650 м. Скважины №№ 1 и 2, которые являются независимыми расположены в пределах сводовой зоны.

Перспективные извлекаемые ресурсы, числящиеся на балансе по верхнемеловым отложениям составляли 2,153 тыс. т, подсчитанные с учетом новой сеймики тех лет, – 6,8 млн. тонн нефти.

Поисковые работы на площади предполагалось возобновить в 2009 году выводом из консервации и добуриванием скв. № 2 проектной глубиной 6000 м.

Ожидаемый прирост запасов составлял 0,98 млн. т нефти. В настоящее время месторождение не находится в разработке. Нами, с учетом продуктивности этих отложений, рекомендуется необходимость вернуться к дополнительным геолого-геофизическим исследованиям с целью выяснения восстановления УВ-го потенциала этих отложений месторождения.

Следующим примером может служить Кара-Тюбе

С целью обеспечения необходимого прироста запасов нефти и газа в Предгорном Дагестане на 1994 год была разработана «Программа геологоразведочных работ ПО «Дагнефть»,

Анализ и обобщение накопленного геолого-геофизического материала в совокупности с новейшими данными бурения в тот период в Предгорном Дагестане и в смежной Чеченской Республике давали возможность выделить зоны нефтегазоаккумуляции, которые, наряду с уже известными, требуют к себе пристального внимания.

Перспективной в этом отношении являлась площадь Каратюбинская, расположенная в пределах Хасавюртовского административного района., в непосредственной близости от, уже известного в то время, Шамхал-Булакского месторождения.

На основании проведенных сейсморазведочных (полевых и тематических) работ (с.п. 4/87, 4/88, 4/89, т.п. 13/88-89) и комплексного анализа имеющегося геологического материала в пределах западной части Дагестанского клина по верхнемеловым отложениям прогнозировалась Каратюбинская погребенная структура протяженностью 20 км и высотой до 350 м.

В проекте приводилось геологическое обоснование постановки поисково-оценочного бурения в западной части Дагестанского клина, где рассматривались вопросы геологического строения, комплекс геолого-геофизических исследований, технико-экономические показатели и др.

Буровыми работами предыдущих (в те годы) лет на соседних площадях признаки или промышленная нефтеносность были отмечены в интервалах от среднесарматских до верхнемеловых отложений включительно.

Незначительные газопроявления в сарматских отложениях имели место при бурении скважин на Гудермесской площади. Здесь были отмечены газонефтепроявления из караганских отложений. Интенсивные нефтегазопроявления в нижнечокракских песчаниках наблюдались при бурении на Дылымской площади.

Майкопская толща здесь является основной нефтепроизводящей свитой содержит пласты песчаников и алевролитов, которые в благоприятных условиях аккумулируют скопление нефти.

Следует отметить, что А. Леворсен в конце прошлого века пришел к выводу, что нефтематеринские толщи никакого отношения к практике поисково-разведочных работ не имеют. Он утверждал: «Проблема происхождения нефти и газа теряет в какой-то мере свое значение в качестве обязательной предпосылки для постановки поисковых работ. <...> нет необходимости искать особые материнские породы» [2, с. 488].

Чокракские нефти детально изучены на месторождениях Махачкала (св. в, Г), Избербаш (Б, В, в, Г), Ачи-Су (Г), Каякент (Г), Инчхе-море (А, Б, Г). Дегазированная нефть чокракских продуцирующих пластов относится к нефтеново-метановому типу и является парафинистой и

слабосернистой нефтью с повышенным выходом бензиновых фракций. Уд. вес нефти меняется от 0,825 до 0,870. На этой же площади отмечались значительные газопроявления из верхнемайкопских отложений.

В 1988 году (1) ПО «Грознефтегеофизика» представлены «Рекомендации по заложению поисковой скважины на Каратюбинской меловой структуре». Совместное рассмотрение имеющейся к тому времени геолого-геофизической информации (материалы геологов ЦНИЛа «Дагнефть», сейсморазведки МОВ ОГТ, гравиразведки, дистанционных исследований, ВСП в скважине Андрей-Аул 1,2) позволило авторам «Рекомендаций» предположить в пределах Каратюбинской площади антиклинальную структуру субширотного простирания, западная часть которой отображается по данным сейсморазведки МОВ ОГТ. Крылья структуры, возможно, и свод, осложнены разрывами. Повышенная часть структуры (отметка минус 4900м) находится в районе профиля 048719 (ГК ГК 373-383) и к востоку от него. Восточное замыкание структуры на момент выдачи «Рекомендаций» осталось неизученным из-за горнотехнических условий.

В 1989-1990 годах с.п. 4/89 продолжались работы по изучению глубоководных зон с целью детализации выявленных поднятий в мезозойских отложениях автохтона и поиски новых объектов в области сочленения Передовой складчатости Терско-Сунженского нефтегазоносного района и Сулакского выступа (Рис.1).

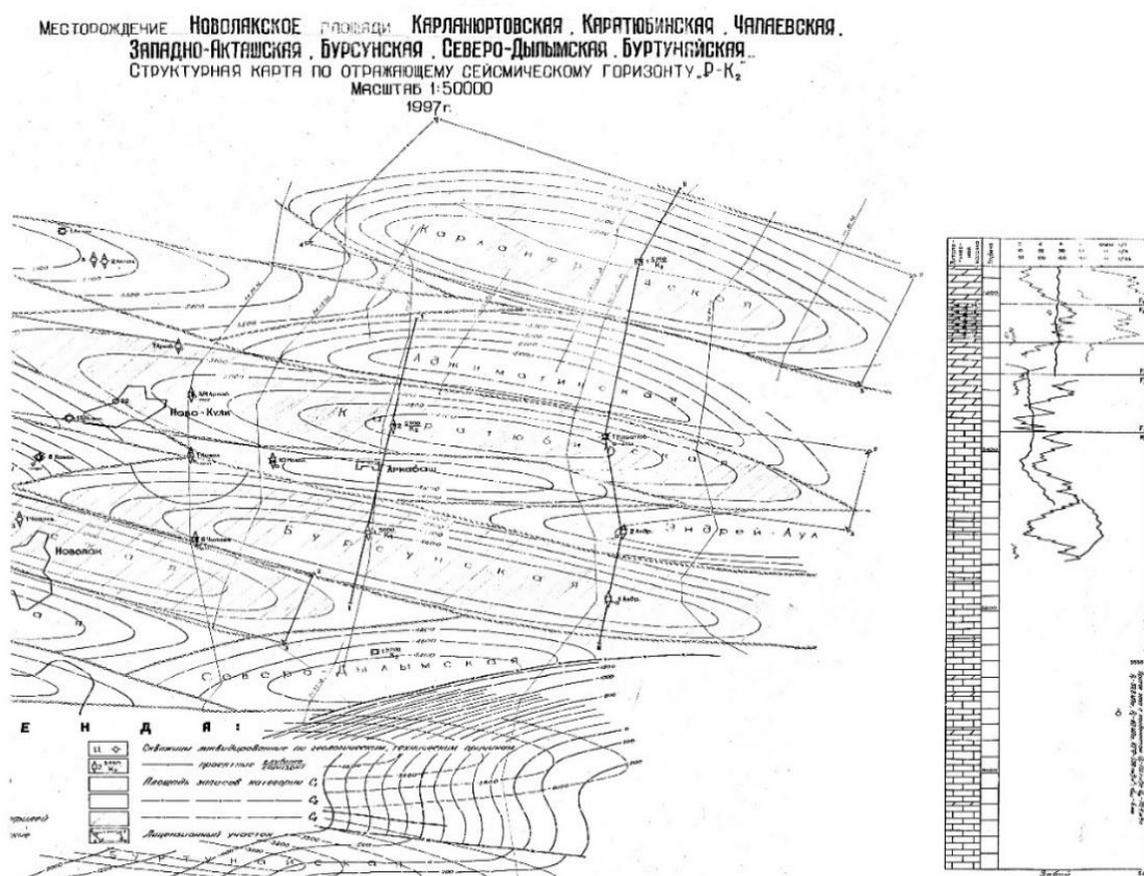
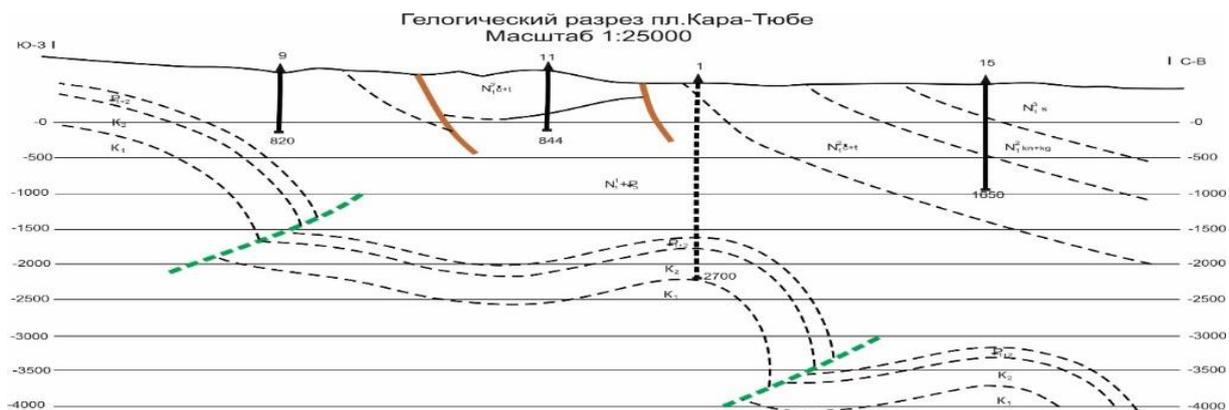


Рис. 1. Структурная карта по ОГ Р_g-К₂ и проектный литологический разрез.

Профильный Геологический разрез площади Кара-Тюбе приводится на рис. 2. На площади Миатлы, в скв.-1 из муцидакальских алевролитов получен приток нефти дебитом 0,3 т/сут. На площади Дылым, в скв.-2 вскрыты многочисленные тонкие прослойки нижнемайкопских алевролитов, насыщенных нефтью.



Условные обозначения

N_1^3	Сарматский ярус	\circ_{13}	Скважина и ее номер
N_1^{2kn+kg}	Конкский+караганский горизонты		Тектонические нарушения на поверхности
N_1^2t	Чокракский+тарханский горизонты		Зоны нарушений по данным сейсморазведки МОВ ОГТ
P_{1+2}	Фораминиферовая свита		Изогипсы по кровле верхнего мела
N_1^1B	Майкопская серия		Изогипсы по условному сейсмическому горизонту фораминиферовой толщи
K_2	Верхний мел		Стратиграфические границы
K_1	Нижний мел		Линия разреза

Рис2. Профильный разрез площади Кара-Тюбе

В скв. 6, 12 Шамхал-Булак получены притоки чистой нефти из нижнемайкопских отложений. Начальный дебит составил $60 \text{ м}^3/\text{сут.}$ (скв.-6).

В Дагестане на площади Новолакской (скв. 1 и Аркабаш 5) из отложений верхнего мела получены притоки газа с конденсатом. Дебит газа через 8 мм штуцер – $99 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$, конденсата – $118 \text{ м}^3/\text{сут.}$

На площади Шамхал-Булак в отложениях верхнего мела открыта газоконденсатная залежь массивная, сводовая, высота которой 576 м.

Таким образом, все положительные структуры, приведенные на рис.1 и другие, в разные периоды давали ту или иную УВ-ю продукцию различного фазового состояния, которые в настоящее время «забыты», хотя некоторые из них (Шамхал-Булак в незначительных количествах дает газ и в настоящее время) В связи с этим, рекомендуем возобновление геолого-геофизических с последующей переинтерпретацией.

Особое внимание необходимо обратить на Терско-Сулакскую низменность, и к Прилегающей акватории Каспийского моря, а также области Дагестанский Клинь (поднадвиговые структуры)

В процессе проведения типизации месторождений УВ Предгорного Дагестана нами выявлены ряд перспективных структур.

Далее, по степени обводненности месторождений, которые находятся в ведении «Дагнефтегаз» получены данные, которые отражены в таблице 1.

Таблица 1.

Степень обводненности месторождений УВ Предгорного Дагестана

месторождения	степень обводненности, %
Избербаш	57
Махачкала-Тарки	85
Шамхал-Булак	15
Дмитровское	78

Таким образом, как видно из таблицы, месторождения Дмитровское и Махачкала-Тарки имеют высокую обводненность, соответственно 78% и 85%. По остальным месторождениям информации нет.

Нами также анализированы материалы по геолого-промысловым параметрам месторождений УВ Предгорного Дагестана (по материалам прошлых лет XX в) в результате которых проведена их типизация по этим параметрам [3] (табл. 3)

Выявлены также ряд перспективных структур из анализа опубликованной литературы (табл. 2) [4].

Таблица 2

Площади перспективных структур месторождений УВ кат. Д₀ (неоцененных) Предгорного Дагестана [3].

№№	Н (возраст)	Кол-во структур/общая площадь, км ²	НГК (возраст)	Кол-во структур/общая площадь, км ²	ГН (возраст)	Кол-во структур/общая площадь, км ²	Газовые (возраст)	Кол-во структур (S–общая площадь, км ²)
1	Каякентское (С ^v)	12x8,0(0,17) S=96	Ачисинское (К ₂)	12x1,5(0,25) S=18 13,0x2,0(0,3) S=26,0 Собщ=44	Дузлакское (К ₂)	10x3,0 (0,46) S=30	Хошмензил (К ₂)	4x3,0 (0,44) S=12,0
2	Берикейское (К ₂)	4,х1,0 (0,15) S=4	Новолакское (К ₂)	15x2,5 (0,35) S=37,5	Гашинское (К ₂)	6,0x1,5 (0,3) S=9,0 9x1.5(0,9) S=13,5	Даг.огни (К ₂)	3,0x 0,4 S=1,2
3.	Махачкала-Тарки (К+С)	17,0x3,3 (0,4) S=56,14,1x0,6 (0,006) S=2,46 Собщ=58,56						
4	Избербашское (С)	–						
5	Тернаир (С)	2,4x0,75 (0,13) S=1,8						
6.	Инчхе-море	12x3,0 (0,35) S=36						
	ИТОГО	198,26		81,5		52,5		13,2

Примечание: Н - нефтяное, ГК – газоконденсатное, ГН – газонефтяные, НГК– нефтегазо-конденсатные, в скобках указана высота залежи относительно основания, S–площадь структур

Таким образом, выявлено нефтяных структур –6, общей площадью 198,26 км²; нефтегазо-конденсатных-2 площади, общая площадь– 81,5км², газонефтяных –2 пл. –52,5 км²; газовые –

2 пл.–3,2 км², общая суммарная площадь перспективных (кат. Д₀, не оцененных) составляет 335,46 км², что сыграла бы значительную роль в восполнении УВ-го потенциала республики. На этих площадях в процессе испытания интервалов глубин были получены небольшие количества притоков УВ различных фазовых состояний. На наш взгляд на этих площадях необходимо проводить дополнительные геолого-промысловые и геофизические работы с целью уточнения остаточных запасов.

Тем не менее, проанализированные данные ГБЗ, позволили нам выявить ряд перспективных площадей смешанного фазового состояния УВ кат. до (оцененных), которые приводятся в таблице 3 [5].

Общее Количество перспективных площадей УВ кат. до различного фазового состояния Предгорного Дагестана приводится в таблице 3.

Таким образом, по К₂–10 месторождений, в основном нефтяные остальные (10 месторождений) смешанные (нефть и газ) по неогену и палеогену.

Таблица 3.

Перспективные площади смешанного фазового состояния УВ Предгорного Дагестана.

Фазовое состояние УВ	Перспективная площадь	Возраст продуктивных отложений	Геол. кат. до тыс т	Извлек. кат. до тыс т
1. газ	Агачаул	К ₂	5	5
2. газ	Агачбулак	К ₂	1,257	1,257
3. газ	Бурсунская	К ₂	4,305	4,305
4. газ	Восточно-Ачисинская (Улашкент)	К ₂	5,039	5,039
5. газ	Димитровское	Ј ₃	4,82	4,82
6. газ	Западно-Акташская	К ₂	4,472	4,472
7. нефть	Избербашская	N	0,453	0,091
8. газ	Карабудахкентская	К ₂	1,119	1,119
9. газ	Каратюбинская	К ₂	1	1
10. газ	Карланюртовская	К ₂	1,588	1,588
11. газ, нефть	Каякентская	К ₂ , N _{1ch}	22,1	10,5
12. нефть	Комсомольская	J + K ₁	2,417	0,725
13. газ, нефть	Первомайская	К ₂ , N _{1ch}	19	13,09
14. газ	Сафаралинская (Красноармейская)	К ₂	3,245	3,245
15. газ, нефть	Шамшаар	К ₂ , N _{1ch}	20,4	11,8
16. газ	Южно-Талгинская	К ₂ + P _{g2}	1,496	1,496
17. газоконденсат	Новолакское	К ₂	865	425
18. нефтегазоконденсатное	Шамхал-Булак	К ₂ + P _{g2}	355	10
19. газоконденсат	Западный-Избербаш	К ₂	1920	1166
20. нефтегазоконденсатное	Ачи-су	К ₂	19	15

Таким образом, по газу выявлено 11 месторождений 33341 тыс.т., по нефти –2, 2, 87 тыс.т., газ-нефть – 3, 61.5 тыс.т, нефтегазоконденсат –2, 374 тыс.т. (табл. 4).

В Предгорном Дагестане, в результате анализа большинства месторождений установлено, что приоритетным стратиграфическим комплексом для восполнения сырьевой базы УВ являются и остаются верхнемеловые отложения, где в условиях замкнутых структурных ловушках установлены залежи нефти и газа. Для поиска перспективных объектов остается слабо

изученная, в структурном отношении, зона фронтального обрамления Дагестанского клина и депрессионные зоны, а также Терско-Сулакская низменность, где в последние годы сейсморазведочными работами выделены перспективные зоны, требующие детализационных работ [3].

Таблица 4.

Общее количество площадей и запасов

УВ-й Продукт	Количество площадей	Геол. кат. до тыс т	Извлеч. кат. до тыс. т
газ	11	33,341	33,341
нефть	2	2,87	0,816
газ, нефть	3	61,5	35,39
газоконденсат	2	2785	1591
нефтегазоконденсат	2	374	25

Таким образом, по К₂–10 месторождений, в основном нефтяные, остальные (10 месторождений) смешанные (нефть и газ) по неогену и палеогену.

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

К сожалению, мы не смогли анализировать все 25 месторождений в связи отсутствием информации по геолого-промысловым параметрам залежей.

В месторождениях, находящихся в настоящее время в разработке, необходимо предпринять меры по повышению нефтегазоотдачи, включая существующие современные инновационные методы и технологии. А на выявленных перспективных (неоцененных) площадях необходимо провести дополнительные геолого-геофизические работы.

Выводы

В нефтегазоносной зоне Предгорного Дагестана есть достаточно месторождений УВ с доказанной нефтегазоносностью, в интервалах испытаний которых получены притоки УВ –й продукции в процессе геолого-промысловых опробований во время проведения ГРП, а также выявлены, ряд перспективных структур, отнесенные нами к кат. Д₀ (неоцененных), общей площадью 198, 26 км².

В месторождениях, находящихся в настоящее время в разработке, необходимо предпринять меры по повышению нефтегазоотдачи, включая современные инновационные методы и технологии. А на выявленных перспективных (неоцененных) площадях необходимо провести дополнительные геолого-геофизические работы с целью уточнения остаточных или восстановленных запасов в силу существующих взглядов на генезис УВ и парадигм нефтегазовой геологии.

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

Таким образом, нефтяных структур –6, общей площадью 198, 26 км²; нефтегазоконденсатных –2 площади, общая площадь – 81,5 км², газонефтяных –2 пл. –52,5 км²; газовые –2 пл. –3,2 км², общая суммарная площадь перспективных (кат. Д₀, неоцененных) составляет 335,46 км², а также

по данным[5] по газу выявлено 11 месторождений 33341 тыс.т., по нефти –2, 2, 87 тыс.т., газ-нефть – 3, 61.5 тыс.т, нефтегазоконденсат –2, 374тыс.т.

На этих площадях в процессе испытания интервалов глубин были получены небольшие количества притоков УВ различных фазовых состояний. На наш взгляд на этих площадях необходимо проводить дополнительные геолого-промысловые и геофизические работы с целью выяснения и уточнения остаточных запасов.

В работе также использованы материалы по отчетам АО « Дагнефтегаз), а также архивные материалы ИГ ДФИЦ РАН.

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

Литература

1. Н.П. Запивалов. Современные геологические концепции и технологии прогноза, разведки и освоения нефтегазовых месторождений // Нефтяное хозяйство. – М: 2005, № 11. – С. 20-23
2. Леворсен А. Геология нефти и газа. Мир, Москва, 1970. Серия «Науки о земле», т. 22. – 638 с.
3. Меликов М.М., Гаджиева Т.Р [К вопросу типизации месторождений и залежей углеводородов мезозойских отложений Дагестана А Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020.№2 \(81\). С. 8-16.](#)
4. Шарафутдинов Ф.Г., Мирзоев Д.А. и др. Геология нефтегазовых месторождений Дагестана и прилегающей акватории Каспийского моря, Махачкала, 2001. 296 с.
5. Государственные балансовые запасы полезных ископаемых. Москва 2023 г

УДК 551.432.22 (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-41-45

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА РЕЧНЫХ ДОЛИН ДАГЕСТАНА

Тулышева Е.В., Исаков С.И.
Институт геологии ДФИЦ РАН. г. Махачкала

На Восточном Кавказе в пределах Республики Дагестан по данным палеогеографии и геологического развития региона выделяются ранне- и позднеорогенная стадии формирования рельефа речных долин Дагестана. Проведены полевые работы, а также изучены геоморфологические особенности речных долин. Анализ геоморфологического строения долин региона показывает, что они в плане состоят из чередования расширенных и суженных участков (котловин и врезов) различного генезиса. Эту закономерность исследователи обычно рассматривают в упрощенном варианте и считают, что она обусловлена только литологией вмещающих пород. На основании неотектонического районирования в Дагестанской части Восточного Кавказа с юга на север выделяются крупные, активно развивающиеся, вплоть до голоцена, асимметричные зоны, с юга ограниченные поднятиями, а севера – неотектоническими опусканиями. При общей вергентности к югу они одновременно поддвигаются друг под друга с образованием вдоль северной периферии Дагестанского клина «поддвига» в сторону Терско-Каспийского прогиба.

Ключевые слова: речные долины, рельеф, генезис, Большой Кавказ, неотектоническое районирование, ороген, геоморфология, палеогеография

COMPARISON OF CARBONATE ROLLS OF THE DUNE SAR-KUM AND FORMED IN THE LESSOLE ROCKS OF THE RIVER VALLEIES OF DAGESTAN

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

In the Eastern Caucasus, within the Republic of Dagestan, according to the paleogeography and geological development of the region, the early and late orogenic stages of the formation of the relief of the river valleys of Dagestan are distinguished. Field work has been carried out, as well as the geomorphological features of river valleys have been studied. An analysis of the geomorphological structure of the valleys of the region shows that they consist of an alternation of expanded and narrowed sections (hollows and incisions) of various genesis. Researchers usually consider this pattern in a simplified version and believe that it is due only to the lithology of the host rocks. On the basis of neotectonic zoning (according to M.Y. Nikitin 1987, etc.), large, actively developing asymmetric zones are distinguished in the Dagestan part of the Eastern Caucasus from south to north, up to the Holocene, limited by uplifts from the south, and neotectonic subsidences from the north. With a general convergence to the south, they simultaneously move under each other with the formation of a "podvig" along the northern periphery of the Dagestan wedge towards the Tersk-Caspian trough.

Keywords: river valleys, relief, genesis, Greater Caucasus, neotectonic zoning, orogen, geomorphology, paleogeography.

Конец раннеорогенной стадии. На Восточном Кавказе, еще в эоцен-палеоцене (57-64 млн. лет назад), существовал морской бассейн [13]. Но уже в олигоцене (35 млн. лет), нижнем-среднем миоцене (24 млн. лет) геосинклиналь Большого Кавказа была выведена из-под уровня морских вод и превращена в сушу. Считается, что основным процессом орогенного этапа альпийского цикла является воздымание и разрастание обширных зон поднятия возникших на месте Большого Кавказа и прогибание обрамляющих их компенсационных прогибов [8, 9]. На первой стадии этого этапа, охватывающей олигоцен и большую часть миоцена до сармата включительно, темп воздымания Большого Кавказа был умеренным. На большей части территории сформировался относительно низкий рельеф денудационных равнин, с небольшими участками высотой до 700-1000 м. Большой Кавказ в миоцене до превышения истоков над морским бассейном, куда впадали палеореки. Это происходит на территории, начавшей устойчивое воздымание, в процессе которого она освобождается от середины сармата представлял собой длинный остров шириной от несколько десятков до сотни километров.

В среднем миоцене речная система приобрела фиксированное положение. Можно предполагать, что она существовала в виде долин низких порядков с малыми площадями водосборов и незначительной протяженности.

Таким образом, начало устойчивого формирования рельефа можно отнести к 25-30 млн. лет назад. Речные долины стали образовываться с возникновением стабильного верхнеюрских - меловых пород, а на поверхности в современных условиях выделяются песчано-глинистые толщи нижней-средней юры в пределах современных неотектонических зон - Главного Кавказского хребта и, тогда еще не проявленных [10] Бежтино-Самурской депрессии, Бокового хребта и зоны Аваро-Андийских опусканий.

Первая фаза позднеорогенной стадии (поздний сармат - средний плиоцен 17 - 8 млн. лет). Позднесарматское время представляет важнейший переломный момент в истории геологического развития и рельефа Кавказа, в это время начинается резкое воздымание орогена. С этого момента происходит отсчет неотектонического этапа Большого Кавказа [13].

Рост поднятий и увеличение сноса обломочного материала приводит к существенным палеогеографическим изменениям в зонах предгорных и межгорных депрессий, береговая линия морского бассейна отступает от растущих горных сооружений. На этих площадях возникают обширные озерно-аллювиальные, а по их краям - пролювиальные предгорные равнины. На территории осевой зоны Восточного Кавказа образуется полоса среднегорного рельефа, с высотами до 1,5 км. Периферические зоны, представлявшие до этого денудационные равнины, приобретают характер низкогорного рельефа.

Климат области в позднем сармате оставался весьма теплым, на многих участках - субтропическим. Вероятно, некоторая аридизация была связана с регрессией морского водоема и появлением климатического барьера в виде хребта Большого Кавказа.

В мзотическом и понтическом веках получают дальнейшее развитие тенденции, наметившиеся в позднем сармате: продолжается воздымание Большого Кавказа, береговые линии все дальше оттесняются от разрастающихся поднятий. На обширных участках, прилегающих к Восточному сегменту Кавказа, осадконакопление продолжается в континентальных условиях, а на некоторых полностью прекращается. Прогрессирующий рост Транскавказского поперечного поднятия приводит во второй половине понта к полному разрыву связей Черноморского и Каспийского бассейнов.

В Предкавказье продолжается погружение краевых прогибов во все большей мере заполняющихся молласовыми толщами. Ось Терско-Каспийского прогиба заметно сместилась к северу в зону нижнего течения Терека и Ю-З часть Среднего Каспия. Дагестанский участок краевого прогиба был приподнят, выключился из процесса седиментации и стал подвергаться складкообразованию.

Среднеплиоценовое время. После отделения от Черноморского бассейна размеры Каспия в позднем понте (бабаджанский горизонт) значительно сократились за счет осушения северной платформенной части понтического водоема. На рубеже бабаджанского и балаханского веков уровень Каспия резко упал, примерно, на 500 м ниже уровня океана, а площадь водоема сократилась до размеров Аральского моря в пределах Южного Каспия. Причины резкого падения уровня морских вод объясняются климатическими факторами. В связи с катастрофическим понижением главного базиса эрозии все реки Каспийского бассейна выработали себе глубокие, каньонообразные долины - ущелья.

В дальнейшем произошло повышение уровня и расширение балаханского бассейна, приведшее к ослаблению эрозии, подпруживанию долин и ингрессии вод Каспийского бассейна. Заполнение же долин приходится уже на акчагыльский век.

В конце среднего плиоцена начинается опускание в области современной котловины среднего Каспия, к фуду перемещается ось Терско-Каспийского бассейна. На прилегающей аллювиально-морской равнине образуется холмисто-увалистый рельеф; углубляются долины заложившиеся ранее, удлиняются к северу вслед за отступающим морем. Это происходит до

максимальной регрессии морского бассейна в балаханское время. При этом на территории современного Восточного Предкавказья протекала Палеоволга, впадавшая в балаханский бассейн в районе г. Баку. А реки северного склона Восточного Кавказа впадали в этот древний водоток, являвшийся их базисом эрозии гораздо севернее современного положения береговой зоны [6, 7].

В послебалаханское время, вплоть до верхнего плиоцена, происходит трансгрессия морского бассейна, повышение базиса эрозии, обусловившие снижение глубинной эрозии водотоков и увеличение боковой планации с разработкой долин рек в ширину.

Вторая фаза позднеорогенной стадии (поздний плиоцен - акчагыльский - апшеронский века), продолжительностью 2 млн. лет, в истории Кавказа выделяются как особая фаза, отличающаяся рядом специфических черт тектонического развития: вулканизмом, палеогеографией и климатом. Важнейшими событиями этого периода были: трансгрессии Каспийского бассейна - особенно обширная акчагыльская, обусловившая значительное выравнивание массивов Кавказской суши и менее обширная апшеронская; продолжающееся погружение западных и восточных участков поясов краевых и межгорных прогибов и складкообразование в некоторых их зонах; интенсивные сводово-глыбовые воздымания и эрозионное расчленение Большого Кавказа; мощные вспышки наземного вулканизма и первые горные оледенения.

На протяжении среднего плиоцена акватория Каспия постепенно, с некоторыми колебаниями, расширялась. Однако в начале акчагыльского времени произошла особенно значительная трансгрессия бассейна и его уровень приблизился к уровню океана. Залив проник на территорию Терского краевого прогиба. Происходит подпруживание глубоких долин, выработанных в среднем плиоцене; глубинная эрозия прекратилась и резко усилились процессы выравнивания рельефа, которые после среднего сармата в первый раз столь интенсивно протекали в акчагыльском веке.

В позднеплиоценовое время Восточный Кавказ испытывает интенсивные поднятия, амплитуда которых достигает 1-1,5 км, а высота рельефа достигала местами 3-4 км отмерших участков краевых и межгорных прогибов. По-видимому, в это время усилилось воздымание на Сулакском поперечном участке южной зоны Терского прогиба (поднятие Дагестанского клина).

Рельеф Большого Кавказа в начале позднего плиоцена подвергся некоторой планации; что выразилось в расширении речных долин и заполнении их нижних и средних участков довольно мощными аллювиальными толщами. Эти эрозионные понижения не представляли собой продольных речных долин, как считают некоторые исследователи [1-4], а образовались в результате деятельности заложенной еще в миоплиоцене поперечной речной сети [5,11,12], заложенной по системе разломов. Большая часть крупных долин Восточного Кавказа приобрела фиксированное положение еще в период среднемиоценового врезания и продолжала в позднем плиоцене унаследовано развиваться. По мере усиления воздымания (акчагыл-апшерон), речная эрозия постепенно усиливалась. Однако густота эрозионного расчленения во многих районах Большого Кавказа, еще существенно уступала современной, и к концу плиоцена в пределах этого горного сооружения сохранились обширные реликтовые участки выровненного рельефа, выработанного в миоценовое и отчасти в акчагыльское время.

В сочетании с высокогорным рельефом Кавказа сменяющиеся эпохи похолодания климата создавали благоприятные условия для периодического возникновения горных оледенений. Устанавливается не менее двух оледенений - Эльбрусское (акчагыл) и Чегемское (апшерон), на Восточном Кавказе не проявившиеся

Третья фаза позднеорогенной стадии (антропоген). Последняя, самая короткая 0,5 – 0,7 млн. лет и еще продолжающаяся фаза позднеорогенной стадии развития Кавказа отвечает четвертичному периоду или антропогену.

Большой Кавказ продолжает дифференцированно воздыматься и на ряде участков разрастаться в ширину и по простиранию. Зоны интенсивных погружений в краевых и межгорных прогибах еще более оттесняются к западу и востоку от Транскавказского поперечного поднятия. Одновременно усиливается погружение субмеридианальной Каспийской депрессии.

Продолжающийся рост Большого Кавказа и периодические похолодания климата, создавали благоприятные условия для возникновения нескольких горных оледенений, вероятно более значительных, чем в позднем плиоцене. Периодическая смена климатических условий, оледенений и межледниковий, по-видимому, являлась одним из главных факторов колебаний уровня Каспийского и Черноморского водоемов. Наиболее значительно уровень Каспия повышался, видимо, в период нижнехвалынской трансгрессии.

Четвертичные трансгрессии не покрывали ряд участков Терского и Кусарского краевых прогибов, что свидетельствует об их разрастании в ширину и по простиранию. Наиболее интенсивно воздымается средний участок внутренней зоны Терского прогиба, на месте которого формируется резко выраженное молодое поперечное поднятие «Дагестанского клина». В сводовой части его пропиливает глубокое антецендентное ущелье р. Сулак. Наиболее интенсивное погружение (до 0,5 км) происходит в антропогене с-в части Терского прогиба, занимающей область нижнего течения Терека и Сулака [1,2].

Интенсивность воздымания Большого Кавказа в антропогене по сравнению с поздним плиоценом возросла, за меньший период по сравнению с поздним плиоценом. Неравномерность поднятия во времени в сочетании с климатическими колебаниями обусловило возникновение ряда террасовых комплексов, фиксирующих несколько фаз глубокого врезания речных долин и фаз аккумуляции аллювиальных, флювиогляциальных, а в верхних частях долин - моренных отложений. На отдельных краевых и внутренних участках Большого Кавказа происходили подвижки по зонам разломов, флексур (Сулакская, Владикавказская, Казбекская и др.) амплитудой до несколько сотен метров; местами возникали наложенные впадины в виде внутренних котловин (Тарская, Верхнетерская и др.) Речная сеть и положение водоразделов на значительной части Большого Кавказа не претерпели существенных изменений (рис. 1).



Рис. 1. Орогидрографическая схема бассейна р. Самур

Важнейшими событиями четвертичной истории Кавказа были горные оледенения, неоднократно охватывавшие осевую зону Большого Кавказа. Основной их причиной явилось планетарное похолодание, наметившееся еще в начале позднего плейстоцена и усилившееся в антропогене.

Из рассмотренных материалов можно подчеркнуть, что в связи с возросшим эрозионным расчленением Кавказских гор антропогеновые оледенения, в отличие от позднеплейстоценовых полупокровного типа, приобрели горно-долинный (троговый) характер. Всего установлено три главные эпохи четвертичных оледенений - нижнеплейстоценовая, среднеплейстоценовая и верхнеплейстоцен-голоценовая. Вместе с тем, на Восточном Кавказе оледенение было менее значительно по сравнению с Центральным Кавказом. Важно также отметить, что существенное различие орогенных и низменных террас – это то, что формирование первых происходит в коренных породах (песчаники, глинистые сланцы, аргиллиты, известняки и др.), а террасы прикаспийской низменности образуются в рыхлых морских отложениях (пески, галечники, глины, в отдельных случаях речные водотоки прорезаются до коренных пород). Это накладывает существенный отпечаток на условия формирования террас, на отсутствие коренных террас.

Котловины речных долин в осевой зоне Восточно-Кавказского орогена являются поисковым геоморфологическим признаком на рудное сырье колчеданно-полиметаллического и жильного кварц-сульфидного типов, термальными источниками (сероводородные, радоновые). Котловины рассматриваемого региона в целом являются объектами для поисков и разведки пресных вод (особенно это характерно для котловин, располагающихся на приморской низменности в приустьевых частях рек Самур – Гюльгерычай, Рубас, Уллучай, Сулак и др.) нерудного сырья – валунно-галечно-гравийно-песчаные смеси и россыпей.

Таким образом, изучение котловин речных долин в осевой зоне Восточно-Кавказского орогена необходимо продолжить, т. к. имеет большое значение для экономики республики.

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

Литература

1. Думитрашко Н.В. Горные страны Европейской части СССР и Кавказа. М.: "Наука", 1974. 360с.
2. Думитрашко Н.В., Будагов Б.А. Некоторые вопросы истории развития гидрографической сети Северного склона Юго-восточного Кавказа //Изв. АН АЗССР. 1977. №9. С. 15-22.
3. Думитрашко Н.В., Лилиенберг Д.А. История развития речной сети Кавказа //История развития речных долин и проблем мелиорации земель. Т.1. – Новосибирск: Наука, 1979. С. 50-56.
4. Думитрашко Н.В., Лилиенберг Д.А. Современные проблемы геоморфологии Кавказа //Рельеф горных стран. – М.: Мысль, 1968. С. 52-66.
5. Кривоуцкий А.Е. Рельеф и недра Земли. М.: Изд-во «Мысль», 1977, 301с.
6. Лилиенберг Д.А. Рельеф южного склона восточной части Большого Кавказа. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. 243 с.
7. Мацапулина Е.В. К дискуссии о природе орогидрографического парадокса осевой зоны Восточного Кавказа. //Геоморфология, №4, 1996. С.19-24.
8. Милановский Е.Е., Хаин В.Е. Геологическое строение Кавказа. Изд-во МГУ, 1963. 379 с.
9. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. – М: Недра, 1969. 483 с.
10. Никитин М.Ю. Неотектоника Горного Дагестана //Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. – М: Наука, 1987. С. 221-239.
11. Сафронов И.Н. Геоморфология. /Геология СССР, т. IX, ч.2. Кавказ. Изд-во "Недра", М., 1968. С. 657-676.
12. Сафронов И.Н. Проблемы геоморфологии Северного Кавказа и поиски полезных ископаемых. Ростов Н/Д. Изд-во Ростовского ун-та, 1983. 160 с.
13. Хаин В.Е. Становление рельефа Кавказа как итог его тектонического развития. // Тр. Конференции по геоморфологии Закавказья. Баку. Изд-во АН АЗ ССР, 1957. С.7-15.

УДК 504.43, 504.054

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-46-49

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГНОЗНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СЕВЕРО-ДАГЕСТАНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

*Ахмедов А.С., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Статья посвящена исследованию артезианского бассейна в пределах Ногайского района, к его гидрогеологическим особенностям строения, части Терско-Кумского артезианского бассейна. Выявлена необходимость экологической паспортизации каждого водоисточника (арт. скважины), составление банка гидрогеологических параметров артезианских скважин и создания постоянно действующей гидрогеолого-математической модели управления не только ресурсами, но и качеством пресных подземных вод.

Ключевые слова: гидрогеология, исследование прогнозно-эксплуатационных ресурсов, Терско-Кумский артезианский бассейн, водоисточник, артезианская скважина, пресные подземные воды.

RESEARCH OF FORECAST AND OPERATIONAL RESOURCES OF FRESH GROUNDWATER OF THE NORTH DAGESTAN ARTESIAN BASIN

*Akhmedov A.S., Mamaev A.S., Guseynova A.Sh.
Institute of Geology of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences*

The article is devoted to the study of the artesian basin within the Nogai district, to its hydrogeological features of the structure, part of the Tersko-Kumsky artesian basin. The need for environmental certification of each water source (art. wells), the compilation of a bank of hydrogeological parameters of artesian wells and the creation of a permanent hydrogeological-mathematical model for managing not only resources, but also the quality of fresh groundwater is revealed.

Keywords: hydrogeology, study of forecast and exploitation resources, Tersko-Kuma artesian basin, water source, artesian well, fresh groundwater.

Подземные воды Восточно-Предкавказского артезианского (ВПАБ) бассейна играют решающую роль в хозяйственно-питьевом и техническом водоснабжении населения территории, используются для орошения сельскохозяйственных земель и обводнения пастбищ. Они эксплуатируются крупными централизованными водозаборами, небольшими группами и одиночными скважинами, колодцами и родниками, каптирующими водоносные горизонты. Значительные ресурсы пресных подземных вод связаны с Северо-Дагестанским артезианским бассейном (СДАБ) [1-6]. По большинству водозаборов снизился напор подземных вод, депрессионные воронки, при общем сохранении их площадей, несколько изменили свои контуры, что обусловлено перераспределением эксплуатационной нагрузки внутри воронок.

На большинстве водозаборов с продолжительностью эксплуатации подземных вод более 80 лет произошла стабилизация уровней и наблюдается квазистационарный режим, что свидетельствует об обеспеченности добычи подземных вод источниками питания.

На территории СКФО загрязнение подземных вод выявлено на 337 участках, в том числе на 179 централизованных водозаборах хозяйственно-питьевого назначения. На Севере Дагестана базируется водоснабжение подземными водами и более 300 тыс. населения и многие сотни животноводческих ферм и хозяйств хищническим способом потребляют эту драгоценную воду. Наиболее загрязненными являются водозаборы в Кизлярском районе.

Все контролируемые гидродинамические и газогидрохимические показатели находятся в рамках среднесуточных значений, и каких-либо негативных тенденций не отмечено. Изменения величины минерализации и концентрации углекислоты незначительны, в основном не имеют устойчивого характера и связаны с изменением или перераспределением водоотбора в пределах месторождений и смежных участков.

Необходим государственный мониторинг состояния подземных недр на территории, где располагается водный бассейн, для рационального потребления бесценных запасов в народном хозяйстве, каждого района [7-11].

За последние 50-60 лет при бесконтрольном эксплуатации Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ), по мере непомерного роста количества подземных водозаборов, без соблюдения элементарных нормативов и в придачу, где повсеместного идет игнорирования рекомендаций ученых, развиваются катастрофические геоэкологические процессы мышьяковистого и прочего загрязнения пресных подземных вод, затопление и засоление приартезианских земель, и даже оседание поверхности земли, что может провоцировать деформацию зданий, гидротехнических сооружений и техногенные землетрясения.

Имеются не целевое использование подземных вод. Хищнически эксплуатируют артезианский бассейн более 100 лет. Имеются бесконтрольные самоизливы скважин (рис.1).

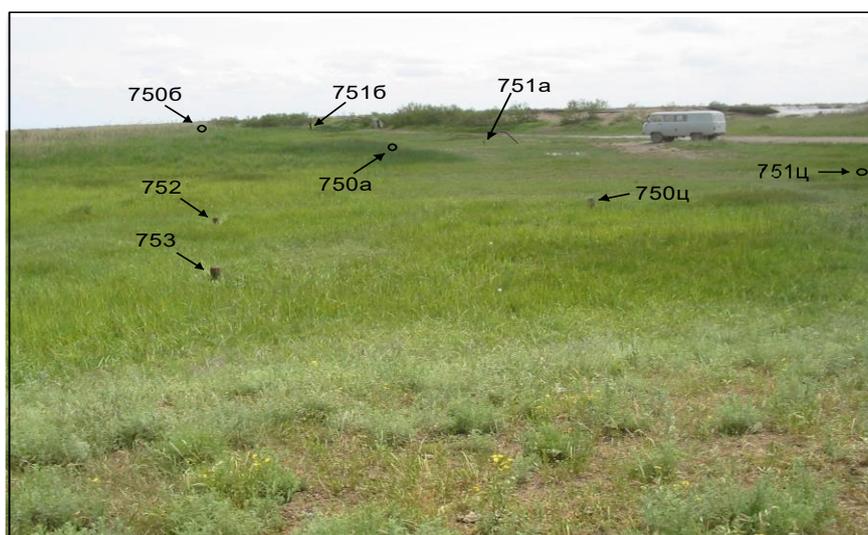


Рис. 1. Фото - бесконтрольные самоизливающие артезианские скважины подземных пресных вод на Теркле-Мектебском участке № 7.

Идет процесс заболачивания вокруг скважин, и соответственно, засоление почвенного покрова. Вследствие этого происходит массовая фильтрация соленых подземных вод, содержащих вредные элементы из ниже- и вышезалегающих пластов в продуктивные водоносные горизонты

пресных вод, что приводит к загрязнению пресных артезианских вод, сотен одиночных и групповых водозаборов артезианского бассейна.

Преодоление катастрофических процессов истощения и загрязнения подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна может быть осуществлено только путем коренной реконструкции современной, стихийно сложившейся с конца XIX в. примитивной системы артезианского водоснабжения, ликвидации и капремонта нескольких тысяч артезианских скважин, вышедших из строя.

Химические анализы проб воды, отобранных из артезианских скважин, проводились в аккредитованной лаборатории Института геологии ДНЦ РАН.

Общий водоотбор по ним в 2010 г. составил 97,21 млн.м³/сут (266,32 тыс. м³/сут) – это 64% от общего водоотбора по республике, в т.ч. средне-верхнечетвертичном ВК по $m_{Q_{II-III}}$ - 0,881 млн.м³/год (2,4 тыс.м³/сут) по-морскому нижнечетвертичному бакинскому ВК – 4,6374 млн.м³/год (12,71 тыс.м³/сут), по апшеронскому 8,23 млн.м³/год (22,55 тыс.м³/сут), по совместному $m_{Q_{II-III}} - m_{Q_{Ib}} - Q_{ap}VK$ – 83,58 млн.м³/сут (228,98 тыс.м³/сут).

При таком водоотборе в гидродинамическом состоянии подземных вод зафиксированы следующие изменения: по *среднечетвертичному хазарскому ВК* по сравнению с 2009г. уровни подземных вод повысились на 0,02-0,17м, максимальное повышение отмечено в западной части Ногайского района (скв.89^b), в многолетнем разрезе уровни 2010 г. были выше на 0,1-1,22 м.

Практически на всей Равнинной территории Северного Дагестана – в ее северной (Бажигановский и Терекли-Мектеб-Кунбатарский посты), центральной (Цветковский пост) и южной (Бабюртовский пост) частях, отмечено повышение уровней подземных вод, и только в восточной – береговой зоне Каспийского моря (Огузерский пост) уровни немного ниже среднепогодных.

На территории Республики Дагестан за период наблюдений с 2000 г. выделено более 80 участков, водозаборов, площадей, где отмечено изменение химического состава подземных вод, ограничивающих их использование для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Общая площадь загрязнения подземных вод (ПВ) в пределах Республики Дагестан составляет более 5 тыс. км². Значение использования ПВ в народном хозяйстве района огромно. Практически все отрасли промышленности, сельское хозяйство, транспорт, медицина и просто население Ногайского района потребляют подземные пресные воды. При этом потребление их из года в год возрастает. Вместе с тем наблюдающихся в настоящее время негативных процессов истощения и загрязнения подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна может быть осуществлено только путем коренной реконструкции современной стихийно сложившейся с конца XIX в. примитивной системы артезианского водоснабжения.

С целью систематизации и хранения информации о подземных водах и для установления в дальнейшем закономерностей изменения их геохимических особенностей, разрабатывается база данных гидрогеологических параметров подземных вод всего Восточного Предкавказья. Основой для ее создания служит создание локальной базы о параметрах артезианских скважин Ногайского района, полученные на основе паспортов артезианских скважин, имеющихся в лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Института геологии ДФИЦ РАН.

Выявлена необходимость экологической паспортизации каждого водоисточника (арт. скважины), составление банка гидрогеологических параметров артезианских скважин и создания постоянно действующей гидрогеолого-математической модели управления не только ресурсами, но и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна, в том числе и Ногайского района, входящий в ТКАБ.

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

Литература

1. Беньяминов А.Д., Махалкин Ю.Л. и др. Отчет о предварительной разведке подземных вод первой очереди орошения сельскохозяйственных земель и обводнения пастбищ в Ногайском районе ДАССР. СК филиал ФГУ ТФИ по ЮФО, 1982.
2. Биндеман Н.Н., Язвин Л.С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М: Недра, 1970. 216 с.
3. Гохберг Л.К., Ефремов Д.И. и др. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна. СК филиал ФГУ ТФИ по ЮФО, 1976.
4. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Республики Дагестан за 2010г. Вып.14. – Махачкала, ГУП «РЦ Дагестангеомониторинг», 2011.
5. Кондаков В.М., Курбанов М.К., Самедов Ш.Г. Ресурсы пресных подземных вод Дагестана и оценка их загрязнения // Геоэкологические проблемы освоения и охраны ресурсов подземных вод Восточного Предкавказья. – Материалы научно-практической конференции. Вып.49. – Махачкала, 2003. С. 12-19.
6. Курбанов М.К. Гидрогеоэкологическая программа «Родник. – Ресурсы подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна и пути их рационального использования, предотвращения процессов загрязнения и истощения» на 2003-2008 гг. // Геоэкологические проблемы освоения и охраны ресурсов подземных вод Восточного Кавказа. – Мат-лы научно-практ. конф-и ИГ ДНЦ РАН. Вып 49. – Махачкала, 2003. -250 с.
7. Курбанов М.К., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Постоянно действующая гидрогеолого-математическая модель формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2006. № 50. С. 143-147.
8. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш. ГИС-технологии и их применение при составлении электронных карт // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 279-283.
9. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Газалиев И.М., Гусейнова А.Ш., Мамаев А.С., Курбанова Л.М., Самедов Ш.Г., Курбанисмаилова А.С. Многолетняя эксплуатации Северо-Дагестанского-артезианского бассейна- проблемы и пути их решения труды института геологии дагестанского научного центра ран. 2023. № 2 (93). С. 61-75.
10. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. Геоинформационные базы данных артезианских скважин Терско-Кумского артезианского бассейна // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1 (80). С. 93-103.
11. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Мамаев А.С. Терско-Кумский артезианский бассейн: проблемы и пути их решения // В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Москва, 2023. С. 208-217.

УДК 666.974.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-50-55

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО, НА
ОСНОВЕ МАГНЕЗИТА И ПОЛИСИЛИКАТА НАТРИЯ*Тотурбиев¹ Б.Д., Мамаев¹ С. А., Журавлев² М.М., Тотурбиева² У.Д.**¹Институт геологии ДФИЦ РАН**²Дагестанский государственный технический университет*

Отмечается огромный потенциал для дальнейшего развития, в отечественной строительной отрасли производства магнезиальных вяжущих обусловленный уникальными свойствами магнезиальных материалов. Существует значительный объем сырья, который мог бы быть использован для изготовления магнезиальных вяжущих, но пока не находит применения. Разнообразие возможных структур магнезиальных композитов делает их использование особенно перспективным. В данной статье представлены результаты физико-химических исследований жаростойкого вяжущего на основе магнезита и натриевого полисиликата. В результате рентгеноструктурного анализа образцов, вяжущего было установлено, что взаимодействие между оксидом магния и полисиликатом натрия начинается при нагревании до 900°C. С увеличением температуры обжига образцов содержание форстерита заметно растет и стекловидная фаза полностью исчезает. И после нагревания до 1500°C обнаружено значительно больше форстерита, чем в образце, нагретом до 1300°C. Таким образом, установлено, что при реакциях в твердой фазе между тонкомолотым компонентом магнезитом и полисиликатом натрия при нагревании образуются форстерит и щелочные силикаты магния, которые в свою очередь способствуют улучшению термомеханических свойств магнезитового полисиликатнатриевого вяжущего.

Ключевые слова: Магнезит, доломит, брусит, полисиликаты натрия, вяжущее, композиты, физико-химические исследования, форстерит, щелочные силикаты магния.

PHYSICOCHEMICAL STUDIES OF COMPOSITE BINDING AGENT BASED ON MAGNESITE
AND SODIUM POLYSILICATE*Toturbiev¹ B.D., Mamaev¹ S.A., Zhuravlev² M.M., Toturbieva² U.D.**¹Institute of Geology DFRC RAS,**²Dagestan State Technical University*

There is a huge potential for further development in the domestic construction industry of magnesite binders due to the unique properties of magnesite materials. There is a significant amount of raw materials that could be used to manufacture magnesite binders, but so far they have not found application. The variety of possible structures of magnesite composites makes their use particularly promising. This article presents the results of physicochemical studies of a heat-resistant binder based on magnesite and sodium polysilicate. As a result of X-ray structural analysis of the binder samples, it was found that the interaction between magnesium oxide and sodium polysilicate begins when heated to 900°C. With an increase in the firing temperature of the samples, the forsterite content increases noticeably and the glassy phase completely disappears. And after heating to 1500°C, significantly more forsterite was found than in the sample heated to 1300°C. Thus, it was found that during reactions in the solid phase between the finely ground magnesite component and sodium polysilicate, forsterite and alkaline magnesium silicates are formed during heating, which in turn contribute to the improvement of the thermomechanical properties of the magnesite sodium polysilicate binder.

Keywords: Magnesite, dolomite, brucite, sodium polysilicates, binder, composites, physicochemical studies, forsterite, alkaline magnesium silicates.

В современном мире вопросы рационального использования природных ресурсов, а также повышения энергоэффективности и энергосбережения являются приоритетными направлениями развития науки и технологий в Российской Федерации [1-9].

В этом контексте технология производства магнезиальных вяжущих и материалов на их основе занимает скромное, но устойчивое положение в отечественной строительной отрасли. Однако у этой технологии есть огромный потенциал для дальнейшего развития, обусловленный уникальными свойствами магнезиальных материалов [6,9].

Следует отметить, что существует значительный объем сырья, который мог бы быть использован для изготовления магнезиальных вяжущих, но пока не находит применения. В частности, речь идет о некондиционных и низкосортных магнезитах, доломитах и бруситах [10-14].

Магнезиальные вяжущие материалы представляют собой обширную область применения, потенциал которой ещё не до конца раскрыт. Разнообразие возможных структур магнезиальных композитов делает их использование особенно перспективным [13-15],.

В данной работе представлены результаты физико-химических исследований жаростойкого вяжущего на основе магнезита и натриевого полисиликата.

Композиционное вяжущее, полученное из магнезита и натриевого полисиликата, было разработано в результате изучения взаимодействия магнезита с жидким стеклом и анализа особенностей связывания кремнезёма с магнезитом.

Результаты показали, что температура обжига магнезита оказывает значительное влияние на его свойства. При обжиге в диапазоне температур от 700 до 900 °С образуется каустический магнезит, который обладает вяжущими характеристиками и может быть использован в качестве вяжущего материала.

Магнезит, обожжённый при температурах от 1500 до 1600 °С, называется спекшимся или металлургическим, хотя он реагирует с водой медленно, но также обладает вяжущими свойствами, что открывает новые перспективы использования спекшегося магнезита, в производстве безобжиговых изделий.

В ходе исследования было разработано композиционное вяжущее на основе магнезита. Для этого использовался спечённый магнезит определённого химического состава: MgO — 93,1%; SiO₂ — 2,3%; Fe₂O₃ — 2,4%; CaO — 1,9%; п.п. — 0,3%. Следует отметить, что содержание примесей в магнезите, предназначенном для производства огнеупорных изделий, должно строго контролироваться. Оксид кальция (CaO) должен составлять 2–3%, диоксид кремния (SiO₂) — 3–5%, а оксид железа (Fe₂O₃) — не более 5% в прокалённом состоянии.

На производстве для затворения магнезиальных вяжущих веществ обычно используют не воду, а растворы хлористых и сернокислых солей. Это связано с тем, что применение воды приводит к образованию материала с низкими прочностными характеристиками.

Рентгенографическое исследование исходного образца магнезита показало наличие периклаза MgO (dÅ — 2,10; 2,44; 1,49), монтичеллита (dÅ — 3,63; 2,40; 1,91; 1,81), силиката кальция Ca₃Si₂O₇ (dÅ — 2,68; 2,65), а также пиков, соответствующих бруситу Mg(OH)₃ (dÅ — 4,79; 2,75; 2,39).

Анализ кривой дифференциальной термогравиметрии (ДТА) исходного магнезита продемонстрировал два эндотермических эффекта при температурах 360°С и 450°С, экзотермический эффект при 960°С, а также незначительные эндотермические эффекты при 710°С и 830°С.

Рентгенографический анализ сухой смеси молотого магнезита и натриевого силикатного вяжущего, которое прореагировало с водой и затем было высушено при температуре 200°С, показал наличие линий, характерных для магнезита и брусита.

Несмотря на то, что оксид магния (MgO) плохо растворяется в воде и образует брусит, его термическое разложение при температуре 200 °С не происходит полностью. Вероятно, образовавшаяся в результате растворения натриевого силикатного вяжущего плёнка силикатного стекла покрывает брусит.

Увеличение содержания воды может нарушить целостность этой плёнки, что приведёт к утечке воды из оболочек силикатного стекла и брусита.

На термограмме дифференциального термического анализа (ДТА) образца вяжущего после сушки (см. рис. 2) виден эндотермический эффект, связанный с разложением брусита при температуре 480 °С.

Анализ кривой ДТА высушенного при 200 °С образца вяжущего материала показывает небольшой эндотермический эффект при 150 °С, вызванный удалением физически связанной воды. Также наблюдаются эндотермические эффекты при 310, 410, 480 и 760 °С, а также экзотермический эффект при 720 °С.

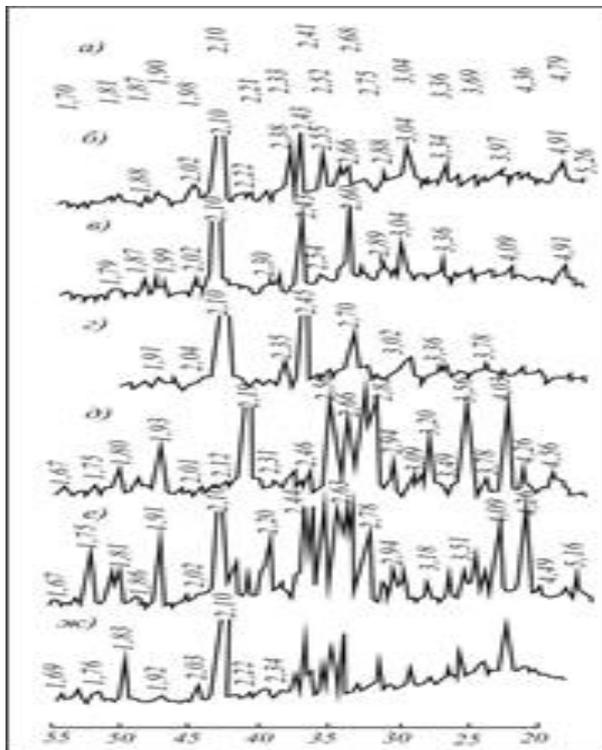


Рис. 1. Рентгенограммы магнезит силикат-натриевого вяжущего после термообработки а - исходный магнезит; б - 200°С; в - 400°С; г - 600°С; д - 800°С; е 1000°С; ж - 1450°С

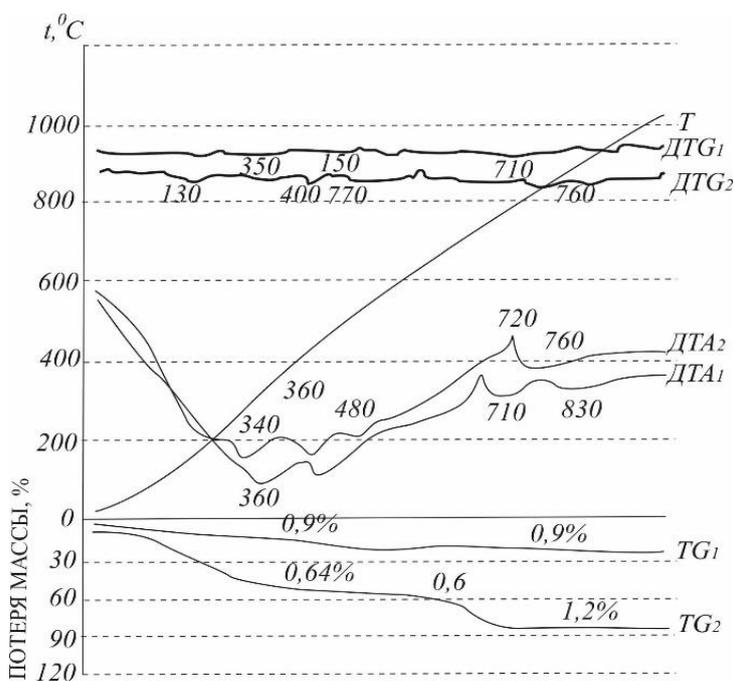


Рис. 2. Термограммы магнезита (1) и магнезит-силикат натриевого вяжущего (2).

Исследование [17,18], посвящённое взаимодействию гидроксида магния ($Mg(OH)_2$) с жидким стеклом, не выявило образования силикатов магния. Было обнаружено лишь инкапсулирование частиц $Mg(OH)_2$ гелеобразной массой и деструкция брусита $Mg(OH)_2$ в температурном диапазоне 430–440 °С. При этом жидкое стекло, присутствующее в вяжущем материале, не вступало во взаимодействие с $Mg(OH)_2$ до температуры 400 °С.

Исходный магнезит содержит силикат кальция в высокоосновной форме и монтичеллит. При нагревании до 340 °С происходит их преобразование в низкоосновные формы, что сопровождается незначительным эндотермическим эффектом (см. рис. 2).

Эндотермические эффекты при 410 и 480 °С свидетельствуют о дегидратации брусита $Mg(OH)_2$ с выделением воды.

Анализ рентгенограммы образца, нагретого до 400 °С (см. рис. 1, в), показывает увеличение интенсивности линий, соответствующих MgO , по сравнению с исходным магнезитом. Это явление связано с образованием MgO из брусита, содержащегося в исходном материале.

Рентгенографическое исследование образца, нагретого до 600 °С, не выявило появления новых кристаллических фаз. Однако было замечено снижение интенсивности пиков, характерных для MgO , что может указывать на образование аморфной фазы из MgO и кремнезёма.

И. С. Кайнарский [17] отмечал возможность формирования такой фазы в температурном диапазоне 400–700 °С в ходе исследований превращений серпентина, сопровождающихся образованием двух групп минералов.

В первую группу входят минералы, которые образуются через промежуточную стадию аморфного состояния.

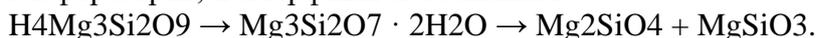
При нагревании серпентина $H_4Mg_3Si_2O_9$ происходит его термическое разложение. Этот процесс происходит поэтапно. Сначала происходит дегидратация серпентина, в результате чего образуется аморфная фаза $Mg_3Si_2O_7$ и выделяется вода:



На рентгенограмме можно заметить, что пики, характерные для серпентина, исчезают, а пики, характерные для форстерита Mg_2SiO_4 , появляются только при температурах выше 700 °С:



В некоторых случаях при нагревании серпентина помимо аморфной фазы могут образовываться и форстерит, и аморфный метасиликат:



В ходе дальнейших исследований было обнаружено, что при повышении температуры до 1150 °С аморфный метасиликат претерпевает фазовый переход, превращаясь в энстатит. При этом свободный кремнезём не образуется.

Аморфный метасерпентин формируется в результате дегидратации серпентина при температурах от 400 до 700 °С. Исследования образцов при 600 °С показали снижение интенсивности пиков, соответствующих MgO , без образования новых фаз. Это может свидетельствовать о формировании аморфной фазы, состоящей из MgO и кремнезёма.

И. С. Кайнарский в своих исследованиях установил, что при нагревании серпентина в диапазоне температур от 400 до 700 °С происходит фазовый переход, в результате которого образуется аморфная фаза. При этом исчезают рентгеновские пики, характерные для исходного серпентина. Появление пиков форстерита наблюдается только при температуре выше 700 °С. В некоторых случаях, помимо аморфной фазы, образуются форстерит и аморфный метасиликат. Последний, в свою очередь, при температуре 1150 °С трансформируется в энстатит.

Таким образом, образование аморфного метасерпентина связано с дегидратацией серпентина в диапазоне температур от 400 до 700 °С.

Рентгенографический анализ образца композиционного вяжущего, который был предварительно нагрет до 800 °С, не выявил пиков, характерных для MgO. Вместо этого были обнаружены интенсивные линии, соответствующие форстериту, акерманиту и тальку.

Исследования, проведённые Л. П. Тарасовой [17], показали, что при взаимодействии оксида магния с жидким стеклом ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$) образуется форстерит. Добавление более активного отвердителя на основе силикатов кальция снижает количество MgO, участвующего в реакции с жидким стеклом.

Реакция оксида магния с SiO_2 из жидкого стекла происходит только при температуре выше 800 °С в твёрдом состоянии и приводит к образованию форстерита. Присутствие в смеси $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ способствует образованию магнийкальциевого силиката CaMgSiO_4 , который обладает высокой огнеупорностью.

В результате рентгенографического исследования было обнаружено, что на рентгенограмме отсутствуют пики, соответствующие MgO. Это объясняется тем, что при нагревании серпентина до 1000 °С образуются форстерит и метасиликаты магния.

Авторы исследования отмечают, что при нагревании серпентина до 1000 °С происходит образование форстерита и метасиликатов магния. При этом удаление воды происходит уже при температуре 700–750 °С. Экзотермический эффект на кривой ДТА образца вяжущего, нагретого до 800 °С, связан с кристаллизацией форстерита.

Метасиликат магния MgSiO_3 не обладает огнеупорными свойствами, но играет важную роль в процессе образования ряда гидросиликатов магния, которые могут быть использованы для производства огнеупоров на основе форстерита.

Водный раствор силиката натрия при растворении его безводного аналога увеличивается в объёме. При смешивании с композицией он полностью покрывает частицы оксида магния и брусита тонкой плёнкой. В процессе сушки эти плёнки отвердевают, удерживая воду на брусите до достижения температуры 500 °С.

Увеличение модуля жидкого стекла с 2 до 2,7 приводит к образованию новых соединений, таких как $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и щелочных гидросиликатов магния $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. При температуре 800 °С оксид магния полностью интегрируется в состав различных минералов, находящихся как в метастабильных, так и в стабильных фазах. При дальнейшем повышении температуры эти минералы подвергаются декомпозиции с выделением MgO.

В диапазоне температур от 800 до 1000 °С в материале формируются минералы, структурно близкие к тальку, монтичеллиту и форстериту. При обжиге до 1000 °С тальк преобразуется в кристобалит.

Разложение талька при нагревании до 900 °С происходит по следующей схеме: $\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10} \rightarrow 3\text{MgSiO}_3 + \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Кремнезём, который выделяется в аморфном состоянии при температуре 1100 °С, частично переходит в кристобалит.

Исследование магнезитового бетона на магнезит-полисиликатнатриевом вяжущем в основном подтвердило факт появления аналогичных новообразований, что было отмечено и при изучении магнезитового полисиликат-натриевого вяжущего.

В результате рентгеноструктурного анализа образцов, вяжущего было установлено, что взаимодействие между оксидом магния и полисиликатом натрия начинается при нагревании до 900 °С. С увеличением температуры обжига образцов содержание форстерита заметно растёт и стекловидная фаза полностью исчезает. И после нагревания до 1500 °С обнаружено значительно больше форстерита, чем в образце, нагретом до 1300 °С.

Таким образом, установлено, что при реакциях в твёрдой фазе между магнезитом и полисиликатом натрия при нагревании образуются форстерит и щелочные силикаты магния, которые в свою очередь способствуют улучшению термомеханических свойств магнезитового полисиликат-натриевого вяжущего.

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

Литература

1. Баженов, Ю.М. Технология сухих строительных смесей / Ю.М. Баженов, В.Ф. Коровяков, Г.А. Денисов. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2011. - 109 с.
2. Баранов, И.М. Проблемы нормирования свойств магнезиальных, вяжущих строительного назначения и их разрешение / И.М. Баранов // Строительные материалы. - 2014. - №3. - С.45-47.
3. Белимова, О.А. Магнезиальное вяжущее на основе шлама бисульфитного раствора - отхода целлюлозно-бумажной промышленности: автореферат дис. ... канд. Техн. наук / О.А. Белимова. - Москва, 1999. - 23 с.
4. Белянкин, Д.С. Петрография технического камня / Д.С. Белянкин. - Изд. АН СССР, 1952. - 326 с.
5. Бердов, Г.И. Межфазное взаимодействие и механическая прочность композиционных вяжущих материалов. Часть 1. Магнезиальные вяжущие вещества / Г.И. Бердов, В.Н. Зырянова, Л.В. Ильина, Н.И. Никоненко, В.А. Сухаренко // Техника и технология силикатов. - 2014. - Т. 21. - № 3. - С. 8-14.
6. Будников, П.П. Спекание высокочистой окиси магния с добавками / П.П. Будников, М.А. Матвеев, В.К. Яновский, Ф.Я. Харитонов // Неорганические материалы. - 1967. - Т. III. - №5. - С.840-848.
7. Вайвад, А.Я. Магнезиальные вяжущие вещества / А.Я. Вайвад. - Рига: Наука. - 1971. - 315 с.
8. Головнев, С.Г. Высокоэффективные строительные технологии и материалы на основе магнезиального вяжущего / С.Г. Головнев, А.В. Киянец, К.В. Дьяков // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. - 2009. - № 3. - С. 86-87.
9. Гурьева, В.А. Магнезиальное техногенное сырье в производстве строительных керамических материалов / В.А. Гурьева // Вестник ЮУрГУ: Серия «Строительство и архитектура». - 2013. - Том 13. - №1. - С. 30-37.
10. Гуюмджян, П.П. Доломитовое сырье для производства магнезиального вяжущего / П.П. Гуюмджян, Т.Г. Ветренко, С. Цыбакин, М.Н. Чичилов // Вестник МГСУ. - 2010. - № 3. - С. 73-75.
11. Жукова, И.А. Магнезит, брусит, дунит / И.А. Жукова. - Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. - Москва, 2013. - Вып. 39. - 45 с.
12. Зырянова, В.Н. Водостойкие композиционные магнезиальные вяжущие вещества на основе природного и техногенного сырья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.11 / Томский политехнический университет. Томск, 2010. - 40 с.
13. Зырянова, В.Н. Композиционные магнезиальные вяжущие и строительные материалы из природных высокоминерализованных поликомпонентных рассолов / В.Н. Зырянова, Г.И. Бердов, В.И. Верещагин, Н.П. Коцупало, А.Д. Рябцев // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2014. - № 2 (662). - С. 17-25.
14. Мирюк, О.А. Смешанное магнезиальносиликатное вяжущее / О.А. Мирюк // В сборнике: Теоретические и методологические проблемы современных наук материалы IX Международной научно-практической конференции. Новосибирск. - 2013. - С. 182-187.
15. Хорошавин, Л.Б. Магнезиальные огнеупоры: Справочник / Л.Б. Хорошавин, В.А. Перепелицын, В.А. Кононов. - М: Интермет Инжиниринг, 2001. - 576 с.
16. Кайнарский И.С. Процессы технологии огнеупоров. - М.: Metallurgia.- 350 с.
17. Тарасова А.П. Жаростойкие вяжущие на жидком стекле и бетоны на их основе. - М.: Стройиздат, 1982. - 130 с.
18. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций.- М.: Стройиздат, 1988.- 208 с.

УДК 550.34.013.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-56-63

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ В 2020-2023 гг.

*Алиева А.В.**Дагестанский филиал Федерального исследовательского центра
«Единая геофизическая служба Российской академии наук» e-mail: dfgsran@mail.ru*

В настоящей статье представлена общая характеристика сейсмического режима территории Республики Дагестан и смежных районов. Представлен анализ закономерностей и пространственной локализации землетрясений за период 2020-2023 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 2020-2023 гг., ее распределение по годам, а также по пяти территориальным зонам: Республика Дагестан, приграничные районы Чеченской Республики, Республики Грузии, Азербайджанской Республики и акватория Каспийского моря.

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

ANALYSIS OF THE SEISMIC REGIME OF THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN AND ADJACENT AREAS IN 2020-2023

*Alieva A.V.**Dagestan branch of the Federal Research Center
Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences, Belinsky st.,
e-mail: dfgsran@mail.ru*

This article presents a general description of the seismic regime of the territory of the Republic of Dagestan and adjacent areas. The analysis of the regularities and spatial localization of earthquakes for the period 2020-2023 is presented using the regional earthquake catalog of the DB FRC UGS RAS. The map of earthquake epicenters in the Republic of Dagestan and adjacent regions is given. The total released seismic energy for the period 2020-2023 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, Republic of Azerbaijan and the Caspian Sea.

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

Введение

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

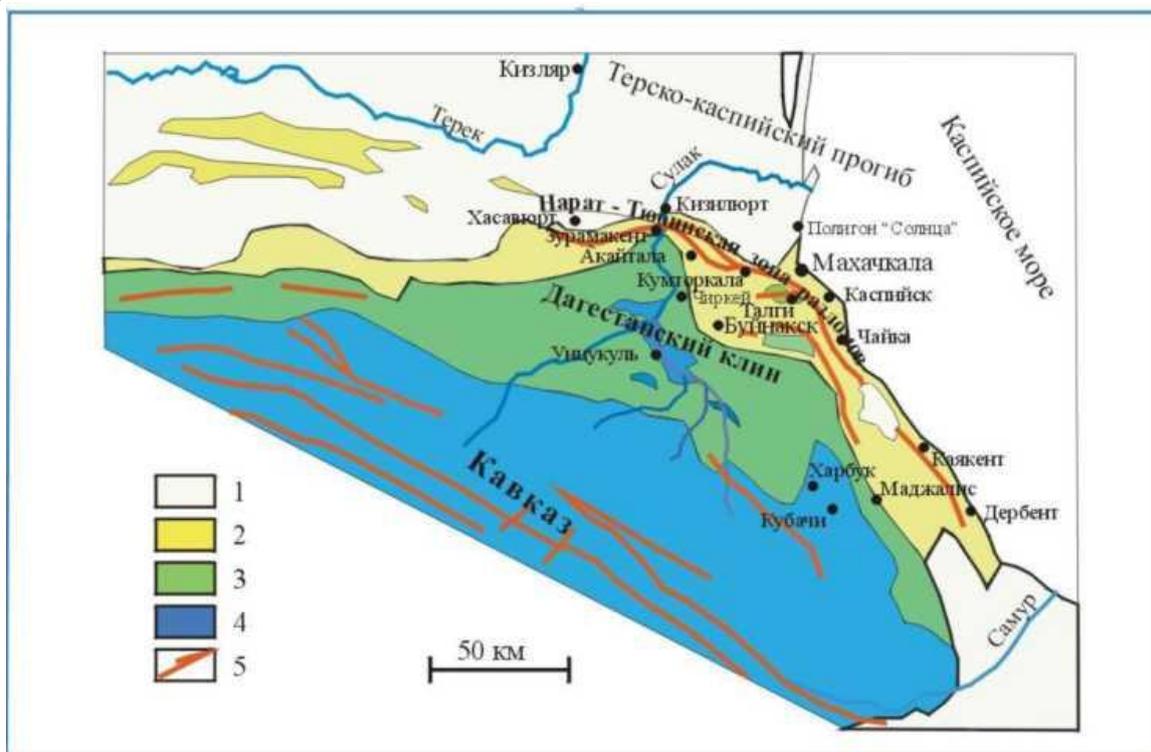
В настоящей статье дается обобщение наблюдений над землетрясениями региона за 2020-2023 гг. Существующее расположение стационарных сейсмических станций Республики Дагестан и смежных районов позволило получить неискаженное представление о распределении землетрясений на исследуемой территории с $K_p \geq 7$. С целью выявления характера расположения эпицентров ощутимых землетрясений построена карта эпицентров землетрясений за 2020-2023 гг. с $K_p \geq 11$.

Исследуемый район ограничен координатами $\varphi=41^\circ$ и 45° с.ш., $\lambda=45^\circ$ и 49° в.д.

Дагестан — это территория с резко выраженными рельефными формами, с обилием глубоких каньонов, с разницей отметок в верховьях и устьев рек порядка 1200 – 1300 м на очень коротких расстояниях. Тектоническое строение зоны Дагестанского клина приурочено к Терско-Каспийскому прогибу, наложенному на Скифскую эпигерценскую плиту, формирующих северный склон Восточного Кавказа и Восточного Предкавказья.

Рассматриваемая область сложена мощной толщей пород от нижнеюрского до антропогенного возрастов включительно (рис.1). Степень обнаженности этих пород увеличивается с

востока и юго-востока на запад и северо-запад. Наиболее обнажены породы в зоне Сулакского выступа.



1-5 - стратиграфические комплексы: 1 - плиоцен-четвертичный, 2 - олигоцен-миоценовый, 3 - верхнеюрско-эоценовый, 4 - нижне-среднеюрский; 5 – разрывы

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

Анализ сейсмической ситуации

В данном исследовании использован каталог землетрясений нашего региона и смежных районов Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН.

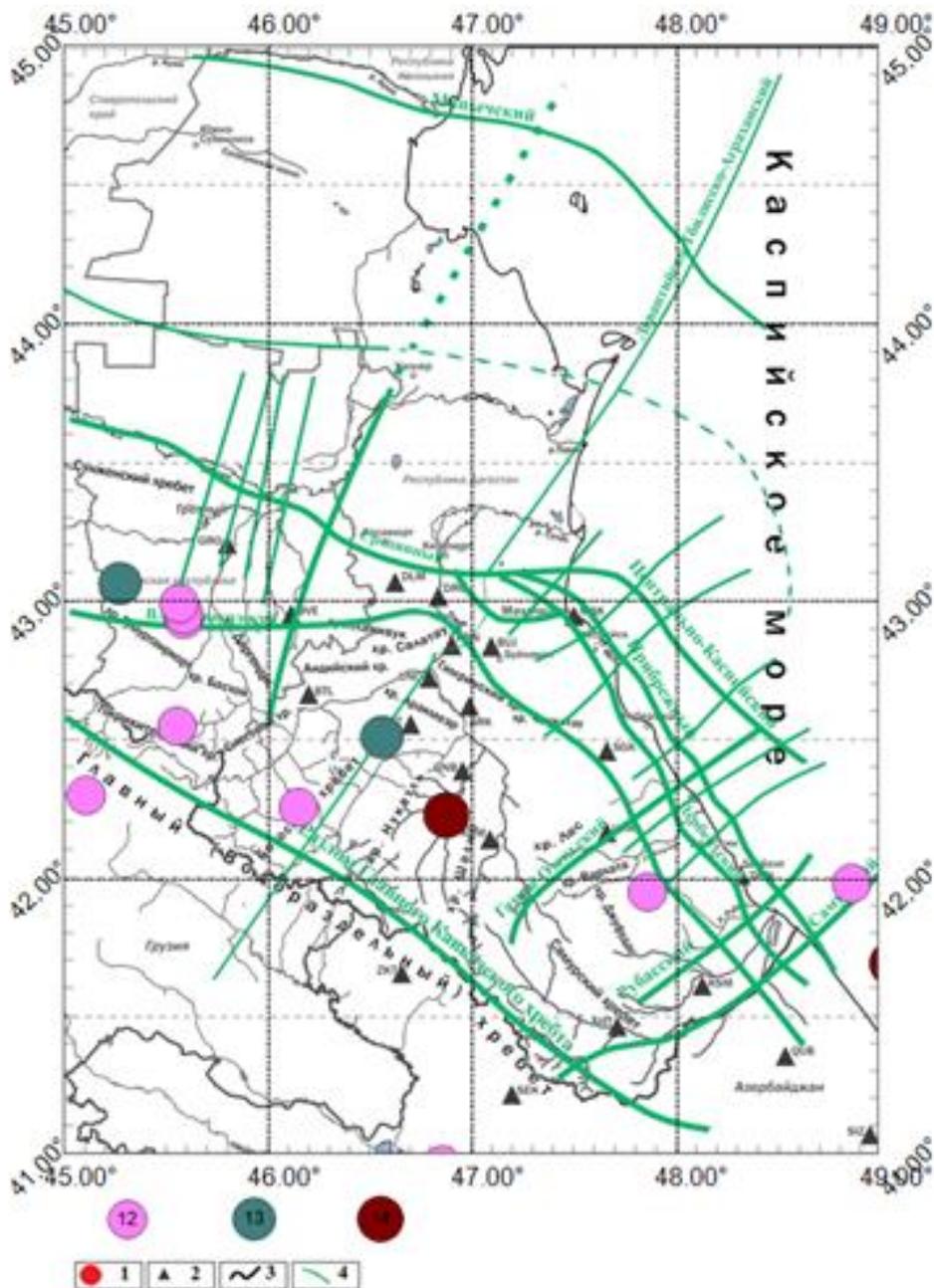
В каталоге землетрясений в 2020-2023 гг. на территории Дагестана и в приграничных зонах зафиксированы эпицентры для 51 землетрясений с $K_p \geq 11$ (см. табл. 1).

Табл. 1.

Данные по территориальному распределению числа землетрясений по энергетическим классам $K_p \geq 11$ за 2020-2023гг.

	$K_p=11$	$K_p=12$	$K_p=13$	$K_p=14$	Σ по K_p	$\Sigma E, 10^{14}, \text{Дж}$
Акватория Каспийского моря	2	1		1	4	1,012
Республика Дагестан	10	3	1	1	15	1,140
Чеченская Республика	10	4	1		15	0,150
Республика Грузия	10	1			11	0,020
Азербайджанская Республика	6				6	0,006
	38	9	2	2	51	2,328

Наибольший интерес представляет распределение эпицентров землетрясений с $K_p \geq 12$ (см. рис.2), 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.



1- энергетические классы; 2-сейсмостанции Дагестана и смежных республик соответственно; 3- границы региона; 4 – глубинные разломы.

Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений на территории Дагестана и смежных районов, с $K_p \geq 12$ за 2020-2023 гг.

Так, за 2020-2023 гг. сетью сейсмостанций было зафиксировано 51 сейсмическое событие с $K_p \geq 11$. Наиболее сейсмоактивным были юго-западный район Республики Дагестан и южная часть акватории Каспийского моря, где зарегистрированы по одному землетрясению 14-го энергетического класса. В прилегающих районах Грузии произошло 10 землетрясений 11-го энергетического класса и 1 землетрясение 12-го класса; 10 землетрясений 11-го и 4 землетрясения 12-го и 1 землетрясение 13-го энергетических классов произошло в Чеченской Республике. В прилегающих районах Азербайджанской Республики произошло 6 землетрясений 11-го энергетического класса.

В этих зонах повышение сейсмичности характеризуется высокой концентрацией землетрясений 11-го энергетического класса (см. рис. 3).

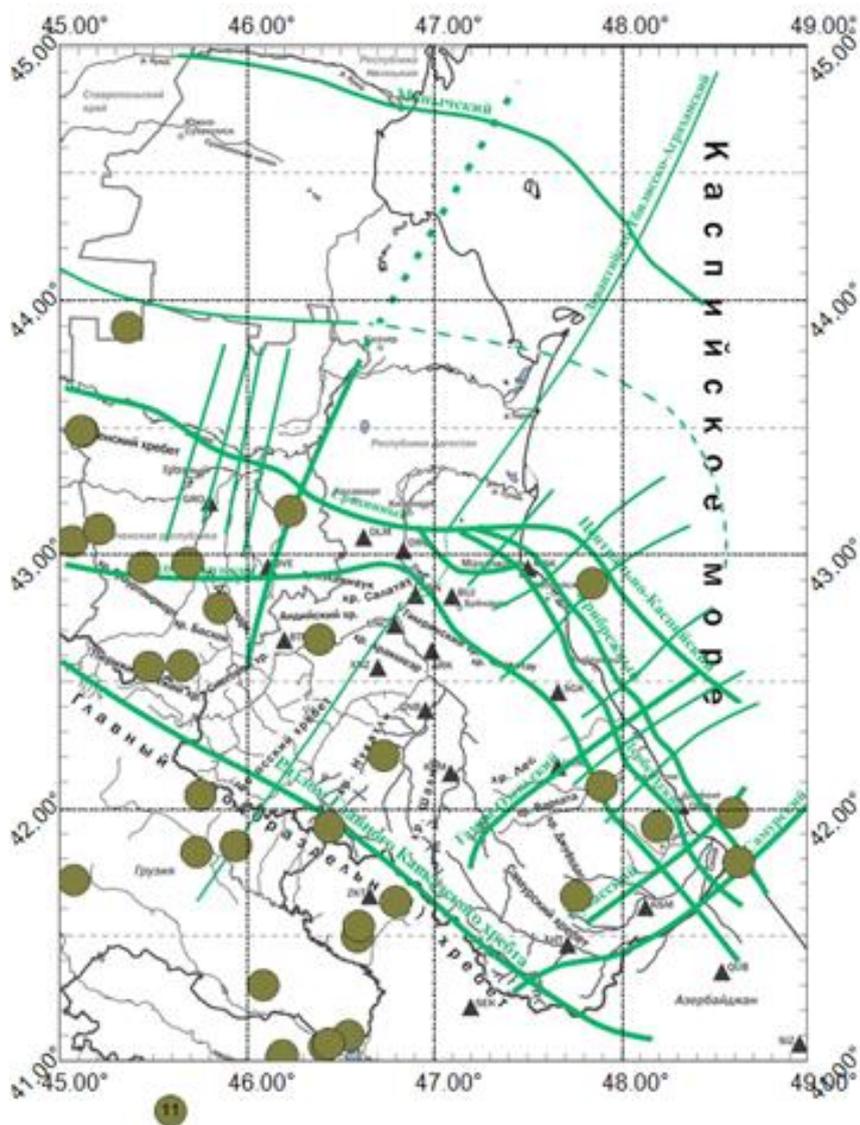


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений на территории Дагестана и смежных районов, с $K_p=11$ за 2020-2023 гг.

Проекции гипоцентров современных и исторических землетрясений с магнитудами более 5 на дневную поверхность отражают их пространственные положения на линиях глубинных разломов при глубинах от ~ 20 до 80 км. Наибольшее их количество расположено в зонах перехода от горных сооружений к равнинным участкам. С востока, такая зона занимает прибрежную часть Каспийского моря. С севера эта зона соответствует области сочленения альпийской складчатости с Терско-Каспийским предгорным прогибом. Горная часть Дагестана характеризуется весьма малым количеством эпицентров землетрясений с $K_p \geq 11$ [3].

Наличие землетрясений с гипоцентрами в поперечных глубинных разломах является свидетельством чрезвычайной геодинамической активности зоны сочленения Скифско-Туранской плиты с Восточно-Европейской платформой с севера и Терско-Каспийским прогибом с юга. Центральный и южный районы Дагестана характеризуются самой высокой сейсмической активностью в европейской части России [6].

Высокий уровень сейсмичности сохраняется в окрестностях Чиркейского водохранилища. Активизация сейсмических процессов объясняется наличием большого числа глубинных продольных и поперечных разломов [7].

Проведем анализ сейсмической ситуации в период 2020-2023 гг. Координаты всех землетрясений определялись методом засечек. Рассмотрим величину суммарной энергии (ΣE) $K_p \geq 11$ для отдельных сейсмоактивных зон Дагестана и смежных районов (см. рис. 4).

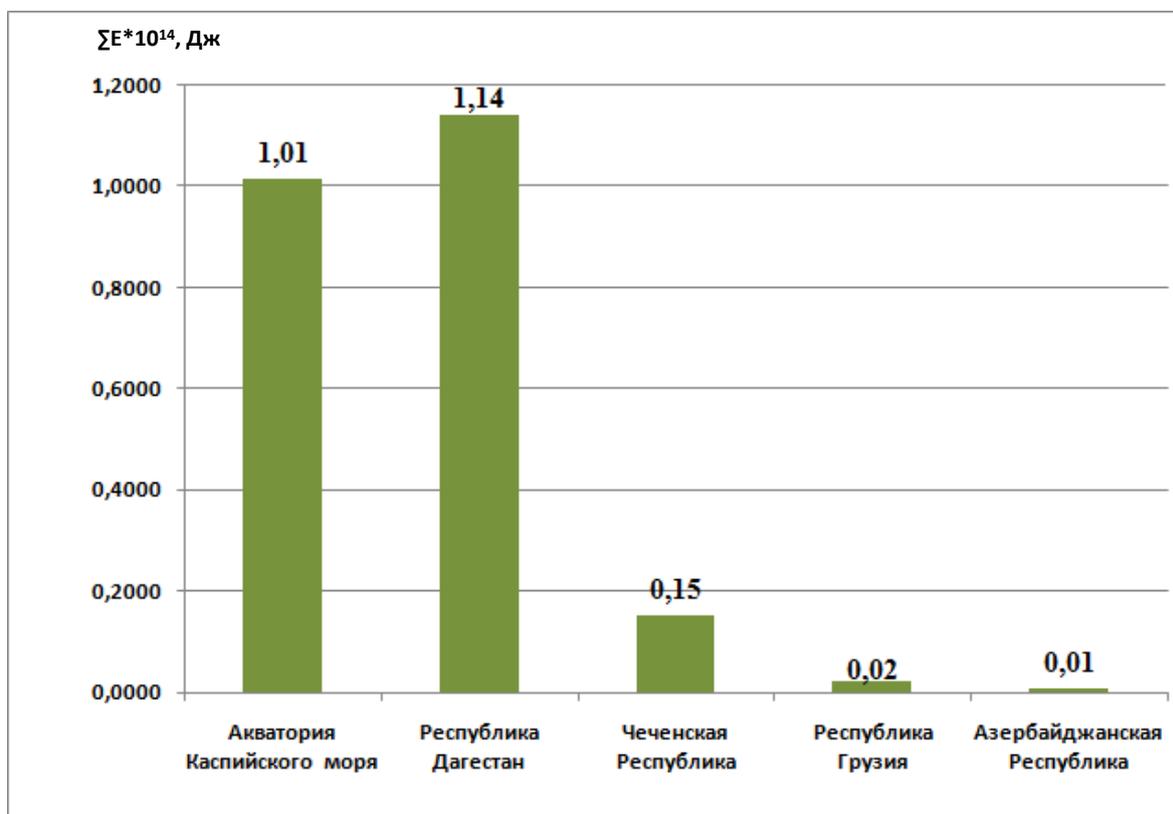


Рис. 4. Распределение величины ΣE , Дж по сейсмическим зонам за период 2020-2023 гг.

Так, мы видим, что период 2020-2023 годов характеризуются резким и значительным высвобождением сейсмической энергии.

Анализ карты эпицентров и графика распределения сейсмической энергии по зонам показывает, что, наиболее активными в период 2020-2023 гг. были приграничные территории Чеченской Республики, Республика Дагестан и акватория Каспийского моря.

На представленной гистограмме (см. рис. 4) фиксируется самое большое высвобождение сейсмической энергии на территории Республики Дагестан и акватории Каспийского моря.

В сейсмоактивном районе Азербайджанской Республики зарегистрировано 6 землетрясений с $K_p \geq 11$, суммарной энергией $\Sigma E = 0.006 * 10^{14}$ Дж.

В сейсмоактивном районе Республики Дагестан зарегистрировано 15 землетрясений с $K_p \geq 11$, суммарной энергией $\Sigma E = 1.140 * 10^{14}$ Дж.

В сейсмоактивном районе Чеченской Республики зарегистрировано 15 землетрясений с $K_p \geq 11$, суммарной энергией $\Sigma E = 0.150 * 10^{14}$ Дж.

В сейсмоактивном районе акватории Каспийского моря зарегистрировано 4 землетрясения с $K_p \geq 11$, суммарной энергией $\Sigma E = 1.012 * 10^{14}$ Дж.

В сейсмоактивном районе Республики Грузия зарегистрировано 11 землетрясений с $K_p \geq 11$, суммарной энергией $\Sigma E = 0.020 * 10^{14}$ Дж.

Для детального анализа сейсмособытий рассмотрим изменение сейсмической энергии за 2020-2023гг. ($K_p \geq 11$) по пяти зонам: Республика Дагестан, акватория Каспийского моря, приграничные районы Азербайджанской Республики, Чеченской Республики, Грузии (см. рис. 5).

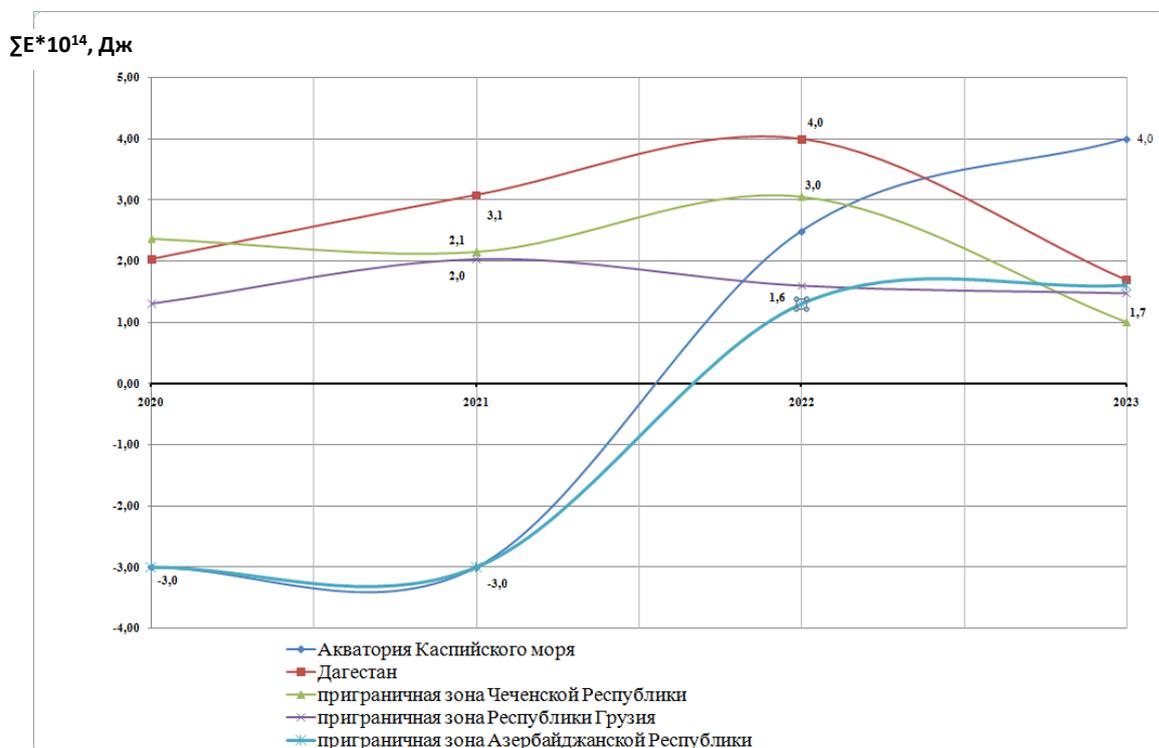


Рис. 5. Изменение величины ΣE во времени за 2020-2023 гг. для основных сейсмоактивных зон.

На рассматриваемых территориях подавляющее большинство землетрясений происходит на глубинах до 50 км. Рассмотрим данные распределения очагов землетрясений ($K_p \geq 11$) по глубинам за период 2020–2023 гг. на территории Дагестана и смежных районов (см. рис.6).

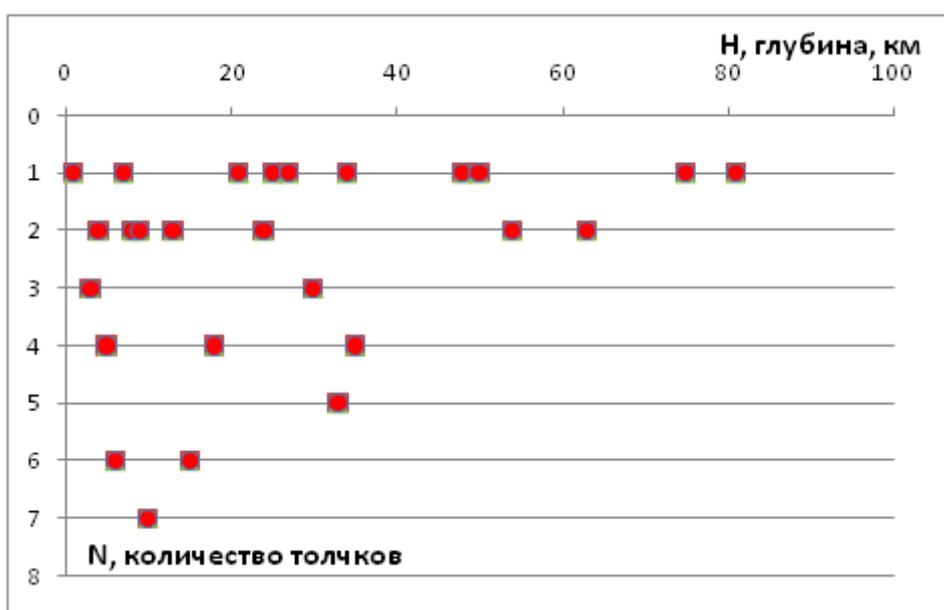


Рис.6. Распределение очагов землетрясений по глубине в период 2020-2023 гг.

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

Из графика распределения сейсмической энергии (см. рис. 4) видно, что максимум высвобождения сейсмической энергии в зоне Республики Дагестан приходится на 2022 г. После максимума 2022 года наблюдается спад сейсмоактивности.

Наибольшее количество выделившейся энергии в приграничной зоне Чеченской Республики приходится на 2022 г., после чего наблюдается спад до 2023 года.

Наибольшее количество выделившейся энергии в приграничной зоне Республики Грузия приходится на 2021 г. после чего наблюдается спад активности геологических процессов, который находится в стабильном режиме по состоянию на конец 2023 год.

Наибольшее количество выделившейся энергии в акватории Каспийского моря приходится на 2021 г. До активизации сейсмических событий наблюдался спад 2020 г. С 2022 г. сейсмоактивность начала расти.

Наибольшее количество выделившейся энергии в приграничной зоне Азербайджанской Республики приходится на 2022 г. С 2022 г. сейсмоактивность начала расти.

Средняя величина суммарной энергии за четырехлетний период составила: Чеченская Республика - $1.150 \cdot 10^{14}$ (Дж); Республика Грузия - $0.020 \cdot 10^{14}$ (Дж); Республика Дагестан - $1.140 \cdot 10^{14}$ (Дж); Азербайджанская Республика - $0.006 \cdot 10^{14}$ (Дж); акватория Каспия - $1.032 \cdot 10^{14}$ (Дж).

Заключение

В период с 2020-2023 гг. наблюдались плавные усиления сейсмической активности в зонах Чеченской Республики, Азербайджанской Республики и Республики Дагестан (см. рис. 3). Рассмотренные материалы свидетельствуют о волнообразном проявлении сейсмичности за 2020-2023 гг. Наряду с сильными землетрясениями, сопровождающимися многочисленными афтершоками, здесь происходили более слабые толчки [2]. Отмечаются районы концентрации толчков, равномерно распределенных во времени. Благодаря техническими возможностями аппаратуры, определившей представительный класс землетрясений в 2020-2023 гг. от $K_p=7$, в анализируемый период наблюдался значительный рост числа сейсмособытий 7-12 энергетического класса. Количество общей энергии, начиная с $K_p \geq 11$, с 2020 по 2023 гг. на территории Дагестана и сопредельных республик составило $2.328 \cdot 10^{14}$ Дж.

Количество общей энергии, начиная с $K_p \geq 11$, с 2000 по 2020 гг. на территории Дагестана и сопредельных республик составило $1.1631 \cdot 10^{14}$ Дж [5].

Количество общей энергии, начиная с $K_p \geq 11$, с 2020 по 2023 гг. на территории Дагестана и сопредельных республик составило $2.328 \cdot 10^{14}$ Дж.

Т.о. наблюдается рост выброса энергии и активизации сейсмических процессов за период 2020-2023 гг. При этом, глубина очагов землетрясений в области Дагестанского клина колеблется в пределах 2-40 км. Концентрация очагов землетрясений от 35 до 60 км с глубиной плавно уменьшается, что соответствует переходной зоне горных пород от осадочного чехла к фундаменту [4].

Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00682-24 с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

Литература

1. Асманов О.А. Годографы сейсмических волн территории Дагестанского клина // Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. М.: «Наука», 1980. Т. 1. С. 17-22.
2. Асманов О. А., Батыров Т. Б. Особенности сейсмического режима и сильные землетрясения Дагестана и сопредельных территорий за период 2011-2017 гг. // Мониторинг. Наука и технологии. Выпуск № 3(41) - Махачкала, 2019 г. С. 6-11.
3. Гаджиев С. О., Асманов О. А. и др. Отчет о результатах сейсмологических и геохимических наблюдений на территории ДАССР, проведенных ОМП в 1983 г. // Институт геологии ДФ АН СССР - Махачкала, 1984 г.
4. Короновский Н. В. Геология: учебное пособие для прикладного бакалавриата // 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. 194 с.
5. Алиева А. В. Анализ сейсмического режима территории Республики Дагестан и смежных районов в 2000-2020 гг. // Труды Института Геологии ДНЦ РАН. Махачкала. 2022. Выпуск № 1(88). С.65-73.
6. Магомедов Р.А. Геолого-тектонические условия, геодинамическая позиция и современная сейсмичность Восточного Кавказа // Труды Института Геологии ДНЦ РАН. Махачкала. 2017. Выпуск № 2(69). С.12-31.
7. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А., Абакаров А.Д., Таймазов М.Д. О состоянии и перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 51. С. 36-42.

УДК 550.348. (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-64-70

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ КАСУМКЕНТСКОГО-II ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 27 ИЮНЯ 2024 г.

Асманов О.А., Магомедов Х.Д., Адиллов З.А.

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

В статье приводятся инструментальные данные и описания макросейсмических проявлений землетрясения с $K_p=11.79$; $M_s=4.3$, произошедшего 27 июня 2024 г. на территории Сулейман-Стальского района Республики Дагестан.

Ключевые слова: Касумкентское землетрясение, макросейсмические проявления, изосейста.

MACROSEISMIC MANIFESTATIONS OF THE KASUMKENT-II EARTHQUAKE ON JUNE 27, 2024

Asmanov O.A., Magomedov Kh.D., Adilov Z.A.

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

The article presents instrumental data and descriptions of macroseismic manifestations of the earthquake with $K_p=11.79$; $M_s=4.3$, which occurred on June 27, 2024 in the Suleiman-Stalsky district of the Republic of Dagestan.

Keywords: Kasumkent earthquake, macroseismic manifestations, isoseism.

Введение. Эпицентр землетрясения, произошедшего 27 июня в 00^h11^m, локализован в 139 км к юго-востоку от г. Махачкалы, в районном центре Сулейман-Стальского района, в селе Касумкент, откуда и название землетрясения.

Кинематические и динамические параметры землетрясения определены территориальной сетью сейсмических станций Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН: $t_0=00:11:19.96$; $K_p=11.79$; $\varphi=41.748^{\circ}$ N; $\lambda=48.012^{\circ}$ E; $h=15$ км [1].

Касумкентское-II землетрясение. По данным ISC [7] Касумкентское-II землетрясение записали 58 сейсмических станций мировой сети.

Инструментальные данные. Кинематические и динамические параметры землетрясения представлены в табл. 1 по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН [1] (сеть DAGSR) в сопоставлении с решениями международных сейсмологических центров, представленными в бюллетене ISC [7]. Положение эпицентра по данным DAGSR и разных сейсмологических служб показано на рис. 1.

Как видно по рис. 1, решения эпицентров Касумкентского-II землетрясения не компактны, характеризуются двумя особенностями: очень близкое ($\Delta=9.4$ км) расположение инструментального и макросейсмического эпицентров; большой разброс решений служб, как к северу ($\Delta=27.2$ км, GFZ), так и к югу ($\Delta=35.5$ км, MOS). Наиболее близкими к инструментальному эпицентру Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН оказались решения агентов IDC и GFZ (19 и 26 км соответственно).

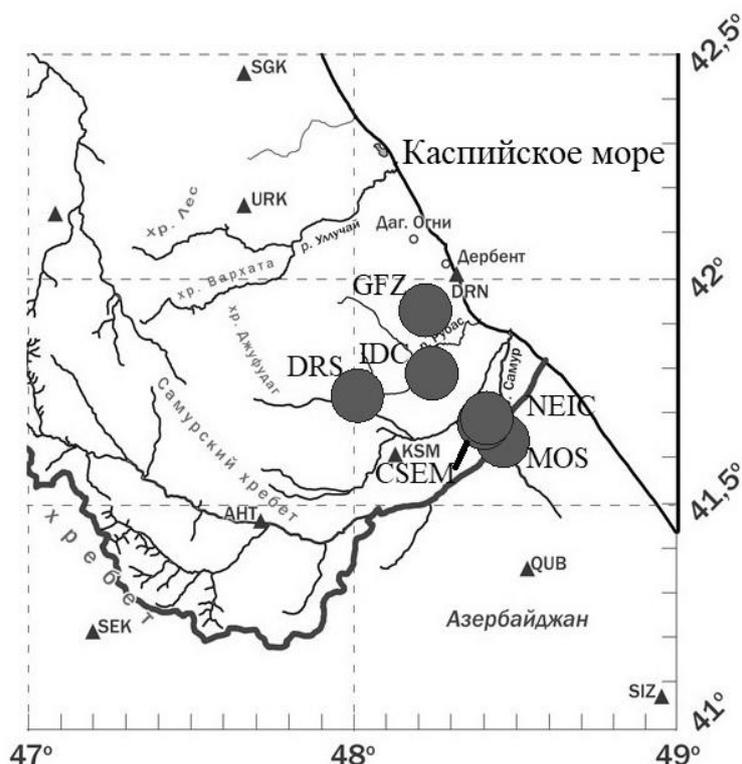


Рис. 1. Решения эпицентра Касумкентского-II землетрясения 27 июня 2024 г. по данным разных сейсмологических центров (табл. 1).

Таблица 1.
 Основные параметры Касумкентского-II землетрясения 27 июня 2024 г. с $K_p=11.79$; $M_s=4.3$ по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН в сопоставлении с определениями других агентств.

№	Агентство	t_0 ч. мин. с.	Гипоцентр			Магни-туда	Источник
			φ^0, N	λ^0, E	h, км		
1	DAGSR	00.11.19.96	41.74	48.01	15	$K_p=11.79; M_s=4.3$	[1]
2	MOS	00 11 16.20	41.640	48.460	10.0	$M_b=4.4$	[7]
3	CSEM	00 11 14.17	41.680	48.400	10.0f	$M_w=5.5$	[7]
4	NEIC	00 11 14.00	41.709	48.339	43.0	$m_b=4.1$	[7]
5	IDC	00 11 11.53	41.794	48.243	0.0f	$m_b=4.4 (0.1)/17$	[7]
6	GFZ	00 11 20.20	41.937	48.224	60.3	$m_b=4.4 (0.3)/29$	[7]

Примечание. DAGSR – Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН; MOS – сеть телесеизмических станций ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, Россия; CSEM – Centre Sismologique Euro-Mediterraneen, France; NEIC – National Earthquake Information Center, USA; IDC – International Data Centre, Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT), Austria; GFZ – German Research Centre For Geosciences.

Форшоковая и афтершоковая активность исследуемого землетрясения в радиусе 24 км представлена в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2.

Основные параметры форшоков и афтершоков Касумкентского-II землетрясения 27 июня 2024 г. [1].

N	Дата день, мес.	t ₀ ч.мин.сек.	Эпицентр		h, км	K _p [1]
			φ ⁰ ,N	λ ⁰ ,E		
Форшоки						
1	06.05	13 22 09.020	41.743	47.747	3	6.214
2	15.05	23 25 27.077	41.599	47.948	3	5.732
3	16.05	18 17 34.009	41.724	47.794	6	5.759
4	17.05	21 09 48.032	41.721	47.726	6	5.607
5	18.05	19 06 53.082	41.573	47.666	18	6.988
6	18.05	21 21 18.054	41.584	47.698	18	6.023
7	22.05	00 54 02.035	41.734	47.886	24	5.683
8	22.05	06 53 31.058	41.874	47.870	15	7.634
9	26.05	06 01 58.054	41.623	47.769	18	6.469
10	27.05	10 20 36.046	41.754	47.653	6	5.961
11	03.06	15 10 03.010	41.624	47.849	6	6.199
12	05.06	18 56 57.070	41.491	47.869	24	5.842
13	06.06	01 29 35.025	41.895	48.149	18	6.309
14	09.06	08 59 04.025	41.727	47.995	6	7.386
15	17.06	00 37 39.021	41.977	48.129	18	6.902
16	20.06	05 34 01.070	41.635	47.690	24	6.569
17	20.06	23 31 52.022	41.981	48.143	18	5.975
18	22.06	17 36 04.094	41.491	47.805	9	5.583
Главный толчок						
1	27.06	00 11 19.096	41.748	48.012	6	11.79
Афтершоки						
1	27.06	00 46 16.069	41.566	48.285	54	6.602
2	29.06	00 17 24.069	41.490	48.172	15	6.620
3	30.06	16 57 39.023	41.956	48.129	15	6.182
4	04.07	01 14 40.050	41.611	47.761	9	6.345
5	13.07	06 45 44.039	41.925	47.861	9	6.244

Энергетические ступени между энергетическим классом главного толчка и максимальными энергетическими классами форшоков (ΔK_{ϕ}) и афтершоков (ΔK_a) равны: $\Delta K_{\phi}=11.79-7.63=4.16$; $\Delta K_a=11.79-6.62=5.98$.

Поле форшоков и афтершоков Касумкентского-II землетрясения на рис. 2 образует эллиптическую форму. Главная осевая линия вытянута в северо-восточном направлении ($Azm=34^0$), что согласуется с азимутом $Azm=50^0$ вытянутости изосейст землетрясения на рис. 3.

Методика обработки макросейсмических данных. Для анализа макросейсмических проявлений рассматриваемых землетрясений использовалось уравнение макросейсмического поля Блейка-Шебалина [5]:

$$I_i = bM - v \lg \sqrt{\Delta_i^2 + h^2} + C, \tag{1}$$

или, для интенсивности сотрясений в эпицентре I_0 :

$$I_0 = bM - v \lg h + C, \tag{2}$$

где I_i – интенсивность в конкретном населенном пункте на эпицентральной расстоянии Δ_i , определенная, как и I_0 , по шкале ШСИ-17 [8]; M – магнитуда землетрясения, определяемая по

поверхностным волнам; h – глубина гипоцентра землетрясения в км; коэффициенты b , v и C для Дагестана и прилегающих районов в уравнениях (1) и (2) равны 1.5, 3.6, 3.1 соответственно.

Формулы (1) и (2) не учитывают геометрических размеров очага, и изосейсты без учета анизотропии затухания являются концентрическими кругами.

Макросейсмический эпицентр находился как центр изосейсты высшего балла. Глубина по макросейсмическим данным определялась из уравнения (2).

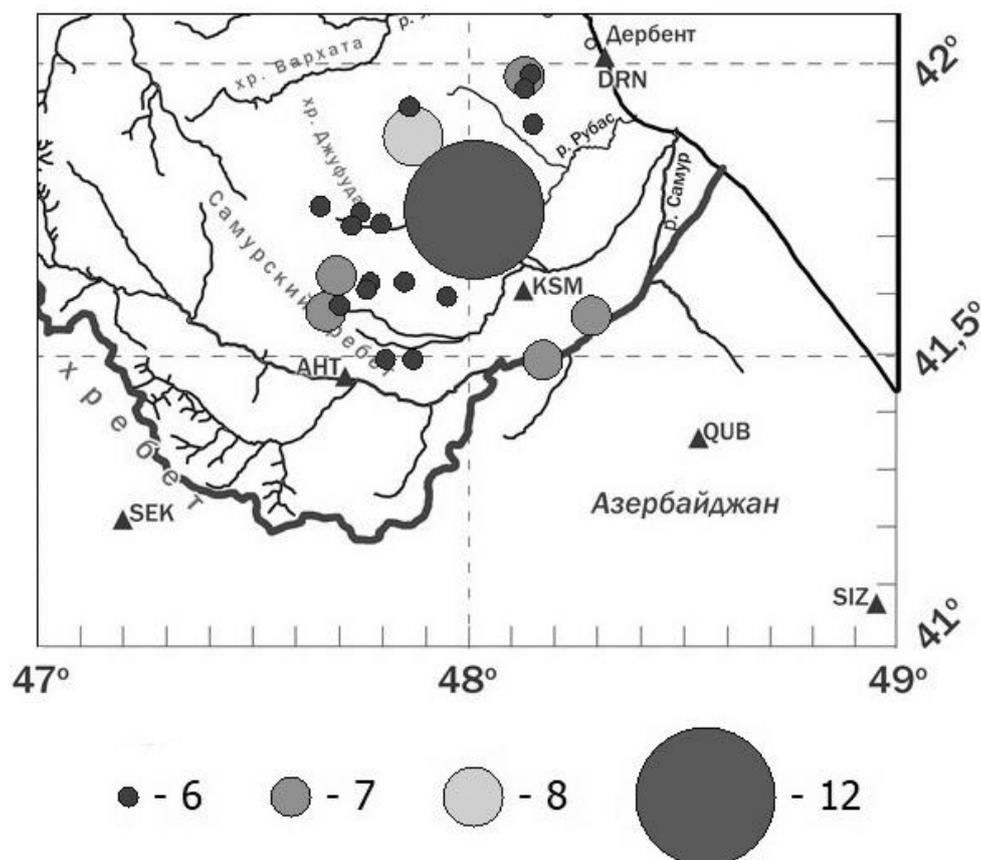


Рис. 2. Эпицентры форшоков и афтершоков Касумкентского-II землетрясения 27 июня 2024 г.

Макросейсмические данные. Сведения о макросейсмических проявлениях землетрясения были собраны сотрудниками ДФ ФИЦ ЕГС РАН выездом в населенные пункты и телефонным опросом. Землетрясение ощущалось в Сулейман-Стальском, Хивском, Магарамкентском, Агульском, Дахадаевском, Табасаранском, Курахском районах.

Пятибалльная интенсивность сотрясений отмечена в четырех населённых пунктах: Касумкент, Куркет, Ашага-Стал и Уллуغاتаг. В помещениях люди почувствовали один удар, спящие проснулись от шатания кроватей, скрипа мебели, дребезжания окон и посуды. Землетрясение почувствовали большинство людей, находящихся в помещениях, и некоторые люди – на улице.

С интенсивностью сотрясений в 4-5 баллов землетрясение проявилось в следующих населенных пунктах: Заза, Карчаг, Гильяр, Магарамкент, Сиртыч и Эминхюр. Жители вышеперечисленных населённых пунктов почувствовали один достаточно короткий толчок, вызвавший состояние тревоги. Отмечалось дребезжание оконных стёкол.

Интенсивность сотрясений в 4 балла зафиксирована в селениях Хив, Чулат, Белиджи. В помещениях дребезжали посуда и оконные стёкла, скрипела мебель, раскачивались висащие предметы.

В зоне 3-4-балльной интенсивности сотрясений оказались следующие населенные пункты: Курах, Усуччай, Хучни, Ахты, Тпиг и г. Дербент. В этих населённых пунктах землетрясение ощущалось людьми, находившимися в состоянии покоя. Наблюдались колебания висячих предметов, покачивание кроватей.

Указанные проявления соответствуют интенсивности сотрясения вышеперечисленных баллов по шкале ШСИ-17 [8].

Ориентация схемы изосейст Касумкентского-II землетрясения в северо-восточном направлении свидетельствует о приуроченности очага землетрясения к Рубасскому разлому.

Результаты макросейсмического обследования этого землетрясения приведены в табл. 3. На рис. 3 представлена карта изосейст данного землетрясения по которой были определены координаты макросейсмического эпицентра $\varphi_M=41.68$ N; $\lambda_M=48.16$ E; $h=18$ км.

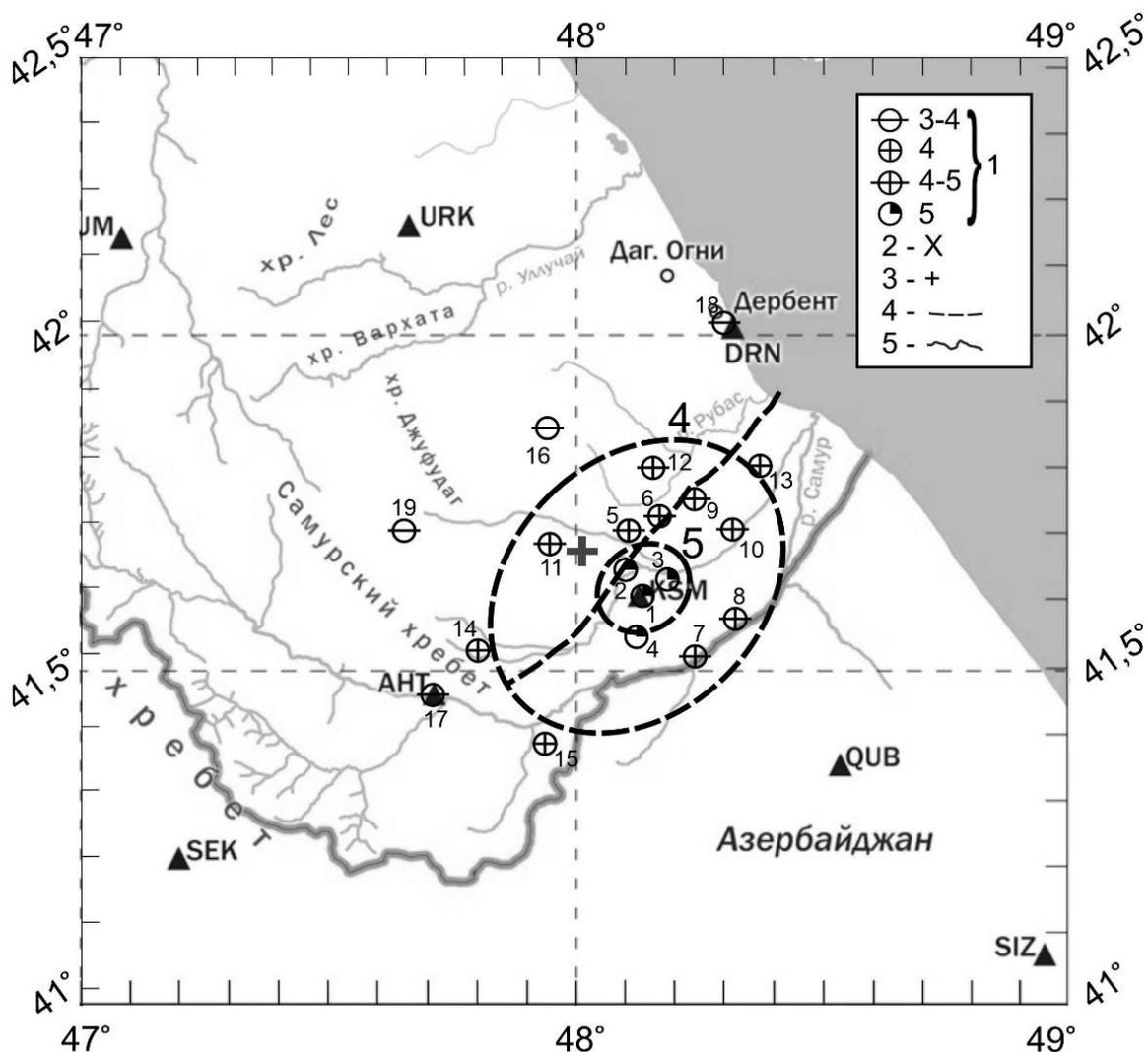


Рис. 3. Карта изосейст Касумкентского-II землетрясения: 1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале ШСИ-17; 2, 3 – макросейсмический и инструментальный эпицентры соответственно; 4 – изосейсты; 5 – государственная граница.

Таблица 3.

Макросейсмические сведения о Касумкентском-II землетрясении 27 июня 2024 г.

№	Пункт	φ°, N	λ°, E	$\Delta^*, км$	№	Пункт	φ°, N	λ°, E	$\Delta, км$
	Макросейсмический эпицентр	41.68	48.16	–	4 балла				
5 баллов					11	Хив	41.751	47.927	23
1	Касумкент	41.674	48.151	–	12	Чулат	41.880	48.153	25
2	Куркет	41.711	48.116	4	13	Белиджи	41.862	48.393	33
3	Ашага-Стал	41.694	48.196	6	3-4 балла				
4	Уллугатаг	41.605	48.125	10	14	Курах	41.584	47.784	36
4-5 баллов					15	Усухчай	41.422	47.919	37
5	Заза	41.774	48.044	12	16	Хучни	41.950	47.948	39
6	Карчаг	41.773	48.161	13	17	Ахты	41.461	47.750	43
7	Гильяр	41.558	48.257	18	18	Дербент	42.068	48.288	50
8	Магарамкент	41.617	48.347	21	19	Тпиг	41.780	47.594	54
9	Сиртыч	41.832	48.229	21					
10	Эминхюр	41.761	48.331	22					

Примечание. Эпицентральные расстояния отсчитаны от макросейсмического эпицентра.

История сейсмичности. За исторический период в данной зоне зарегистрировано 10 сильных землетрясений: 1) в 1878 г. с $M=5.7$; $I_0=7-8$ баллов с эпицентром в 29 км к юго-востоку от Касумкентского-II землетрясения; 2) 20 февраля 1906 г. с $M=5.9$; $I_0=7$ баллов с эпицентром около 29 км к юго-востоку от нынешнего очага; 3) 12 марта 1909 г. с $M=4.6$; $I_0=6$ баллов с эпицентром в 17 км к югу от рассматриваемого очага; 4) 25 марта 1913 г. с $M=5.7$; $I_0=7$ баллов с эпицентром в 24 км к северо-востоку от нынешнего очага; 5) 30 августа 1948 г. с $M=5.4$; $I_0=6$ баллов с эпицентром в 15 км к северу от очага 2024 г.; 6) 20 апреля 1966 г. с $M=5.6$; $I_0=8$ баллов с эпицентром в 2 км к юго-востоку от рассматриваемого очага; 7) 30 апреля 1966 г. с $M=4.4$; $I_0=6$ баллов с эпицентром в 18 км к востоку от рассматриваемого очага; 8) 10 августа 1975 г. с $M=4.1$; $I_0=6$ баллов с эпицентром в 32 км к юго-западу от нынешнего очага; 9) 20 октября 1975 г. с $M=4.4$; $I_0=5-6$ баллов в 5 км к югу от очага 2024 г.; 10) 7 декабря 2017 г. с $M=4.4$; $I_0=5-6$ баллов с эпицентром в 11 км к северо-западу от нынешнего очага.

Параметры перечисленных эпицентров исторических землетрясений приведены в табл. 4, а карта эпицентров представлена на рис. 4. Очаги этих землетрясений группируются между Рубасским и Владикавказским разломами [6].

Таблица 4.

Параметры эпицентров исторических землетрясений в очаговой зоне Касумкентского-II землетрясения.

N	Дата день, мес., год	t_0 ч., мин., сек	φ°, N	λ°, E	h, км	K_p	M_s	I_0	Название землетрясения	Источник
1	04.05.1878	00 00 00.0	41.60	48.10	20	14.2	5.7	7-8		[4]
2	20.02.1906	20 54 00.0	41.50	48.40	30	14.6	5.9	7		[4]
3	12.03.1909	05 30 00.0	41.60	48.00	15	12.3	4.6	6		[4]
4	25.03.1913	14 03 56.0	41.80	48.30	25	14.2	5.7	7		[4]
5	30.08.1948	21 42 01.0	41.90	48.00	31	13.7	5.4	6		[4]
6	20.04.1966	16 42 02.0	41.79	48.15	10	14.0	5.6	8	Касумкентское-I	[3, 4]
7	30.04.1966	12 07 19.0	41.70	48.30	11	12.0	4.4	6		[4]
8	10.08.1975	03 17 54.0	41.60	47.70	10	12.0	4.4	6	Курахское	[4]
9	20.10.1975	03 20 00.0	41.73	48.05	15	12.0	4.4	5-6	Кабирское	[4]
10	07.12.2017	05 23 39.0	41.84	47.92	14	12.0	4.4	5-6	Ляхлинское	[2]
11	27.06.2024	00.11.19,1	41.74	48.01	15	11.8	4.3	5	Касумкентское-II	[4]

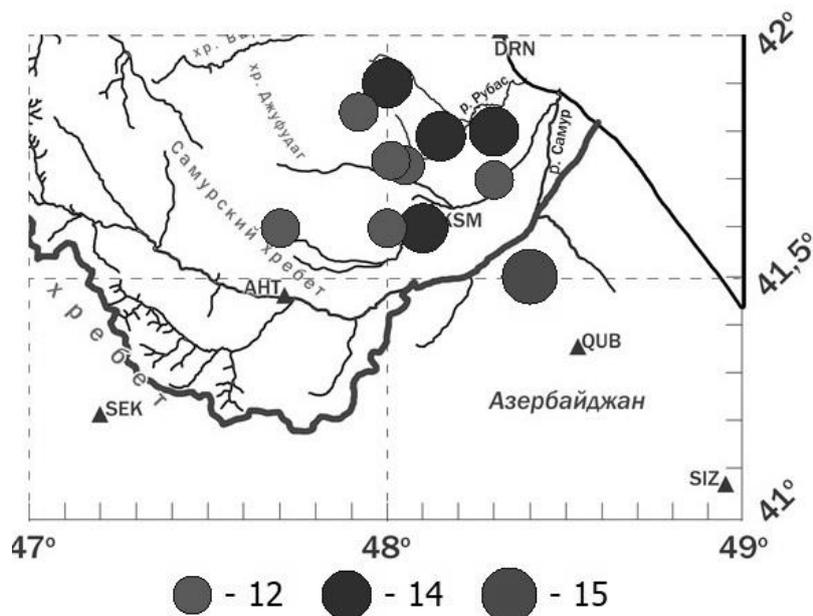


Рис. 4. Карта эпицентров исторических землетрясений в очаговой зоне Касумкентского-II землетрясения за период с 1878 до 2024 гг.

Заключение

Касумкентское-II землетрясение нарушило сейсмическое затишье в этой зоне, продолжавшееся почти 50 лет, что говорит о продолжении выделения сейсмической энергии в этой зоне, и, возможно, в среднесрочной перспективе здесь будут иметь место подобные сейсмические события.

Литература

1. Адилов З.А., Асекова З.О., Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагателова Е.Ю., Шахмарданова С.Г. // Каталог (оригинал) землетрясений Дагестана за 2024 г. – Махачкала: Фонды ДФ ФИЦ ЕГС РАН, 2024 г.
2. Асманов О.А., Адилов З.А., Магомедов Х.Д. Об осязательном Ляхлинском землетрясении 7 декабря 2017 г. на территории Южного Дагестана. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Международной сейсмологической школы. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 26-29.
3. Ананьин И.В., Кулиев Ф.Г. Касумкентское землетрясение 20 апреля 1966 г. // Землетрясения в СССР в 1966 г. – М.: Наука, 1970. – С. 44-55.
4. Общий каталог землетрясений на территории Дагестана. Макросейсмические и инструментальные данные о землетрясениях за период с VII в. н.э. до 2005 года. – Махачкала: Эпоха, 1997. – 394 с.
5. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. – Москва, 1968. – С. 95-111.
6. Черкашин В.И., Сабанаев К.А., Гаврилов Ю.О., Панов Д.И. Тектоническая карта Дагестана // Труды ИГ ДНЦ РАН (Тектоника Дагестана (объяснительная записка), Вып. 60). – Махачкала: АЛЕФ, 2012. – с. 86.
7. International Seismological Centre, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2016. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
8. <https://gostassistant.ru/doc/ff36c428-dab0-4484-b9e5-76a20f893c3a>

УДК 550.34

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-71-77

О ПУТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОПОДОБИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

Таймазов Д.Г.

*Единая геофизическая служба РАН, Россия, г. Обнинск;
Институт геологии ДФИЦ РАН, Россия, г. Махачкала*

В работе описывается предлагаемый автором алгоритм прогнозирования землетрясений на территории Восточного Кавказа, основанный на масштабной инвариантности их параметров и использовании предвестников, наиболее тесно связанных с деформационными процессами в земной коре. Он включает в себя анализ площадного распределения временных приращений параметров наблюдаемых геополей с применением машинного обучения.

Ключевые слова: прогноз землетрясений, масштабная инвариантность, высокочастотный сейсмический шум, резонансная частота, сейсмоприемник, весовой коэффициент, вектор признаков, машинное обучение.

ON THE WAYS OF USING SELF-SIMILARITY OF SEISMIC PROCESS FOR EARTHQUAKE PREDICTION IN THE TERRITORY OF THE EASTERN CAUCASUS

Taimazov D.G.

*Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences, Russia, Obninsk;
Institute of Geology of the Far Eastern Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Russia, Makhachkala*

Abstract: The paper describes the algorithm proposed by the author for predicting earthquakes in the Eastern Caucasus, based on the scale invariance of their parameters and the use of precursors most closely associated with deformation processes in the earth's crust. It includes an analysis of the area distribution of time increments of the parameters of observed geofields using machine learning.

Keywords: earthquake prediction, scale invariance, high-frequency seismic noise, resonant frequency, geophone, weighting factor, feature vector, machine learning.

Введение

В 2022-2023 гг. нами был предложен алгоритм прогнозирования землетрясений Scaling-22 [1], в котором используются только сейсмические наблюдения и самоподобие сейсмического процесса в широком диапазоне энергетических масштабов [2]. Однако, использование алгоритма затруднено для сейсмоактивных регионов, где малая плотность сети сейсмических наблюдений не позволяет обеспечить достаточно низкий для ее реализации уровень представительного класса регистрируемых землетрясений. К числу таких регионов относится и Восточный Кавказ, где на территории с наиболее густой сетью наблюдений – территории Дагестана – расположено всего 18 сейсмических станций, что более чем на порядок меньше, чем на аналогичной территории, например, в Северной Калифорнии (США). Соответственно, представительный класс регистрируемых землетрясений в Дагестане $K_0 \approx 7 \div 8$ против $K_0 \approx 5 \div 6$ по территории Калифорнии.

В статье кратко описывается предложенный автором модернизированный вариант алгоритма Scaling-22 – алгоритм Scaling-24, адаптированный к территории Восточного Кавказа.

Описание алгоритма

Ранее, в 2019-2022 гг., нами был разработан также алгоритм OchagZem1, согласно которому прогнозирование землетрясений осуществляется по микросейсмической эмиссии или высокочастотному сейсмическому шуму (ВСШ). В последнем варианте предполагается использование предложенного нами ранее широкополосного резонансного приемника ВСШ сканирующего типа [3,4]. Основная идея заключается в использовании зависимости собственных частот

«звучания» горных пород или, другими словами, спектральной плотности интенсивности ВСШ от механических напряжений σ в породах [5]. С точностью до постоянного коэффициента эта зависимость имеет вид

$$f \sim \sqrt{\sigma/\rho},$$

где ρ – плотность объекта.

В отличие от описанных в [6-8], предложенный подход не предполагает наличия сети режимных наблюдений ВСШ или широкополосных сейсмографов, требующих постоянного контроля и эксплуатационных расходов. Вместо этого на контролируемой территории предполагается создание долговременной сети пунктов для повторных наблюдений ВСШ в выбранной полосе частот, например, от 1 до 200 Гц, одним или несколькими приемниками ВСШ сканирующего типа, в режиме «опроса». Для этого достаточно создать на каждом пункте условия для идентичной во всех случаях установки приемника ВСШ с обеспечением его плотного контакта с коренными породами. Наблюдения на пунктах могут проводиться эпизодически, например, 1 раз в год. Прогнозирование землетрясений предполагается осуществлять по пространственно-временному распределению годовых приращений средневзвешенных значений резонансных частот горных пород на пунктах. Наблюдения обрабатываются по алгоритму *OchagZeml* [6,9]. Основными ожидаемыми преимуществами этого подхода по сравнению с известными аналогами, являются многократное уменьшение стоимости аппаратного обеспечения и трудоемкости проведения наблюдений и существенно более высокая чувствительность, помехозащищенность и информативность результатов измерения приращений собственных частот горных пород, которые практически не зависят от установки приемника на пункте наблюдения, от его акустического контакта с породой и от возможной нестабильности метрологических характеристик приемников.

Учитывая отмеченную выше недостаточную для реализации алгоритма *Scaling-22* плотность сейсмической сети на территории Восточного Кавказа, с одной стороны, и показанные в [5] и реализованные также в алгоритме *OchagZeml* преимущества перехода на регистрацию приращений геополей, наиболее тесно связанных с деформациями в земной коре, с другой, в 2024 г. нами разработан модернизированный вариант алгоритма *Scaling-22* – алгоритм *Scaling-24*, совмещающий в себе преимущества обеих алгоритмов. В нем вместо самих землетрясений используются годовые приращения параметров упомянутых геополей, в качестве которых, наряду с ВСШ, могут быть использованы неприливные изменения силы тяжести (результаты повторных гравиметрических наблюдений), вертикальные движения земной коры по данным GPS-ГЛОНАСС, площадное распределение временных приращений кинематического параметра $\gamma = V_p/V_s$ – отношения скоростей продольных и поперечных сейсмических волн и/или плотности ρ_E условно накопленной сейсмической энергии (УНСЭ) [11-13]. Однако дальнейшее описание алгоритма будем проводить на примере ВСШ, исходя при этом из предположения о наличии реализованного на практике средства их наблюдения, например, предложенного нами в [3,4].

Поскольку первые 9 шагов алгоритмов *OchagZeml* и *Scaling-24* практически совпадают, приведем сначала полный перечень шагов *OchagZeml* на примере наблюдений ВСШ [5]: 1) создание на сейсмоопасной территории наблюдательной сети и проведение повторных площадных наблюдений ВСШ с использованием широкополосных приемников сканирующего типа, например [3,4]; 2) проведение на этих пунктах измерений в выбранной полосе частот, например от 1 до 200 Гц, в режиме опроса одним или несколькими приемниками ВСШ; 3) выявление на каждом пункте в указанной полосе частот в начальную эпоху t_0 резонансных частот со спектральной плотностью интенсивности, превышающей ее среднеквадратические отклонения от среднего в 3 и более раз; 4) определение по высотам пиков их весовых коэффициентов как отношений интенсивностей каждой из частот к их суммарной интенсивности (суммарной высоте пиков); 5) проведение повторных наблюдений на пунктах через фиксированные интервалы времени,

например каждый год, в течение всего периода наблюдений; 6) определение в каждую эпоху t_n для каждого i -го пункта годовых приращений квадратов всех резонансных частот в относительных единицах и их средневзвешенных значений с учетом весовых коэффициентов; 7) определение нормированных в числовой промежуток $[-1;1]$ значений $P_i(t_n)$ полученных приращений путем деления каждого приращения на их максимальный модуль по всем пунктам; 8) введение на контролируемой территории виртуальной координатной сетки с квадратными ячейками с заданными размерами сторон; 9) определение путем интерполяции значений параметра $P_i(t_n)$ на пунктах наблюдений его расчетных значений $P(s, m)$ для каждого узла s координатной сетки после каждых m суток от начала наблюдений; 10) выделение известными математическими методами [9,10] кольцевых структур в площадном распределении параметра $P(s, m)$; 11) определение по внешним радиусам кольцевых структур и известным теоретическим соотношениям [2,6] между параметрами землетрясений сейсмической энергии, накопленной в формирующихся очагах к эпохе измерений, годовых приращений энергии в них в предположении его равномерного поступления, энергетических классов, времени подготовки, а также времени, оставшейся до реализации каждого из прогнозируемых землетрясений; 12) составление по полученным данным долго- и среднесрочных прогнозов места, силы и времени землетрясений; 13) формирование краткосрочных прогнозов землетрясений для тех кольцевых структур, на которых выявлены отрицательные значения параметра $P(s, m)$.

Полученный после шагов 1-9 массив данных $P(s, m)$ предполагается обработать также по алгоритму Scaling-24. При расстоянии между узлами виртуальной координатной сетки в $e = 3$ км, принятом нами как оптимальное, расстояние между пунктами наблюдения ВСШ, выделенными на рис.1 черными кружочками, равно 24 км, а размеры всей контролируемой территории $A \times B$ (далее – Полигон) составит 288×288 км², что примерно соответствует площади наиболее сейсмоактивной части Восточного Кавказа, входящей в зону ответственности Дагестанского филиала ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» ($j=41-45^\circ N$ и $l=45-49^\circ E$). Как нетрудно убедиться по рисунку 1, число измерительных пунктов на Полигоне $J = 144$, а общее число виртуальных узлов $S = A \cdot B / e^2 = 9\,216$. Они могут быть пронумерованы в порядке возрастания значений координат x и y – слева направо, снизу вверх. При этом общее число годовых данных будет равно $365 \cdot S \approx 3,4 \cdot 10^6$, а полный массив данных, подлежащих дальнейшей обработке – $\sim 3,4 \cdot 10^6 v$ и, очевидно, растет пропорционально числу v прошедших лет.

Для обеспечения наглядности процедуры линейной интерполяции данных по двум координатным осям X и Y (билинейной интерполяции) на Рис.1 показан случай, когда пункты наблюдения расположены в узлах регулярной квадратной сетки. В общем же случае, с произвольным расположением пунктов, для этой цели может быть использован один из известных и применяемых в метеорологии алгоритмов билинейной интерполяции.

При обработке полученного массива данных по алгоритму Scaling-24 зона подготовки каждого землетрясения-«образца» и прогнозируемого (виртуального) землетрясения, как и в [1], разбивается на множество ячеек, как показано на рис.2. Аналогично, последняя десятая сейсмического цикла также делится на 10 временных отрезков (этапов) в соответствии с выбранной дискретизацией. Совокупность средних значений параметра $P(s, m)$ во всех ячейках на каждом этапе последней десятины сейсмического цикла образуют векторы признаков зон подготовки как «образцов», так и виртуальных (прогнозируемых) землетрясений. Прогноз предполагается осуществлять исходя из критерия наилучшего соответствия виртуальных векторов признаков для зоны подготовки прогнозируемого землетрясения и прошедших землетрясений-«образцов», с использованием метода наименьших модулей. Для этого сопоставляемые векторы признаков, используя самоподобие сейсмического процесса в широком энергетическом диапазоне, приводятся к масштабнo-инвариантному виду.

Завершающий этап в алгоритме Scaling-24 включает в себя составление множества разностей векторов признаков виртуальных землетрясений и векторов признаков-«образцов» и формирование из этого множества выборки разностных векторов, соответствующих прогнозируемым землетрясениям, путем минимизации модулей разностных векторов, а также процедуру тестирования путем ретроспективного «прогнозирования». Сравнивая результаты ретропрогноза с произошедшими на Полигоне за период наблюдений землетрясениями заданного энергетического класса, определяются погрешности прогноза самих энергетических классов $\sigma(K)$, координат эпицентров $\sigma(x)$ и $\sigma(y)$, времен в очагах $\sigma\bar{t}$ (стрелка налево означает ретропрогноз) и глубин гипоцентров $\sigma(h)$; выявляются доли удачных «прогнозов», ошибок типа «пропуск цели» и «ложный прогноз». Сканируя диапазон энергетических классов K виртуальных землетрясений в $10 \leq K \leq 15$, характерный для Восточного Кавказа, формируется полный перечень ретроспективно «прогнозируемых» на период наблюдений ВСШ на этой территории землетрясений, по которому выявляется также зависимость точности прогноза их параметров от энергетических классов K .

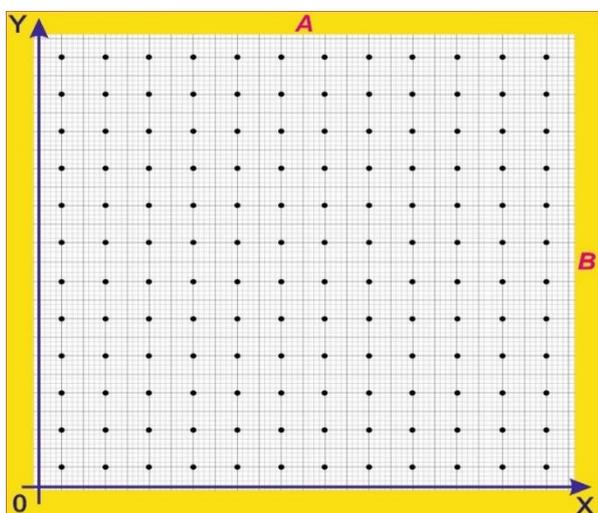


Рис. 1 – Схема размещения на контролируемой территории пунктов повторных наблюдений (черные кружочки) и координатной сетки

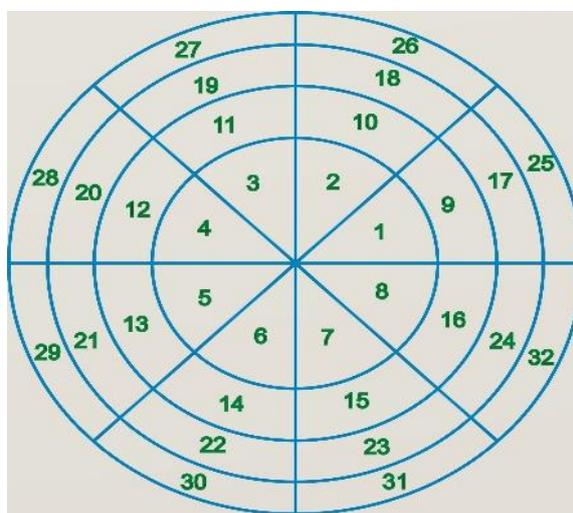


Рис. 2 – Схема разбивки зон подготовки землетрясений «образцов» и виртуальных землетрясений на ячейки по алгоритму Scaling-24

Таким образом можно резюмировать, что дальнейшая обработка по алгоритму Scaling-24 массива данных $P(s, m)$, полученного после шагов 1–9 алгоритма OchagZeml, включает в себя следующие шаги: 10) разбивка зон подготовки каждого землетрясения-«образца» и виртуального землетрясения на множество ячеек, а последних десятины их сейсмических циклов – на 10 этапов; 11) формирование, по распределению значений параметра $P(s, m)$ во всех ячейках на каждом этапе последней десятины сейсмического цикла, векторов признаков зон подготовки как «образцов», так и виртуальных землетрясений; 12) формирование множества разностей векторов признаков виртуальных землетрясений и векторов признаков «образцов» для последующего выделения из него выборки разностных векторов, соответствующих прогнозируемым землетрясениям, путем минимизации модулей этих разностей; 13) тестирование алгоритма путем ретроспективного «прогнозирования» землетрясений, все этапы которых завершились к текущему моменту, и определение по его результатам ошибок прогноза энергетических классов, координат эпицентров, времен в очагах и глубин гипоцентров; 14) определение доли удачных «прогнозов», ошибок типа «пропуск цели» и «ложный прогноз», выявление зависимости точности прогноза каждого параметра от энергетических классов K прогнозируемых землетрясений 15) составление

прогноза на перспективу по тем виртуальным векторам признаков, часть этапов которых переходит на будущее, с использованием при этом результатов ретропрогноза по пп.13,14.

Несмотря на отмеченную зависимость точности прогнозирования перечисленных параметров, в том числе времени в очагах $\vec{\theta}$ (стрелка направо означает прогноз на перспективу), от энергетического класса K , полученный прогноз, по-видимому, следует считать среднесрочным. На этапе краткосрочного прогноза спрогнозированные по алгоритму Scaling-24 значения параметров ожидаемых землетрясений могут быть уточнены с использованием всех доступных предвестников, как первичных, непосредственно связанных с деформационными процессами в земной коре, так и вторичных, которые наблюдаются не перед всеми землетрясениями, таких как сейсмические (форшоки), геохимические, гидрогеодинамические, геомагнитные, геоэлектрические и др.

Тот факт, что наблюдательные данные по Полигону могут быть обработаны как по алгоритму Scaling-24, так и по OchagZeml, который более подробно описан нами в [9] (Рис.3), открывает возможность перекрестного контроля результатов прогнозов.

На рис.4 показаны возможные варианты размещения эпицентров виртуальных землетрясений при прогнозировании по алгоритму Scaling-24 (выделены синим цветом) и по алгоритму OchagZeml (выделены красным цветом).

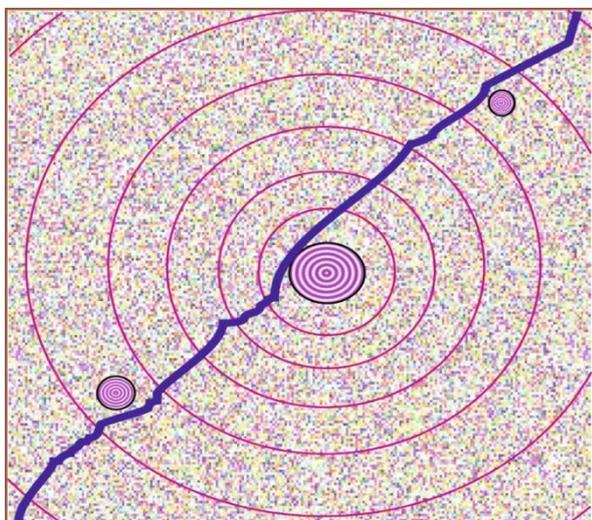


Рис. 3 – Предполагаемая картина изолиний распределения наблюдаемых параметров вокруг эпицентра готовящегося землетрясения (к алгоритму OchagZeml)

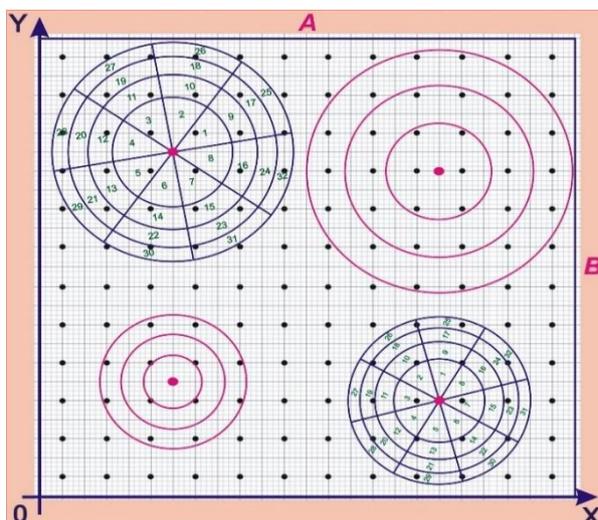


Рис. 4 – Варианты размещения на Полигоне зон подготовки землетрясений: при обработке по алгоритму Scaling-24 (синим цветом); по алгоритму OchagZeml (красным цветом)

Заключение

Использование в алгоритме Scaling-24 самоподобия сейсмических процессов на разных иерархических уровнях (масштабной инвариантности) позволит создать обширную базу данных о пространственно-временном распределении наблюдаемых параметров в области подготовки сейсмических событий в виде векторов признаков-«образцов», не зависящих от энергетических классов. При этом мы намеренно отказываемся от введения усредненного вектора признаков, поскольку любое усреднение параметров неизбежно вносит в них дополнительную погрешность, крайне нежелательную в прогнозировании землетрясений. Вместо этого в алгоритмах Scaling-22 и Scaling-24 прогноз осуществляется по прецедентам, т.е. по набору наблюдаемых признаков, имевших место и в прошлом, не вникая при этом в их причинно-следственные связи.

В отличие от Scaling-22, алгоритм Scaling-24 не требует для своей реализации многолетних и детальных сейсмических наблюдений на контролируемой территории – в нем могут быть использованы годовые приращения параметров геополей, наиболее тесно связанных с процессами

подготовки землетрясений, таких как высокочастотные сейсмические шумы, непривлинные изменения силы тяжести, вертикальные движения земной коры, площадное распределение временных приращений кинематического параметра $\gamma = V_p/V_s$ и/или плотности условно накопленной сейсмической энергии (УНСЭ) [11-13]. Эти же наблюдения могут быть обработаны также и по алгоритму OshagZeml [9], открывая тем самым возможность перекрестного контроля результатов.

При реализации алгоритма не требуется каких-либо дополнительных сведений или предположений о модели подготовки землетрясений или степени анизотропии в распределении анализируемых параметров в зоне подготовки прогнозируемого землетрясения – вся эта информация в неявном виде содержится в наборе параметров «образца», наиболее близких параметрам прогнозируемого землетрясения.

На завершающем этапе – этапе краткосрочного и оперативного прогноза – для уточнения времени реализации прогнозируемого сильного землетрясения могут быть использованы также и другие наблюдения, проводимые на контролируемой территории – сейсмические, геофизические, геодезические, гидрогеодинамические, геохимические и др.

Создание на территории ВК наблюдательной сети, показанной на рис. 1, на которой помимо ВСШ можно было бы организовать наблюдение и за другими перечисленными выше первичными предвестниками, позволило бы поднять на качественно новый уровень исследования по поиску надежных методов прогнозирования землетрясений в регионе.

В то же время, заложенные в основу алгоритма Scaling-24 известные соотношения, связывающие энергетические классы землетрясений с радиусами зон их подготовки и сейсмическими циклами, конечно, носят сугубо приближенный характер, как и принятая круговая форма зон подготовки землетрясений, допустимая только в первом приближении. В реальности зоны подготовки землетрясений имеют вытянутую, эллиптическую форму. Учет этих обстоятельств – следующий шаг в модернизации алгоритма. Для этого в его программной реализации будет предусмотрено машинное обучение путем варьирования перечисленных параметров, а также коэффициентов и показателей степени в используемых базовых соотношениях, и многократного повторения всех операций.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания ФИЦ ЕГС РАН № 075-00682-24) и темы НИР Института геологии Дагестанского ФИЦ РАН номер гос. регистрации 122032200277-4.

Литература

1. Taimazov, D.G. Scale Invariance of Earthquake Parameters and a Possible Algorithm for Their Prediction. *Seism. Instr.* 58 (Suppl 2), S356–S371 (2022). <https://doi.org/10.3103/S0747923922080187>
2. Таймазов Д.Г. Масштабная инвариантность параметров землетрясений и возможный алгоритм их прогноза // Наука и технологические разработки. 2022. Т. 101, № 4. С.5–32. <https://doi.org/10.21455/std2022.4-2>
3. Прогноз землетрясений, № 3. Душанбе – Москва: ДОНИШ, 1984. 216 с.
4. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоакустический приемник. Патент РФ № 2660768. Опубликовано 09.07.2018 г. в БИ №19 (11 с.). https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
5. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоприемник // Труды Института геологии Дагестанского НЦ РАН. 2016. № 66. С. 227-230.
6. Таймазов Д.Г. Алгоритм прогнозирования землетрясений по повторным наблюдениям высокочастотных сейсмических шумов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2022. – № 3 (90). С. 97-102. DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-97-102

7. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Способ прогнозирования тектонических землетрясений / Пат. № 2660771 Российская Федерация, ФИЦ Единая геофизическая служба РАН – № 2016146897, заявл. 29.11.2016, опубл. 09.07.2018 Бюл. № 19. <https://www.fips.ru/ofpstorage/Doc/IZPM/RUNWC1/000/000/002/660/771/%D0%98%D0%97-02660771-00001/document.pdf>
8. Пат. 2105332 Российская Федерация. Способ контроля напряженного состояния земной коры для прогноза сильных землетрясений / Салтыков В.А., Сеницын В.И., Чебров В.Н. № 94042027/25 Заявл. 23.11.94. Опубл. 20.02.98. Бюл. № 5. https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
9. Салтыков В. А. О возможности использования приливной модуляции сейсмических шумов в целях прогноза землетрясений // Физика Земли. 2017. № 2. С. 84–96. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28917481_41714455.pdf
10. Таймазов Д.Г., Сиражудинов М.М., Кадиев Р.И. Алгоритм и программа определения параметров и координат деформационных аномалий в земной коре по площадным наблюдениям геополей // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2013. – № 62 – С. 300-306.
11. Овчаренко А.В. Разделение геополей на компоненты с априорно заданными свойствами // Докл. РАН. Т.342, №4. 1995. С.537-539. <http://www.mathnet.ru/links/16fcb486225ed292d5ecb0da369e0ad7/dan49906.pdf>
12. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Алгоритм реконструкции динамических процессов в земной коре по сейсмическим наблюдениям // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. Вып. 64. С.151-154.
13. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Способ реконструкции динамических процессов в земной коре по сейсмическим наблюдениям: Патент РФ № 2659452. Опубликовано: 02.07.2018. Бюл. № 19. 6 с.
14. Taimazov, D.G., Magomed-Kasumov, M.G., Sharapudinov, T.I. *et al.* Adaptive Method for Revealing Tidal Variations in Weak Seismicity. *Seism. Instr.* 58 (Suppl 2), S372–S380 (2022). <https://doi.org/10.3103/S0747923922080199>
15. Таймазов Д.Г., Магомед-Касумов М.Г., Шарапудинов Т.И., Султанхмедов М.С. Адаптивный метод выявления приливных вариаций в слабой сейсмичности // Наука и технологические разработки. 2022. Т. 101, № 4. С.33–47. <https://doi.org/10.21455/std2022.4-3>

УДК

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-78-84

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ОБЛАСТИ ИЗВЕСТНЯКОВОГО ДАГЕСТАНА

*Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Мамаев С.А.,
Юсупов З.А., Ахмедов А.С., Ахмедов А.М.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

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

Ключевые слова. Палеонтология, памятники природы, Известняковый Дагестан, мел, юра, фауна, аммониты, пелециподы, гастроподы, фосфоритоносный слой.

PALEONTOLOGICAL MONUMENTS OF THE LIMESTONE DAGESTAN REGION

*Yusupov A.R., Cherkashin V.I., Mamaev S.A., Suleimanov V.K., Mamaev S.A.,
Yusupov Z.A., Akhmedov A.S., Akhmedov A.M.
Institute of Geology DFIC RAS*

Stratigraphic sections of the Limestone Dagestan region are monuments of nature and paleontological type, since all sections, with the exception of gypsum-bearing rocks of the Upper Jurassic, are rich in fauna. The Cretaceous deposits are the most saturated with fauna, especially the Upper Cretaceous deposits and the Aptian and Albian stages of the Lower Cretaceous, in which ammonites with a diameter of 50-70 cm, rarely up to 1 m, are found. A large accumulation of fauna is observed at the base of the limestone strata of the Lower Cretaceous and Upper Jurassic, which lie transgressively on the Middle Jurassic deposits in such sections as the Sardapkent, Kasumkent in the Aptian stage along the Tsmur-chai River, in the Aptian and Albian stages of the Khadum (Sulak) section and others.

Key words: Paleontology, natural monuments, Limestone Dagestan, Cretaceous, Jurassic, fauna, ammonites, pelecypods, gastropods, phosphorite-bearing layer.

Палеонтологические памятники это – обнажения горных пород с сохранившимися остатками фауны и флоры тех далеких времен, когда образовались эти породы, если такие обнажения отмечены при описании стратиграфических разрезов, лишь некоторые интересные горизонты отдельно описаны [1; 2].

Акушинский горизонт фауны находится в одноименном районе, в 200 метрах к югу от с. Акуша и в 70 м от каменного моста, на левом борту балки Дарги-Херг (фото 1).

Горизонт фауны приурочен к верхней части аптского яруса нижнего мела. Впервые этот горизонт обнаружен В. П. Ренгартеном в 1923 году, а позже описан Д. В. Дробышевым как Акушинское месторождение фосфоритов. Фосфоритоносный слой мощностью 0,5 м представлен рыхлым песчаным мергелем, в которой горизонт с наибольшей концентрацией фосфатизированной фауны имеет мощность 10-15 см.

Он состоит из фаун (пелеципод, гастропод, аммонитов) и отчасти мелких и более крупных неправильных стяжений мергеля. Среди аптских и альбских отложений в районе с. Акуша встречаются крупные, диаметром до 1 метра аммониты, которые нередко украшают дома и заборы акушинцев (фото 2).



Фото 1.



Фото 2.

Фосфориты (фауна и жилваки) содержат пятиокись фосфора (P_2O_5) до 18%. Этот горизонт прослежен по северо-восточному крылу Акушинской синклинали на 8 км. Горизонт фауны (фосфоритов) имеет научное и учебное значение и подлежит учету.

Зубутлинский горизонт фауны находится на левом склоне р. Сулак, на северо-западной окраине с. Ст. Зубутли Казбековского района РД. Здесь хорошо обнажается литологический разрез от верхней юры до верхнего мела (фото 3) [3].



Фото 3.

Горизонт представляет собой скопление фосфатизированной фауны (пеллеципод, гастропод, аммонитов), приурочен к границе верхнебарремского подъяруса с аптским ярусом нижнего мела. Фауна слабо сцементирована со стяжениями темно-серого мергеля и с глауконитоносным глинистым сланцем. Мощность горизонта (слоя) 5-15 см, выделяется в обнажении небольшими гривками. Горизонт прослеживается отдельными выходами по левому склону р. Сулак на протяжении более 3 км. Кроме того, в песчано-глинистых отложениях апта и альба встречены аналогичные прослойки мощностью 5-10 см.

На правом склоне р. Сулак дорога из с. Зубутли на пос. Дубки пересекает до 10 пластов известняков в отложениях барремского, аптского и альбского ярусов с обильным скоплением фауны. Все они в той или иной степени фосфатизированы. Эти горизонты фауны подлежат учету, как имеющие научное и учебное значение.

Кака-озеньский горизонт фауны обнажен на левом склоне р. Кака-озень и расположен на первом подъеме дороги Сергокала – Леваши, между селениями Занаша-махи и Ая-махи (фото 4).



Фото 4.

Здесь на левой (западной) стороне дороги, над пачкой слоев песчаных известняков и глинистых сланцев, проходит горизонт фауны в виде гривок мощностью 5-15 см. Фауна (пелеципод, гастропод, аммонитов) слабо сцементирована со стяжениями мергелистых глин, содержащих глауконит. Горизонт прослежен на протяжении более 200м. Он подлежит учету, как имеющий научное и учебное значение.

Касумкентские горизонты фауны находятся в Сулейман-Стальском районе, в 1-2 км к югу от с. Касумкент. Здесь отмечаются две генетические разновидности скопления фауны. Первые горизонты, приуроченные к песчано-глинистым отложениям аптского яруса нижнего мела, представлены пластами и прослойками песчанистого известняка (мощность от 0,2 до 2 м) переполненного фауной (пелеципод, гастропод, аммонитов). Эти горизонты простираются по левому склону р. Цмурчай, между рекой и дорогой в с. Цмур (фото 5).

Наиболее примечательный выход фауны расположен по тропе из с. Касумкента в старый Аликент, где пласт с фауной по падению погружается под русло реки. Здесь наблюдается большое скопление фауны.

Другие горизонты фауны приурочены к песчанистым известнякам маастрихтского яруса верхнего мела, представляющие трансгрессивной серией. Эти горизонты переотложенной фосфотизированной фауны описаны, как Касумкентское месторождение фосфоритов.

Касумкентские горизонты фауны имеют научное и учебное значение и подлежат учету и охране.

Мекегинский горизонт фауны находится в левашинском районе, на левом борту ручья в 1 км к югу от с. Мекеги (фото 6).

Горизонт представляет собой слой мощностью 5-10 см фосфатизированной фауны (пелеципод, гастропод, аммонитов) слабо сцементированной со стяжениями темно-серого мергеля и вмещающей породой – темно-серыми глинистыми сланцами. Слой приурочен к границе верхне-барремского подъяруса с аптским ярусом нижнего мела.

Аналогичные горизонты (слои) скопления фосфатизированной фауны встречаются также в разрезах нижнемеловых отложений: Салатаусском, Ансалтинском, Каратинском, Араканском и в других. Обильно представлены фауной известняки и глинистые сланцы в указанных и других разрезах нижнего мела. Горизонт имеет научное и учебное значение и подлежит учету.



Фото 5.



Фото 6.

Сардаркентский горизонт фауны находится в Сулейман-Стальском районе, в 1 км к югу от с. Сардаркент, у моста оросительного канала (фото 7). Здесь, на левом борту р. Чирахчай, размыт и обнажен контакт трансгрессивно залегающих известняков верхней юры на сланцах средней юры [4; 6]. В результате размыва сланцев образована ниша в 3-4 м глубиной. Кровлей этой ниши является пласт известняков, в подошве которых проходит горизонт в 10-20 см. густо сконцентрированной фауны, состоящей главным образом, из аммонитов. Среди аммонитов встречаются экземпляры псевдоморфоз железа по карбонату, т.е. пиритизированной фауны [5]. Горизонт имеет большое учебное и эстетическое значение. Этот горизонт необходимо сохранить для посещения туристов, учащихся и др. и провести к нему тропу.



Фото 7.

Цудахарские горизонты фауны находятся в цудахарском ущелье (фото 8). Здесь две группы горизонтов фауны. Первая, южная, расположена у южного выхода из южной теснины цудахарского ущелья, в 50-70 м к югу от моста шоссейной дороги, где из-под наносов обнажается карбонатная толща верхней юры. Здесь в рыхлом мергелистом песчанике мощностью 7 метров отмечено обильное скопление ископаемой фауны пластинчатожаберных, аммонитов и ежей келловейского возраста верхней юры. Фауна легко отделяется геологическим молотком.

Другие горизонты, приурочены к песчано-глинистым отложениям нижнего мела, расположены у северного выхода из южной теснины. Один из горизонтов мощностью 10-12 см, приурочен к границе верхнего баррема и аптского яруса, представлен скоплением фауны (пеллеципод, гастропод, аммонитов). Другие горизонты мощностью 5-10 см встречены в аптском ярусе.

Цудахарские горизонты фауны имеют научное и учебное значение и подлежат учету.



Фото 8.

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

Литература

1. Юсупов А.Р., Черкашин В.И. Геолого-географические памятники Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 62. С. 169-172.
2. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Черкашин В.И. Области распространения и типы геологических памятников Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2014. № 63. С. 335-340.
3. Юсупов А.Р., Сулейманов В.К., Алимагомедов А.А., Алхулаев К.Г., Мамаев А.С. Природные памятники области Известнякового Дагестана. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. № 1 (76). С. 8-12.
4. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Юсупов З.А., Мамаев А.С., Алилова Г.А. Стратиграфические и геохронологические памятники области Известнякового Дагестана. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 1 (92). С. 75-89.
5. Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Юсупов З.А., Мамаев А.С., Ахмедов А.С., Алилова Г.А. Минералого-петрографические и тектонические памятники природы области Известнякового Дагестана. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 3 (94). С. 82-95.
6. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Черкашин В.И., Сулейманов В.К., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Геоморфологические памятники области Известнякового Дагестана. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2024. № 1 (96). С. 89-115.

УДК 911.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-85-94

ЛАНДШАФТНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ АКВА-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА В КАВКАЗСКО-КАСПИЙСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

Атаев З.В.

Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала

Целью работы является применение ландшафтного подхода к созданию аква-территориального карбонового полигона в Кавказско-Каспийском регионе. Основой для потенциального конструирования карбонового полигона выступили авторские карты ландшафтная и физико-географического районирования, а также анализ материалов климатической изменчивости ландшафтов региона. Используются методы комплексного анализа типологических и региональных природно-территориальных комплексов, материалы дистанционного зондирования. Для анализа климатических показателей применялись методы осреднения, интерполяции и экстраполяции данных, метод ландшафтных аналогий. Рассмотрены ландшафтные особенности создания аква-территориального карбонового полигона в регионе. Предложена картосхема размещения аква-территориального карбонового полигона и его экспериментальных наземных и морских ключевых участков в привязке к физико-географическим регионам, ландшафтам и метеостанциям. Создание аква-территориального карбонового полигона и сети его экспериментальных участков должно опираться на региональные ландшафтные особенности территории Восточного Кавказа, Восточного Предкавказья и западной части Каспийского моря.

Ключевые слова: Кавказско-Каспийский регион, Северо-Восточный Кавказ, Каспийское море, глобальный климат, климатические процессы, аква-территориальный карбоновый полигон, карбоновая ферма, биологическое разнообразие, ландшафтное разнообразие.

LANDSCAPE APPROACH TO THE CREATION OF AN AQUA-TERRITORIAL CARBON LANDFILL IN THE CAUCASUS-CASPIAN REGION OF RUSSIA

Ataev Z.V.

Institute of Geology, DFRC RAS, Makhachkala

The aim of the work is to apply a landscape approach to the creation of an aqua-territorial carbon landfill in the Caucasus-Caspian Region. The basis for the potential construction of a carbon landfill was the author's maps of landscape and physical-geographical zoning, as well as the analysis of materials of climatic variability of the landscapes of the region. The methods of complex analysis of typological and regional natural-territorial complexes, remote sensing materials were used. Methods of averaging, interpolation and extrapolation of data, the method of landscape analogies were used to analyze climatic indicators. Landscape features of the creation of an aqua-territorial carbon landfill in the region are considered. A mapping scheme for the placement of an aqua-territorial carbon landfill and its experimental terrestrial and marine key sites in relation to physical and geographical regions, landscapes and weather stations is proposed. The creation of an aqua-territorial carbon landfill and a network of its experimental sites should be based on the regional landscape features of the territory of the Eastern Caucasus, the Eastern Caucasus and the western part of the Caspian Sea.

Keywords: Caucasus-Caspian region, Northeast Caucasus, Caspian Sea, global climate, climatic processes, aqua-territorial carbon landfill, carbon farm, biological diversity, landscape diversity.

В конце XX – начале XXI вв. отмечается повышение приземной температуры воздуха, получившее название «глобальное потепление». В научном сообществе имеется несколько точек зрения на причины этого явления, среди которых наибольшее распространение, особенно в средствах массовой информации, получила точка зрения, что повышение температуры воздуха обусловлено сжиганием ископаемого топлива, в результате чего в атмосфере повышается концентрация парниковых газов, среди которых основным признан углекислый газ (CO₂).

Вопросам изменения климата и обеспечения устойчивого развития страны посвящены национальные доклады «Глобальный климат и почвенный покров России». Первый том дает представление об оценке рисков, эколого-экономических последствиях деградации земель, адаптивных системах и технологии рационального природопользования. Во втором томе рассматриваются вопросы опустынивания и деградации земель, институциональные, инфраструктурные и технологические меры адаптации сельского и лесного хозяйства. В третьем томе показаны

региональные изменения климатических условий и засух, их влияние на почвы и биогеоценозы, водные ресурсы, ландшафты, даны рекомендации по совершенствованию мер борьбы с засухами и национальный план действий [14-16].

По данным на 2024 год, в России открыто 19 карбоновых полигонов. Каждый из них расположен на природной территории, отличной от прочих и в то же время типичной для своего региона. Тип ландшафта территории каждого карбонового полигона специально подбирался как наиболее характерный для этой местности.

Создание карбонового полигона на территории Республики Дагестан актуально в целях формирования системы мониторинга, анализа и прогноза эмиссионного и секвестрационного потенциала ландшафтов региона.

Для реализации данной цели планируется решение следующих задач: создание наземной и дистанционной системы наблюдений, включая отбор проб геогоризонтов и геомасс природно-территориальных комплексов; разработка оптимальной научно-обоснованной технологии и периодичности измерений параметров геосистем; качественный и количественный химический анализ проб почв, воздуха и вод; анализ динамики количественных параметров загрязнений; мониторинг загрязнения почв, вод и воздуха, в т.ч. изучение загрязнения почв и поверхностных вод термальными водами, нефтью и нефтепродуктами; создание электронной базы данных результатов измерений и анализа поглощения углекислого газа различными типами ландшафтов, в т.ч. антропогенных; создание с использованием ГИС-технологий дробных тематических карт экспериментальных участков полигона; анализ и прогнозирование эмиссионного и секвестрационного потенциала ландшафтов территории; разработка научно-обоснованных рекомендаций по созданию карбоновых ферм по территории республики; разработка комплекса мер, направленных на оптимизацию природопользования, сохранение биологических ресурсов, изучение влияния деградации почв на ценность биоразнообразия, а также поддержание биологического и ландшафтного разнообразия региона.

Материалом исследования явилось современное состояние и климатическая динамика ландшафтов региона, рассмотренная нами ранее в статье «Реакция ландшафтов Дагестана на современные климатические изменения» [6]. Пространственная структура ландшафтов отражена в картах ландшафтной и физико-географического районирования Республики Дагестан [1; 2]. При их составлении использованы методы комплексного анализа типологических и региональных природно-территориальных комплексов, материалы дистанционного зондирования, анализ региональных климатических особенностей природно-территориальных комплексов региона.

Республика Дагестан характеризуется значительным разнообразием горных и равнинных ландшафтов, имеющих свою специфику в структуре восточно-кавказского (дагестанского) типа высотной поясности. Реакция ландшафтов региона на современные климатические изменения рассмотрены в работах В.В. Браткова, З.В. Атаева [12]; В.В. Браткова, Ш.Ш. Заурбекова, З.В. Атаева [13]; З.В. Атаева, В.В. Браткова, М.И. Гаджибекова [8; 9]; И.А. Керимова, В.В. Браткова, Л.Р. Бекмурзаевой [17] и других. Проблема необходимости применения ландшафтного подхода в проектировании карбонового полигона в Республике Дагестан поднималась нами и ранее [3-5; 7; 10; 18].

В этой связи напрашивается региональное своеобразие разрабатываемых методов оценки углеродного баланса по типам экосистем, на которых планируется проведение исследований. Это разнообразие вызвано, прежде всего, особенностями и динамикой климатических параметров за последние более 60 лет (1960-2023 гг.) по высотным ярусам, в частности среднегодовыми температурами воздуха, количеством атмосферных осадков и, как производное от них – коэффициентом увлажнения, выявляющим особенности сезонной и межгодовой динамикой ландшафтов.

В целом, оценивая климатические изменения, следует отметить, что, если в равнинной части республики они в целом совпадают с глобальными и региональными трендами, то в горной части влияние рельефа значительно осложняет общую картину. Для его оценки необходимы дальнейшие локальные ландшафтные исследования, которые могут быть проведены в пределах экспериментальных участков карбонового полигона.

Ландшафтное разнообразие территории республики отражено на среднемасштабных (1:1 500 000) ландшафтных картах – типологической [1] и физико-географического районирования [2], а также и на мелкомасштабной (1:2 000 000) Ландшафтной карте Кавказа [11].

Ландшафтная карта отображает объективно существующие типологические природные системы, представляющие собой динамические единства слагающих их природных компонентов. На ней показано всё многообразие природных комплексов, одним из ведущих факторов пространственной дифференциации которых в горных условиях является рельеф. Карта составлялась по имеющимся специальным природно-географическим картам (геологической, тектонической, четвертичных отложений, почвенной, геоботанической и др.), а также по материалам маршрутных и отчасти ключевых исследований. В качестве «опорной» использовалась ландшафтная карта А.Е. Фединой масштаба 1:1 750 000, опубликованная в Атласе Дагестанской АССР [19]. На карте выделены классы (равнинные и горные), типы и подтипы (полупустынные, сухостепные, лесостепные, лесные, луговые и т. д.), роды (высокогорные с горно-луговыми почвами, разнотравно-злаковыми ассоциациями и т. д.) и виды ландшафтов (субальпийский, альпийский и т. д.).

Многообразие горизонтальных связей в природно-территориальных комплексах и их иерархия отображены на карте физико-географического районирования, составленной на основе ландшафтной карты. При физико-географическом районировании Дагестана в основу положен ландшафтно-генетический принцип, позволяющий рассматривать каждый регион одного таксономического ранга, с одной стороны, как единое целое, с другой – как состоящее из более мелких, генетически разнородных комплексов.

Ландшафтная карта и карта физико-географического районирования Дагестана, раскрывающие многообразие природных комплексов, могут использоваться в качестве основы для получения обобщённых представлений о комплексе потенциальных условий сельскохозяйственного, селитебного, транспортного, лесохозяйственного и водохозяйственного освоения территории, и, соответственно, выбора оптимальных мест размещения карбонового полигона и его экспериментальных участков.

Для определения динамики приморских ландшафтов Кавказско-Каспийского региона выявилась необходимость дополнительного привлечения анализа хода метеоданных по Западному Прикаспию и островных ландшафтов западной части Каспийского моря.

Анализ проведенных нами ландшафтно-климатических исследований позволяет сделать вывод, что карбоновый полигон в Кавказско-Каспийском регионе должен иметь разветвленную сеть экспериментальных (ключевых) участков и создаваться с учетом ландшафтных особенностей как территории Восточного Кавказа и Восточного Предкавказья, так и природно-аквальных комплексов западной части Каспийского моря, а также наличия репрезентативных для этих ландшафтов метеостанций, данные которых необходимы для расчета и прогноза эмиссионного и секвестрационного потенциала природно-территориальных и аквальных комплексов.

На наш взгляд, в регионе по комплексу рассматриваемых параметров, имеется возможность проектирования аква-территориального карбонового полигона «Каспийский Кавказ» с 17 потенциальными экспериментальными участками, размещенными в различных горных, равнинных, морских и островных экосистемах (рис. 1). Базовая экспериментальная площадка предположительно может располагаться на плато Тарки-тау. По мониторингу аквальных, островных и

прибрежных ландшафтов Каспийского моря актуально создание 5 ключевых участков – на острове Тюлений, острове Чечень, Аграханском полуострове, Манасском взморье, дельте Самура.

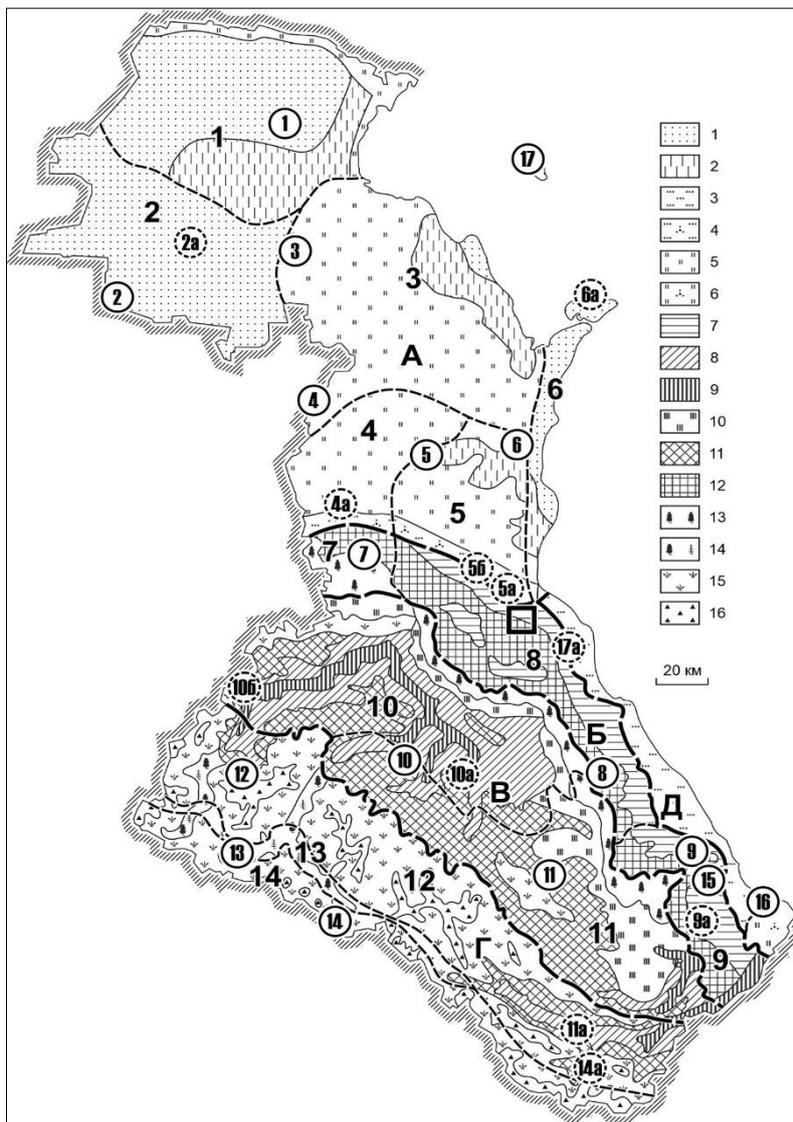


Рис. 1. Аква-территориальный карбоновый полигон «Каспийский Кавказ» и его экспериментальные участки

Условные знаки: Квадратный значок – положение аква-территориального карбонового полигона «Каспийский Кавказ»; сплошной кружок с индексом – основной экспериментальный участок; штриховой кружок с индексом – альтернативный экспериментальный участок: 1 – Кочубей; 2 – Буруны; 2а – Ногай; 3 – Тарумовка; 4 – Хамама-тюрт; 4а – ФАНЦ (Федеральный аграрный научный центр); 5 – Янгиюрт; 5а – Ботсад ДГУ; 5б – Сарыкум; 6 – Аграхан; 6а – Чечень-море; 7 – Мелишта; 8 – Каякент; 9 – Джалган; 9а – Шурдере; 10 – Верхний Гуниб; 10а – Цудахар; 10б – Ботлих; 11 – Ицари; 11а – Ахты; 12 – Богос; 13 – Бежта; 14 – Тлярата; 14а – Шалбуздаг; 15 – Рубас; 16 – дельта Самура; 17 – о. Тюлений; 17а – Манасское взморье.

Физико-географические провинции и районы: А – ТЕРСКО-КУМСКАЯ РАВНИНА: 1 – Прикумская равнина; 2 – Терско-Кумский песчаный массив; 3 – Дельта Терека; 4 – Кумыкская равнина; 5 – Терско-Сулакская равнина; 6 – Аграханская песчаная равнина; Б – ПРЕДГОРНЫЙ ДАГЕСТАН: 7 – Северо-западные предгорья; 8 – Центральные предгорья; 9 – Юго-восточные предгорья; В – ВНУТРИГОРНЫЙ ДАГЕСТАН: 10 – Известняковый Дагестан; 11 – Песчано-сланцевый Дагестан; Г – ВЫСОКОГОРНЫЙ ДАГЕСТАН: 12 – Боковой хребет; 13 – Межгорные котловины; 14 – Главный Кавказский хребет; Д – ПРИМОРСКИЙ ДАГЕСТАН: 15 – Приморская низменность; 16 – Дельта Самура.

Ландшафты в составе физико-географических регионов. Равнинные ландшафты. Полупустынные: 1 – ландшафты аккумулятивно-морской равнины с каштановыми почвами и разнотравно-злаковыми, злаково-эфемеропопынными и эфемеро-солянково-попынными ассоциациями; 2 – ландшафты солончаков на морских и аллювиальных отложениях; 3 – ландшафт морских террас с каштановыми почвами, злаково-попынными и солянковыми ассоциациями и сельскохозяйственными комплексами; Сухостепной: 4 – ландшафт морских террас с каштановыми почвами попынно-злаковыми и шибляковыми кустарниковыми ассоциациями и сельскохозяйственными комплексами; Лугово-болотно-степные: 5 – лугово-дельтовые болотные с тростниково-рогозовыми ассоциациями и плавнями, лугово-болотные с луговыми и болотными почвами тростниково-вейниково-разнотравными ассоциациями, лугово-степные с лугово-степными почвами пырейно-свинойными, попынно-злаковыми ассоциациями и сельскохозяйственными комплексами; Лугово-лесной: 6 – ландшафт низинный с лугово-сероземными почвами, послелесными лугово-кустарниковыми ассоциациями и сельскохозяйственными комплексами; Горные ландшафты. Степные: 7 – ландшафт предгорный с каштановыми почвами, разнотравно-злаковыми ассоциациями и сельскохозяйственными комплексами; 8 – ландшафт среднегорный с каштановыми и черноземными почвами, разнотравно-злаковыми ассоциациями и сельскохозяйственными комплексами; Ксерофитный: 9 – ландшафт долинно-котловинный с щебнистыми каштановыми почвами, ксерофитными травяными и кустарниковыми ассоциациями и сельскохозяйственными комплексами; Лугово-степные: 10 – ландшафт низкогорный с черноземовидными и луговыми почвами, злаково-разнотравными ассоциациями; 11 – ландшафт среднегорный с черноземными и луговыми почвами, низкоосоково-злаково-разнотравными ассоциациями и сельскохозяйственными комплексами; Лесостепной: 12 – ландшафт предгорный с каштановыми, горно-лесными бурями и коричневыми почвами, злаково-попынно-разнотравными ассоциациями, дубово-грабинниковыми редколесьями и кустарниками и сельскохозяйственными комплексами; Лесные: 13 – ландшафт низкогорный с горно-лесными бурями и буково-дубовыми лесами; 14 – ландшафт среднегорный с горно-лесными бурями и оподзоленными почвами, сосново-березовыми и буково-грабовыми лесами; Луговой: 15 – ландшафт высокогорный с горно-луговыми почвами и разнотравно-злаковыми субальпийскими и альпийскими ассоциациями; Гляциально-нивальный: 16 – ландшафт высокогорный со скальными растительными ассоциациями.

Привязка потенциальных и альтернативных экспериментальных участков аква-территориального карбонового полигона «Каспийский Кавказ» к физико-географическим регионам, ландшафтам и метеостанциям приведена в таблице 1.

Таблица 1

Привязка экспериментальных участков Карбонового полигона «Каспийский Кавказ» к физико-географическим регионам, ландшафтам и метеостанциям

Область	Провинция	Район	Ландшафт	Репрезентативная метеостанция	ПОЛИГОН, экспериментальный участок (принадлежность)
I. Северо-Дагестанская (Прикаспийская низменность)	А. Терско-Кумская равнинная провинция	1. Прикумская равнина (Ногайская степь)	– полупустынный ландшафт аккумулятивно-морской равнины, супесчано-суглинистый с каштановыми почвами, злаково-эфемерно-попынными ассоциациями	Кочубей, Южно-Сухокумск	«Кочубей» (ДФИЦ)
		2. Терско-Кумский массив	– полупустынный ландшафт аккумулятивно-морской равнины, песчаный с каштановыми почвами, псаммофитными разнотравно-злаковыми ассоциациями	Терекли-Мектеб	«Буруны», (альтернативный участок – «Ногай») (МПР РД)
		3. Дельта Терека	– лугово-болотно-степной дельтовый ландшафт, лугово-болотный с	Кизляр, Бабаюрт	«Тарумовка» (МПР РД)

			луговыми и болотными почвами, тростниково-вейниково-разнотравными ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами		
		4. Кумыкская равнина	– лугово-болотной степной дельтовый ландшафт, болотный с тростниково-рогозовыми ассоциациями и плавнями	Хасавюрт, Бабаюрт	«Хамаматюрт» (МПР РД), альтернативный участок – «ФАНЦ» (ФАНЦ)
		5. Присулакская равнина	– сухостепной ландшафт морских террас с каштановыми почвами, полынно-злаковыми и шибляковыми кустарниковыми ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами	Махачкала	«Янгиюрт» (МПР РД), альтернативные участки – «Ботсад» (ДГУ) или «Сарыкум» (Заповедник)
		6. Аграханская равнина	– полупустынный ландшафт аккумулятивно-морской равнины, песчаный с каштановыми почвами, псаммофитными разнотравно-злаковыми ассоциациями	Махачкала, Остров Чечень, Главный Сулак	«Аграхан» (ДГУ), альтернативный участок – «Чечень-море» (МПР РД, Гидрометцентр)
II. Горно-Дагестанская (Большой Кавказ)	Б. Внешнегорный Дагестан	7. Северо-западные предгорья	– низкогорный лесной ландшафт с горно-лесными бурыми почвами, буково-дубовыми лесами; – низкогорный лугово-степной ландшафт с черноземовидными луговыми почвами, злаково-разнотравными ассоциациями	Хасавюрт, Буйнакск	Урочище «Мелишта» (МПР РД)
		8. Центральные предгорья	– низкогорный лесной ландшафт с горно-лесными бурыми почвами, буково-дубовыми лесами; – предгорный степной с каштановыми почвами, разнотравно-полынно-злаковыми ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами	Буйнакск, Сергокала	ПОЛИГОН «ТАРКИ-ТАУ» (МПР РД), «Каякент» (МПР РД)
		9. Юго-восточные предгорья	– средгорный лесостепной ландшафт с каштановыми,	Касумкент	«Джалган» (МПР РД), альтернативный участок –

			<p>горно-лесными бурьями и коричневыми почвами, злаково-полынно-разнотравными ассоциациями, дубово-грабинниковыми редколесьями и кустарниками, сельскохозяйственными комплексами.</p> <p><i>Для альтернативного участка:</i></p> <p>– долинно-котловинный ксерофитный ландшафт с щебнистыми каштановыми почвами, ксерофитными травяными и кустарниковыми ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами</p>		«Шур-дере» (без принадлежности)
В. Внутригорный Дагестан	10. Известняковый Дагестан	<p>– среднегорный лесной ландшафт с горно-лесными бурьями и оподзоленными почвами, сосново-березовыми и буково-грабовыми лесами;</p> <p>– среднегорный лугово-степной ландшафт с черноземными и луговыми почвами, низкоосоково-злаково-разнотравными ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами;</p> <p>– среднегорный лесной ландшафт с горно-лесными бурьями и оподзоленными почвами, сосново-березовыми и буково-грабовыми лесами.</p> <p><i>Для альтернативного участка:</i></p> <p>– долинно-котловинный ксерофитный ландшафт с щебнистыми каштановыми почвами, ксерофитными травяными и кустарниковыми ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами</p>	Гуниб, Куппа, Хунзах, Кумух, Ботлих	«Верхний Гуниб», альтернативные участки – «Цудахар» (ДФИЦ) или «Ботлих» (без принадлежности)	

		11. Песчано-сланцевый Дагестан	– среднегорный лугово-степной ландшафт с черноземными и луговыми почвами, низкоосоково-злаково-разнотравными ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами. <i>Для альтернативного участка:</i> – долинно-котловинный ксерофитный ландшафт с щебнистыми каштановыми почвами, ксерофитными травяными и кустарниковыми ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами	Уркарах	«Ицари» (МПР РД), альтернативный участок – «Ахты» (ФАНЦ)
	Г. Высокогорный Дагестан	12. Боковой хребет	– высокогорный гляциально-нивальный ландшафт с примитивными скальными растительными ассоциациями	Сулак, высокогорная	«Богос» (Гидрометцентр)
		13. Межгорные котловины	– горно-котловинные эрозивно-аккумулятивные, степной, шибляковой, аридно-редколесной и фригановой растительностью	Тлярата, Кидеро	«Бежта» (МПР РД)
		14. Главный Кавказский хребет	– высокогорный субальпийский луговой, местами гляциально-нивальный, ландшафт с субальпийскими и альпийскими лугами, скальными растительными ассоциациями	Тлярата, Сулак, высокогорная	«Тлярата», альтернативный участок – «Шалбуздаг» (Заповедник)
Ш. Приморский Дагестан	Д. Приморско-Дагестанская	15. Приморская низменность	– полупустынный солончаковый ландшафт морских террас с каштановыми почвами, злаково-польными и солянковыми ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами	Дербент	«Рубас» (ДФИЦ РАН)
		16. Дельта Самура	– низинный лугово-лесной ландшафт с лугово-сероземными почвами, послелесными лугово-кустарниковыми	Дербент	«Дельта Самура» (Заповедник)

			ассоциациями, сельскохозяйственными комплексами		
IV. Каспийское море			– полупустынный островной и шельфовый подводный ландшафт	Остров Тюлений, Избербаш, Махачкала-аэропорт	«Тюлений» (Гидрометцентр), альтернативный участок – «Манасское взморье» (ДГУ)

Примечание: ДФИЦ – Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН; ФАНЦ – Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан; МПР РД – Министерство природных ресурсов и экологии Республики Дагестан; Заповедник – Государственный природный заповедник «Дагестанский»; ДГУ – Дагестанский государственный университет; Гидрометцентр – Дагестанский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Значительные социально-экономические изменения в Кавказско-Каспийском регионе и множество экологических причин затушевали климатические изменения наземных и аквальных ландшафтов. Поэтому актуально проведение детальных климатических измерений «углеродных» откликов ландшафтов региона на современную климатическую динамику.

Аргументированный выбор потенциальных экспериментальных участков аква-территориального карбонового полигона «Каспийский Кавказ» в привязке к физико-географическим регионам, ландшафтам и метеостанциям позволит проанализировать современные и исторические виды землепользования, отличающиеся условиями накопления и динамики углерода, охарактеризовать возможности и ограничения различных углеродных сценариев в зависимости от ландшафтов и типов их использования. Предстоящие исследования позволят заложить научно-методические основы для разработки критериев и показателей землепользования, характеризующиеся нейтральным или депонирующим балансом углерода в ландшафтах.

В целях проведения детальных научных исследований климатической изменчивости ландшафтов и анализа в них углеродных сценариев целесообразно открытие при Институте геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН научно-исследовательской лаборатории ландшафтной экологии, рекреации и туризма.

Работа выполнена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (соглашение №075-15-2024-644).

Литература

1. Атаев З.В. Ландшафтная карта // Атлас Республики Дагестан. М.: Роскартография, 1999. С. 37.
2. Атаев З.В. Физико-географическое районирование // Атлас Республики Дагестан. М.: Роскартография 1999. С. 12.
3. Атаев З.В. Применение ландшафтного подхода к созданию карбонового полигона в Республике Дагестан // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа: Коллективная монография по материалам XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Том XII. М.: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, 2022. С. 607-611.
4. Атаев З.В. Региональные ландшафтные особенности создания карбонового полигона в Республике Дагестан // Наука и образование состояние, проблемы, перспективы развития: материалы научной сессии профессорско-преподавательского состава Дагестанского государственного педагогического университета, посвященной Году образования в Республике Дагестан, Махачкала, 19-20 мая 2022 года. Махачкала: ДГПУ, 2022. С. 4-12.
5. Атаев З.В. Ландшафтно-климатические особенности конструирования аква-территориального карбонового полигона в Кавказско-Каспийском регионе России // Влияние изменения климата на биологическое разнообразие и распространение вирусных инфекций в Черноморско-Каспийском регионе:

- Материалы XXV Международной научной конференции с элементами школы для молодых ученых (г. Махачкала, 2-4 ноября 2023 г.), Махачкала: АЛЕФ, 2023. С. 3-15.
6. Атаев З.В. Реакция ландшафтов Дагестана на современные климатические изменения // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. №3 (94). С. 10-14.
 7. Атаев З.В., Братков В.В. Региональные ландшафтные особенности создания карбонового полигона в Республике Дагестан // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2022. Т.16. №1. С. 25-36.
 8. Атаев З.В., Братков В.В., Гаджибеков М.И. Реакция полупустынных ландшафтов Приморской низменности Дагестана на современные климатические изменения // Юг России: экология, развитие. 2014. Т.9. №4. С. 27-39.
 9. Атаев З.В., Братков В.В., Гаджибеков М.И. Аридные ландшафты Северного Кавказа: пространственная структура, реакция на климатические изменения и антропогенная трансформация // Материалы VIII международного симпозиума «Степи Северной Евразии». Оренбург, 2018. С. 123-126.
 10. Атаев З.В., Братков В.В., Нестеров Ю.А. Ландшафтное разнообразие и современные климатические условия территории Республики Дагестан как основа создания карбонового полигона // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. №4. С. 37-49.
 11. Беручашвили Н.Л. Ландшафтная карта Кавказа. Тбилиси: ТГУ, 1992. 2 п.л.
 12. Братков В.В., Атаев З.В. Оценка влияния современных климатических условий на природно-территориальные комплексы Северо-Восточного Кавказа (по материалам дистанционного зондирования Земли) // Мониторинг. Наука и технологии. 2017, №2 (31). С. 6-14.
 13. Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Атаев З.В. Реакция геосистем Большого Кавказа на современные климатические изменения (по материалам дистанционного зондирования земли) // Материалы международной научно-практической конференции «Эффективное развитие горных территорий России: Горный форум – 2016». Махачкала, 2016. С. 110-119.
 14. Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство): национальный доклад / А.Л. Иванов, Г.С. Куст, Д.Н. Козлов и др. М.: Издательство Геос, 2018. 285 с.
 15. Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство): национальный доклад / А.Л. Иванов, Г.С. Куст, И.М. Донник и др. М.: Издательство МБА, 2019. 476 с.
 16. Глобальный климат и почвенный покров России: Национальный доклад / Р.С.-Х. Эдельгериев, А.Л. Иванов, И.М. Донник и др. М.: Почвенный институт имени В.В. Докучаева, 2021. 700 с.
 17. Керимов И.А., Братков В.В., Бекмурзаева Л.Р. Изменчивость климатических условий аридных ландшафтов Северного Кавказа // Коллективная монография по материалам XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием "Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа (ГЕОКАВКАЗ 2021)". М., 2021. С. 444-449.
 18. Солтанмурадова З.И., Атаев З.В., Гаджибеков М.И. Предварительные итоги экспедиционного изучения морских, прибрежно-островных и высокогорных экосистем Кавказско-Каспийского региона (август 2023 г.) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т.17, №4. С. 112-120.
 19. Федина А.Е. Ландшафтная карта // Атлас Дагестанской АССР, 1975. С. 23.

Информация для авторов

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

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

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

Правила оформления рукописи в журнале

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

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

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

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

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

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

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

6. Основные структурные элементы статьи:

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

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

Технические требования

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

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

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

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

Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

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

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

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

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

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

Рукописи, оформленные с нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.

Адрес редакции:

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

© Институт геологии ДФИЦ РАН

© Коллектив авторов

ISSN: 2541-9684

Научное издание

*Зарегистрирован в федеральной службе по надзору в сфере связи
и массовых коммуникаций Российской Федерации (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-81133 от 25 мая 2021 года*

Ежеквартальный научный журнал
"Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН"
Выпуск № 4(99) 2024

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

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

Подписано в печать 20.12.2024 г. Формат 60×84¹/₈.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 8,9. Уч.-изд. л. 4,3. Тираж 200 экз. Заказ №24-06-97. Цена свободная.



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