



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт геологии
Дагестанского федерального
исследовательского центра РАН

ISSN: 2541-9684

№ 4 (87), 2021
Ежеквартальный
научный журнал

**"ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН"**

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

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

Научно-редакционный совет:

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

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.

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

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

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

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

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

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

Научное направление журнала - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

ISSN: 2541-9684

Журнал является рецензируемым.

Журнал выходит 4 раза в год.

Тираж - 200 экземпляров

<http://elibrary.ru/> (РИНЦ)

<http://www.igdncran.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗЛОМНАЯ ТЕКТОНИКА ТЕРСКО-КАСПИЙСКОГО ПРОГИБА: СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ <i>Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Бадаев С.В.</i>	4
РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОТЕКТОНИКА И СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА ЗА ПЕРИОД с 1960 по 2021 гг. <i>Магомедов Р.А., Мусаев М.А.</i>	15
ВЛИЯНИЕ СКОРОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН, ПЛОТНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ ГРУНТОВ НА ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ <i>Харэбов К.С., Баскаев А.Н., Архиреева И.Г., Макиев В.Д., Гогичев Р.Р., Шепелев В.Д., Шманатов Г.В.</i>	23
СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БЛОКОВ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА <i>Магомедов Р.А., Мусаев М.А.</i>	35
ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ДАГЕСТАНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ <i>Меликов М.М., Гаджиева Т.Р.</i>	46
К ВОПРОСУ ГЕЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАГЕСТАНА <i>Меликов М.М., Гаджиева Т.Р., Гайдаров Б.А.</i>	58
БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ БЕРРИАС-ВАЛАНЖИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА <i>Исаева Н.А.</i>	68
БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ДАГЕСТАНА <i>Курбанова Л.М.</i>	76
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БЕРИКЕЙСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ <i>Курбанова Л.М.</i>	80
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА МК НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА <i>Кондаков В.М., Мамаев С.А., Ахмедов С.А., Абдуразакова З.Ш.</i>	83
ФОРМИРОВАНИЕ И ВОЗРАСТ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ <i>Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш.</i>	91
ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ В СВЕТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ <i>Майсурадзе М.В.</i>	97
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР: ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА <i>Забураева Х.Ш., Керимов И.А., Романова О.С., Широкова В.А.</i>	103
МАЦАПУЛИН ВЛАДИМИР УСТИМОВИЧ	112

УДК 550.34(470.66)

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-4-14

РАЗЛОМНАЯ ТЕКТОНИКА ТЕРСКО-КАСПИЙСКОГО ПРОГИБА: СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ

Керимов^{1,2} И.А., Гайсумов² М.Я., Бадаев² С.В.

¹*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва*

²*Академия наук Чеченской Республики, г. Грозный*

В статье рассмотрено развитие представлений о глубинных разломах Терско–Каспийского прогиба (ТКП). Отмечается как в результате эволюции представлений, разломы представляются как сложно построенные объемные геологические тела в результате реологических преобразований в результате кинематических и динамических воздействий. Приведены результаты использования гравитационного поля для трассирования разломов. Отмечается, что разломы контролируют региональный структурный план и по характеру новейшей активизации очень неоднородны. Их вклад в формировании структурного плана территории различен, что обусловлено не только интервалами их активизации в каждый интервал времени, но и динамическими особенностями конкретных разломов, что создает впечатление локальности (фрагментарности) их распространения. Предложены рекомендации по дальнейшему изучению разломной тектоники ТКП.

Ключевые слова: геология, тектоника, разлом, гравитационное поле, трансформация, аномалия, Терско-Каспийский прогиб.

THE FAULTY TECTONIC AT TER-CASPIAN BENDING: STATE OF STUDY AND PROBLEMS

Kerimov^{1,2} I.A., Gaisumov² M.Ya., Badaev² S.V.

¹*Institute of Physics of the Earth named after O. Yu. Schmidt RAS, Moscow*

²*Academy of Sciences of the Chechen Republic, Grozny*

In article provides an overview of the changing ideas about deep faults, their terminology, classification and ranking. It is noted that as a result of the evolution of representations, faults are presented as complexly constructed volumetric geological bodies as a result of rheological transformations as a result of kinematic and dynamic influences. The results of using the gravitational field for fault tracing are presented. It is noted that the faults control the regional structural plan and are very heterogeneous by the nature of the latest activation. Their contribution to the formation of the structural plan of the territory is different, which is due not only to the intervals of their activation in each time interval, but also to the dynamic features of specific faults, which creates the impression of locality (fragmentation) of their distribution.

Key words: geology, tectonics, fault, gravitational field, transformation, anomaly, Terec-Caspian trough.

Введение

Проблема изучения глубинных разломов, как и других тектонических структур, имеет длительную и сложную историю. Первые сведения о разломах и их значении появились в научной литературе в конце XIX – начале XX вв. Разломы были давно известны геологам и до начала XX в. под этим термином подразумевались складки различного типа – сбросы, сдвиги, различного рода нарушения. При этом процесс образования разломов связывался с тангенциальными силами. Считалось, что разлом – это отдельный разрыв в земной коре, вдоль которого происходит заметное смещение пород [20]. Большая заслуга в открытии и изучении разломов принадлежит А.В. Карпинскому, который выделил дизъюнктивные нарушения в Европейской части России, которые в настоящее время носят его имя («линии Карпинского»). В.А. Обручев писал «...наличие дизъюнктивных дислокаций ...может считаться отчасти несомненным, отчасти весьма вероятным на всем громадном пространстве от Тихого океана до Каспийского моря...». Заслугой В.А. Обручева было установление независимого образования разломов от собственно складчатого процесса [2, 15, 30 и др.].

Дальнейшее развитие представления о разломах получили в работах американского геолога У. Хобса, который впервые ввел понятие «линеамент», а также рассмотрел вопрос о единстве этих нарушений на всей Земле [18]. У. Хобс считал, что главные черты рельефа земной поверхности и структура земной коры обусловлены единой сеткой разломов. Впоследствии существование таких сеток было подтверждено, и они получили название регматических. По мнению многих исследователей, регматические сетки разломов земной коры, как платформ, так и геосинклинальных областей, не имеют принципиального различия, что вытекает и из постулата о послойно-глыбовом строении земной коры [13-15, 21, 22 и др.].

В многочисленных работах исследователей того времени отмечалась важная роль разломов в формировании складчатости и других форм рельефа. В этот период Е. Андерсон установил, что разломы являются зонами, связанными с полями напряжений, которые возникают в земной коре под действием различных сил. Г. Штилле подробно описал т.н. «германотипную» (саксонскую) складчатость, выделив в ней два типа структур – сбросово-складчатые и блоковые. Г. Джильберт, изложил теорию происхождения геологических структур в США, объясняя особенности их строения проявлением сбросов [13, 15].

В это время основные споры вызывал не сам факт существования разломов, а выделение разломов как самостоятельных структурных единиц, вопросы их происхождения и классификации.

В период 30–40 гг. XX столетия в нашей стране возникла острая полемика в реальности существования и целесообразности выделения разломов.

Известные геологи и тектонисты А.Д. Архангельский, Н.С. Шатский в основном разрабатывали проблемы строения древних и молодых платформ. Впоследствии идеи о ведущей роли вертикальных тектонических движений были ими перенесены на складчатые сооружения [15, 28, 30].

Первые значительные публикации, посвященные этой проблеме, связаны с именами А.Д. Архангельского, А.А. Борисяка, А.А. Блохина, И.Г. Кузнецова, В.А. Николаева, В.Н. Огнева, Н.М. Сеницына, А.Л. Яншина [1, 2, 4, 15] и др., оказавших значительное влияние на формирование взглядов и представлений ученых, развивавших идеи, связанные с разломами и перемещениями блоков земной коры. Так, разломы нашли свое отражение в одной из первых серьезных работ того времени – на первой тектонической карте Казахстана, составленной Н.Г. Киссиным, где отмечены разломы, разделяющие крупные геологические структуры. В более поздних работах он отмечал: «... жесткий субстрат древнего палеозоя и докембрия не сгибался, а испытывал перемещения и подвижки по разломам» [26].

Роль вертикальных движений по разломам отмечалась И.Г. Кузнецовым в 1938 г. на примере Большого Кавказа. Современную структуру складчатого сооружения Кавказа он объяснял «... длительными и часто встречающимися вертикальными перемещениями по разломам».

Важным достижением этого времени можно считать то, что представление о глыбовом строении переросло в общее представление о дискретном, мозаичном строении не только платформ, но и земной коры в целом.

Однако характерной чертой этого периода была крайность представлений о движениях в разломах. Многие авторы, отмечавшие горизонтальный характер смещений по разломам, отрицали возможность вертикальных перемещений и наоборот.

В 40–50-е гг. отношение к разломам резко изменилось и в первую очередь под влиянием трудов русских ученых А.В. Пейве, Н.С. Шатского, А.Н. Заварицкого. Пейве А.В., был одним из первых исследователей, оценившим их роль в развитии структуры земной коры и в образовании месторождений полезных ископаемых. Он впервые в 1945 г. ввел понятие «глубинный разлом», под которым подразумевал: «...глубинные тектонические линии дизъюнктивного характера, вытянутые на многие сотни километров и разделяющие дифференциально движущиеся сегменты земной коры. Они характеризуются длительностью и унаследованностью развития, значительной глубиной заложения и определенной связью с формациями горных пород...»

[21]. По мнению А.В. Пейве, глубинные разломы относятся к разряду древних доскладчатых структур. До этого времени происхождение разломов рассматривалось исключительно зависящим от складчатых процессов.

Для выявления глубинных разломов А.В. Пейве предложил изучать состав и мощность осадочных и магматических формаций, их распределение во времени и в пространстве, форму залегания слоев, пространственное расположение тектонических элементов. Решающим фактором, свидетельствующим о глубинности разлома, он считал связь с магматизмом и размещением рудоносных месторождений «...блоки земной коры, разделенные глубинными разломами, выражены в тектоническом рельефе, что и определяет пространственное размещение типов осадочных пород и их мощностей...».

В это же время становится решающим мнение о том, что разломы являются важнейшими и обязательными структурными элементами земной коры. По мнению А.В. Пейве, «...наличие определенной и тесной связи глубинных разломов с развитием геосинклиналей и геоантиклиналей свидетельствует о генетической связи этих структур с появлением и развитием глубинных разломов...» [22].

Практически одновременно с работами А.В. Пейве появилась работа Н.С. Шатского [30], в которой он связал разломы с развитием важнейших геологических структур литосферы. На примере Восточно-Европейской платформы и Урала ему удалось показать, что один разлом пересекает платформу и горно-складчатую область. В более поздних работах Н.С. Шатского затронут также вопрос о связи разломов глубоких и сверхглубоких землетрясений.

Работы А.В. Пейве, Н.С. Шатского, А.Н. Заварицкого вызвали большой интерес. Однако не все геологи признавали учение о разломах. Такие авторитеты, как В.В. Белоусов, Б.А. Петрушевский, и некоторые другие авторы придавали глубинным разломам довольно ограниченное значение в структуре земной коры. По мнению В.В. Белоусова, «...разломы нельзя рассматривать как ведущие элементы строения и развития геосинклиналей...», и он относил их к категории «особых трещин», возникающих в результате колебательных движений [3].

Развитие идей учения о разломах вызвало острую полемику в среде тектонистов и в общем геологов, однако борьба идей склонялась в пользу учения о разломах в понимании А.В. Пейве и его единомышленников. В дальнейшем многие противники главенствующей роли разломов в развитии земной коры изменили свое мнение, так В.В. Белоусов уже в 1962 г. писал: «...невозможно сомневаться в существовании разломов, образующих то, что можно назвать делимостью земной коры...».

Качественно новый этап в изучении разломов начался с 60-х гг. XX в. Исследования А.В. Пейве, Н.С. Шатского и др. вызвали большой интерес у геологов. К этому времени относится значительное количество публикаций, посвященных проблеме изучения разломов и связанных с именами В.А. Апродова, Н.А. Белявского, А.А. Борисова, В.К. Гавриша, П.Д. Гамкредидзе, Р.А. Гарецкого, Е.Е. Милановского, Ю.А. Косыгина, М.В. Муратова, Е.В. Павловского, Д.П. Резвой, Л.Н. Розанова, А.И. Суворова, В.Е. Хаина, И.И. Чебаненко, А.Л. Яншина и др. Исследования дна мирового океана добавили новые факты в пользу разломов, была открыта глобальная рифтовая система и оперяющие ее разломы, получены новые данные по зонам субдукций.

Систематизируя глубинные разломы, А.В. Пейве выделил среди них разломы платформ, краевых прогибов и геосинклинальных областей и различал их по длительности развития, глубине заложения, морфологии, характеру и интенсивности движений сопряженных блоков, особенностям интрузий, эффузий и минеральных месторождений, связанных с ними, характеру приразломных и межразломных дислокаций в верхнем структурном этаже, по отношению к более древним структурам и другим признакам [21].

Среди глубинных разломов, считал А.В. Пейве, имеются группы соподчиненных разломов – главных и дочерних, связывающихся в единое целое, а перемещения блоков фундамента по ограничивающим их разломам сводятся к трем главным типам: сбросам, надвигам и сдви-

гам. Он высказал предположение о существовании наряду с радиальными и тангенциальных движений, происходящих по глубинным тангенциальным разломам. По его мнению, они появляются в разное время и на различной глубине, где при этом возникают магматические очаги или бассейны, связанные с поверхностью земной коры радиальными разломами.

В 60–70-е гг. дальнейшее развитие в изучении разломов связано с смещением акцента в их исследовании в сторону изучения их кинематических и динамических характеристик. Это потребовало пересмотра существующих формулировок, и А.В. Пейве предложил следующую: «...глубинные разломы – морфологически выдержанные, длительно развивающиеся, вертикальные, наклонные или горизонтальные глубинные поверхности тектонического перемещения горных масс...». Многочисленные данные о пластическом течении горных пород при горизонтальных движениях блоков (наличие в зонах крупных надвигов пород ультраосновного состава и др.) позволили сделать вывод о том, что длительность развития и возобновление движений по разломам являются также признаками их глубинности.

Общая структура земной коры к этому времени стала рассматриваться как послонно-глыбовая, при ведущей роли глубинных подкоровых движений и возникающих при этом тангенциальных напряжений.

Классификация разломов А.В. Пейве не предусматривала подразделения выделенных им групп разломов на более мелкие категории. В связи с этим вызывает интерес дальнейшее развитие классификации разломов, выполненной В.Е. Хаиным [28]. Он предложил классифицировать разломы по глубине на сверхглубокие (400–700 км), глубокие (до 100–300 км), корово-проникающие – до подошвы земной коры, по характеру смещений – на глубинные сбросы, глубинные взбросы и надвиги, глубинные сдвиги и т. д. и по роли в разграничении крупных структур на периокеанические – отделяющие материки от океанов, перикратонные – отделяющие геосинклинали от платформ, внутригеосинклинали – отделяющие геосинклинали системы от срединных массивов, межглыбовые – расчленяющие платформы и геосинклинали на многочисленные отдельные глыбы.

За основу классификации часто принимается кинематическая природа разломов. Существуют также классификации, включающие несколько критериев и соответственно более полно отражающие специфику разломов. К примеру, А.М. Суворов [13] подразделяет разломы по периодам развития, проявлению, тектоническому положению, глубинности, кинематическому типу и связи с магматизмом.

Прямым доводом глубинности разломов являются определения гипоцентров связанных с ними землетрясений, т. к. поверхность, определяемая расположением гипоцентров землетрясений, является областью глубинного разлома, по которому происходит разрядка возникающих в подкоровом слое напряжений. К настоящему времени известны землетрясения с гипоцентрами, расположенными на глубинах до 600 км [19]. В результате это позволило сделать следующие выводы: «...глубинные разломы обладают важным свойством – большой глубиной заложения, обуславливающей их проникновение в зоны высоких температур и больших давлений; подкоровый субстрат реагирует на напряжения как твердое тело и пластичность пород не столь значительна, чтобы препятствовать движению по ослабленным зонам газов и растворов в верхние слои земной коры...» [1, 8, 14, 19 и др.].

Необходимо отметить, что открытие и признание разломов различного кинематического типа открыло поле деятельности для возможных объяснений основных процессов формирования земной коры – складкообразования, магматизма, рудообразования.

С признанием горизонтальных и вертикальных движений по глубинным разломам проблема унаследованного и наложенного развития тектонических структур получила новое развитие. Становится очевидным, что «наложенные» структуры возникают в результате чередования развития, как по вертикали, так и по горизонтали.

К началу 80-х гг. наряду с традиционно сложившимся кругом вопросов в изучении разломов (кинематика, динамика развития, реологические преобразования и др.) стал вопрос о внутреннем строении разломов как сложно построенных объемных геологических структур. Становится определяющим мнение, что разломы являются структурными элементами общепланетарного характера, которые оказывают влияние на морфологию и развитие всех структур земной коры. «...С ними связаны заложения геосинклиналей, они являются граничными зонами платформ и орогенных областей...» [19]. Глубинные разломы контролируют магматизм, с ними связаны рудные пояса и зоны нефтегазонакопления, к ним приурочены зоны разрядки тектонических напряжений в земной коре и верхней мантии.

Изученность разломов Терско-Каспийского прогиба

Вопросы, связанные с характером распространения глубинных разломов, влиянием их на тектонические особенности фундамента и осадочного чехла, а также на формирование скоплений нефти и газа в пределах Предкавказья, нашли свое отражение в работах В.В. Белоусова, Г.Д. Ажгирея, М.Ф. Мирчинка, М.В. Муратова, Б.Г. Сократова, Н.Ю. Успенской, А.И. Летавина, Б.К. Лотиева, М.Н. Смирновой, Ю.А. Стерленко, Р.С. Безбородова и др. [3, 4, 6, 7, 9-11, 17, 19, 27 и др.].

В пределах Северного Кавказа, на первом этапе исследований, были выделены глубинные разломы субширотного простирания – Пшекиш-Тырныаузский, Срединный (Г.Д. Ажгирей), Черногорский (М.Н. Смирнова) и другие [1, 24]. В дальнейшем различными исследованиями был выделен ряд разно-ориентированных (субширотного, субмеридионального и северо-западного направлений) глубинных разломов. Образование надразломных антиклинорий, в частности Сунженской над восточной частью Пшекиш-Тырныаузским глубинным разломом, объясняется тангенциальным сжатием пород в передовом прогибе и поступлением повышенного теплового потока по зоне глубинного разлома. Так Г.Д. Ажгиреем были выделены также еще два глубинных разлома, расположенных субпараллельно Пшекиш-Тырныаузскому. Это Южный глубинный разлом, расположенный в 40 км южнее Пшекиш-Тырныаузского разлома и Хасаутский, находящийся в 30 км севернее Пшекиш-Тырныаузского разлома [20]. На основе анализа особенностей геологического строения зон глубинных разломов им была отмечена разновозрастность активизации глубинных разломов.

В 1963 г. Е.Е. Милановский и В.Е. Хаин составили схему расположения глубинных разломов Кавказа (рис. 1). На схеме выделены разломы двух направлений – продольного общекавказского и поперечного антикавказского. Продольные разломы имеют субширотное или восточно-юго-восточное направление, а поперечные – долготное, северо-северо-западное направление.

В 1966 г. М.Н. Смирнова, В.А. Станулис и Т.В. Яковлева на основе анализа геолого-геофизических материалов и данных по сейсмичности региона выявили три системы глубинных разломов: разломы северо-западного простирания докембрийского возраста; разломы антикавказской ориентировки герцинского возраста и разломы субширотного направления альпийского возраста (рис. 2) [23-25].

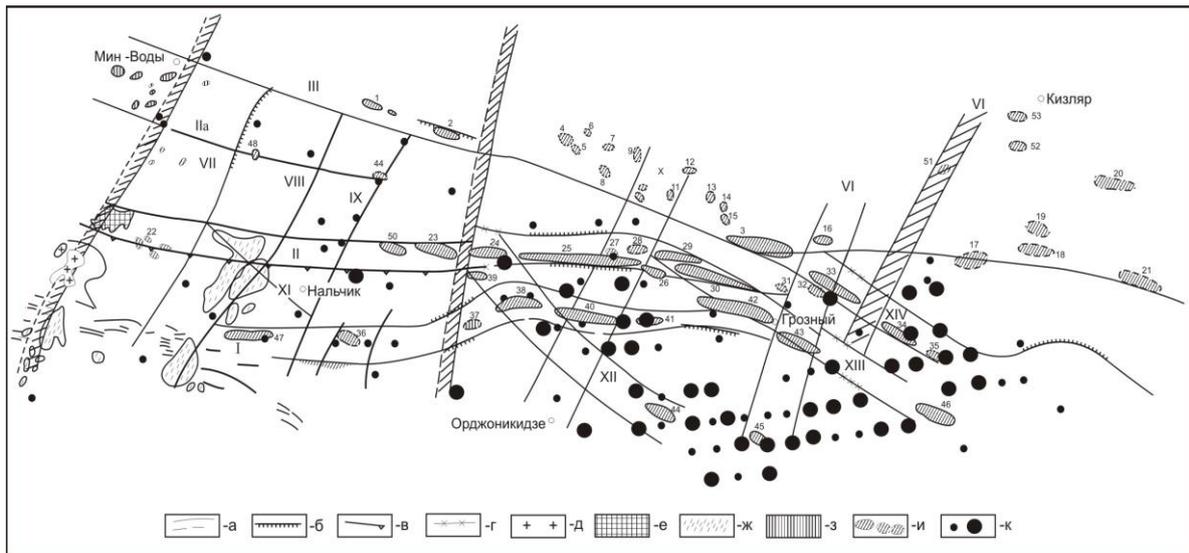
Касаясь механизма формирования складчатой структуры Терско-Каспийского прогиба (ТКП) в этот период у исследователей сложились разные точки зрения. Одни исследователи придавали решающее значение тангенциальным движениям, другие – вертикальным движениям блоков фундамента по глубинным разломам.

В это же время на основе анализа данных глубокого бурения и геофизических материалов по ряду площадей ТКП В.Д. Талалаевым и др. было отмечено «... о сложном строении структур Терской и Сунженской антиклинальных зон по мезозойским отложениям, формирование которых невозможно объяснить только воздействием вертикальных движений блоков фундамента ...» [27]. В то время сложилось представление о том, что тектонические структуры надвигового строения ТКП образовались в результате сочетания вертикальных и тангенциальных движений.

ным зонам – системам сближенных разломов, сливающихся на глубине в тектонические швы [5, 8-12, 25].

В последующем сейсморазведочными работами МОВ ОГТ, дистанционными и геодиническими исследованиями было установлено сложное разломно-блоковое строение мезозойских отложений также в глубокопогруженных синклиналиных зонах (Петропавловская, Чеченская и Осетинская впадины).

Использование дистанционных методов при изучении дизъюнктивных нарушений и зон разломов позволило В.Д. Скарятину и др., установить в пределах ТКП разноориентированные линеаменты. В целом разломно-блоковая структура ТКП по данным дешифрирования космоснимков отмечается более густой сетью линеаментов и, соответственно, множеством разломов небольших размеров.



Условные обозначения: а – разломы, установленные по геологическим данным, достоверные и предполагаемые; б – разломы по данным гравиметрии; в – разломы по данным магнитометрии; г – разломы по данным глубинного сейсмического зондирования; д – граниты; е – серпентиниты; ж – липарито-дацитовые лавы и их туфы; з – граносиенит – порфиры; и – локальные поднятия, доказанные бурением, выявленные геофизикой, предполагаемые (по данным Н.М. Белоусова, В.Д. Талалаева и др.); к – эпицентры землетрясений: единичные и неоднократные.

Глубинные разломы и шовные зоны продольные, общекавказской ориентировки: I. Пшекиш-Тырныаузская шовная зона; II. Срединная; IIa. Черкесский разлом; III. Краевой разлом.

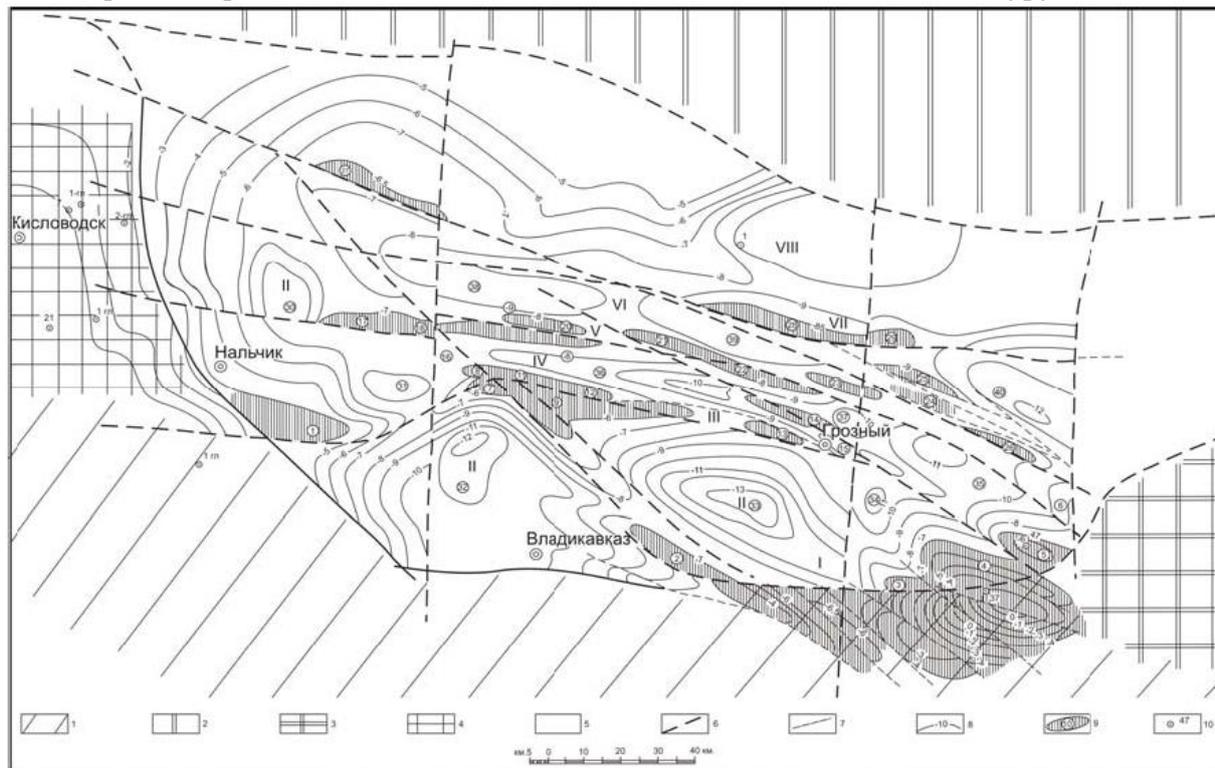
Поперечные антикавказской ориентировки: IV. Малкинская шовная зона; V. Ардонская; VI. Аргунская; VII. Баксанский разлом; VIII. Чегемский разлом; IX. Черекский разлом; X. Цхинвальско-Казбекская зона разломов.

Диагональные: XI. Нальчикский разлом; XII. Датыхско-Ахловская зона разломов; XIII. Бенойско-Эльдаровская; XIV. Гудермесско-Моздокская.

Рис. 2. Схема глубинных разломов ТКП. (Смирнова М.Н., Яковлева Т.Б., Станулис В.А., 1966).

Было установлено, что Терскому и Сунженскому глубинным разломам соответствует один крупный линеамент субширотного простирания и несколько линеаментов меньших размеров. Отмечено, что северо-восточно ориентированному Аргунскому разлому соответствует ряд линеаментов, простирающихся в том же направлении. Краевой разлом субширотного простирания и Бенойско-Эльдаровский разлом северо-западного простирания пространственно совпадают с Червленско-Бурунным и Беной-Эльдаровским линеаментами. Кроме того, выделено еще несколько линеаментов, ориентированных в северо-западном направлении. С Черногорским разломом совпадает линеамент субширотного простирания, располагающийся к западу от

Датыхской структуры. Наиболее крупные и четко проявляющиеся кольцевые структуры установлены в районах расположения Малгобекской, Бенойской, Датыхской и Бурунной площадей.



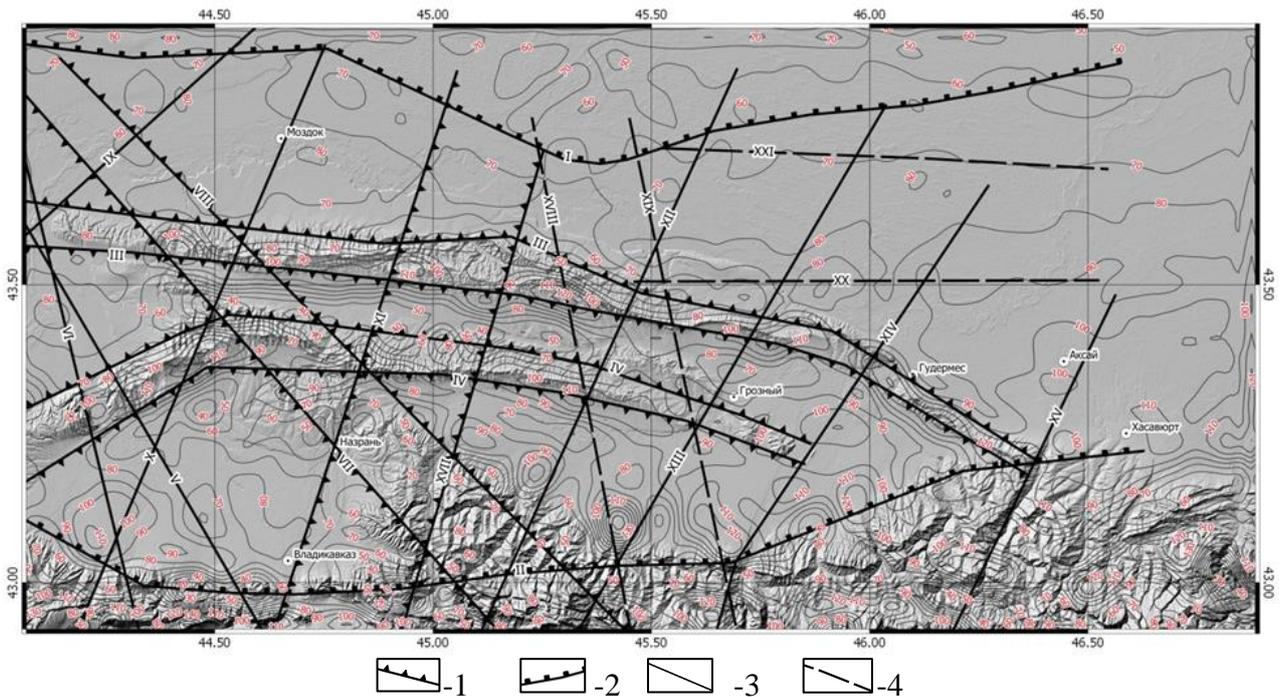
Условные обозначения: 1 – складчатое сооружение Большого Кавказа, 2 – эпигерцинская Скифская плита, 3 – Дагестанский «клин», 4 – Минераловодский массив, 5 – Терский прогиб, 6 – основные глубинные разломы, 7 – Второстепенные тектонические разрывы, 8 – изогипсы поверхности доюрского основания (фундамента), 9 – приподнятые блоки фундамента, 10 – скважины, вскрывшие палеозойский фундамент.

Рис. 3. Схема тектонического районирования ТКП по поверхности доюрского основания (По материалам Аджирея Г.Д., Милановского Е.Е., Станулиса В.А., Смирновой М.Н., Талалаева В.Д. и др., 1981).

К настоящему времени по проблеме изученности разломов накоплен большой объем геолого-геофизических данных. Однако необходимо отметить, что изученность отдельных разломов весьма неравномерна. До настоящего времени глубинное строение центральной части прогиба изучено глубинным сейсмическим зондированием по двум профилям: Степное-Бакуриани и Волгоград-Нахичевань проходящим по западной и восточной окраине и профилем МОВЗ Датых – Бурунная, что совершенно недостаточно для изученности глубинного строения территории. С этой целью авторами был выполнен комплексный анализ геолого-геофизических материалов. Обобщен значительный объем геологических данных в южной части ТКП, где разломы получили наибольшее выражение в геологическом строении и морфологии рельефа. А для остальной территории трассирования разломов было выполнено путем трансформации гравитационного поля с вычислением вторых и третьих производных. Данный метод позволяет выделить разломы на границе между двумя разнородными блоками, имеющими разную плотность, а также разломы в структуре которых находятся породы аномальной плотности. Как показывают модельные расчёты и практика, большинство объектов геолого-геофизических поисков таких как: границы геологических образований, структур, рудных тел, тектонических нарушений и т.д., – являются зонами нарушения стационарности геофизических полей. Учитывая эту особенность, выделение основных глубинных структурных элементов было произведе-

но путем разделения наблюдаемого гравитационного поля на составляющие с различной геологической природой, в результате чего были составлены карты локальных аномалий по своей глубинной характеристике отражающие влияние как мезокайнозойских, так и палеозойских структурных элементов. Для обоснования положения разломов авторами привлечен обширный материал данных бурения, сейсмичности и эндодинамике прогиба.

Выявленные линеаментные зоны в большинстве своем соответствуют известным глубинным разломам. Анализ линеаментных зон, не имеющих разломных аналогов, по-видимому, также обусловлена глубинными процессами, возможно не нашедшими отражения в результатах прежних геолого-геофизических исследований вследствие меньших масштабов проявления.



Условные обозначения: 1 – разломы I порядка границы ТКП; 2 – разломы II порядка (шовные зоны); 3 – глубинные разломы; 4 – предполагаемые. Разломы: I – Краевой; II – Черногорский; III – Терский; IV – Сунженский; V – Урухский; VI – Алагирский; VII – Даттыхско-Ахловский; VIII – Мартановский; IX – Черекский; X – Ардонский; XI – Гизельдонский; XII – Ассинский; XIII – Гехинский; XIV – Аргунский; XV – Аксайский; XVI – Акташский; XVII – Алкунский; XVIII – Самашкинский; XIX – Гойтинский; XX – Шелковской; XXI – Ногайский.

Рис. 4. Карта разломов центральной части Терско-Каспийского прогиба в М1:200 000, с изолиниями W_{zzz}

Заключение

Длительная история развития и сложные сочетания различных генераций глубинных разломов определили блоковое строение Терско-Сунженского прогиба и обусловили резкорасчлененный структурный план палеозойского и вышележащих структурных этажей. Необходимо отметить, что роль разломов в формировании структурного плана территории различна, что обусловлено не только интервалами их активизации в определенные интервалы геологического времени но и динамическими особенностями конкретных разломов. Это создает впечатление локальности (фрагментарности).

Выявленные линеаментные зоны в большинстве своем соответствуют известным глубинным разломам а линеаментные зоны не имеющие разломных аналогов, по-видимому, также обу-

словлена глубинными процессами, возможно не нашедшими отражения в результатах прежних геолого-геофизических исследований либо вследствие меньших масштабов проявления.

Конечно, в изучении разломной тектоники ТКП и в целом Восточного Предкавказья существует много вопросов, остаются дискуссионными: разграничение разломов по глубине и другим геометрических параметрам, оценка динамического влияния разломов на окружающие его структуры и др. Однако ясно одно, что процессы образования и развития разломов являются производными двух процессов одновременно. С одной стороны, длительной геологической жизни и геологических процессов и преобразований, а с другой – как производные физического процесса разрушения пород земной коры. Оба процесса – геологический и физический – при формировании разломов тесным образом переплетаются, взаимно влияя на определенные или иные геологические преобразования.

Усилиями исследователей Геофизического института ВНИИ ГРНЦ РАН, г.Владикавказ (Заалишвили В.Б. и др.), Института геологии ДНЦ РАН, г.Махачкала (Черкашин В.И. и др.) последнее время был внесен значительный вклад в знания о глубинном геологическом строении, соответственно по западной и восточным частям ТКП, в том числе и по разломной тектоники. Накопленный к настоящему времени большой объем данных позволяет приступить к созданию современной (относительно крупномасштабной) общей карты разломной тектоники ТКП и других тектонических зон Северного Кавказа. Однако существует ряд вопросов, требующий унификации подходов к изучению разломов и систематики разломов. Для этого было бы целесообразно проведение совещания и возможно создание постоянно действующей комиссии для организации такой работы, включающей ученых и специалистов научных центров Владикавказа, Грозный, Махачкалы, Москвы и др.

Литература

1. Ажгирей Г.Д.К вопросу о главных этапах тектонической и магматической истории Большого Кавказа // Вестник МГУ. Сер. 4, Геология. 1981. № 4. С. 3-14.
2. Апродов В.А. Структурно-геотектоническая классификация глубинных разломов // Глубинные разломы / Под ред. Ю.К. Дзеваневского. М.: Недра, 1964. С. 5–25.
3. Белоусов В.В. Общая геотектоника. М.: Госгеоллиздат, 1948. 452 с.
4. Брюсов Б.А. Глубинное строение Кавказа и Предкавказья по геофизическим данным // Геология СССР. Т. 9. Северный Кавказ. М.: Недра, 1963. С. 650-657.
5. Буньков М.С. Развитие структурных форм Терско-Сунженской области // Труды Комплексной южной геологической экспедиции. Вып. 6. Геология и нефтегазоносность юга России. Ленинград: ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1961. С. 5-103.
6. Гайсумов М.Я., Бадаев С.В. Глубинное строение Терско-Каспийского прогиба по геофизическим данным // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том VIII. М.: ИИЕТ РАН, 2018. С. 252-260.
7. Геологическое развитие и становление современной структуры Терско-Каспийского передового прогиба / Короновский Н.В., Гушин А.И., Никитин М.Ю. и др. // Тектоника орогенных сооружений Кавказа и средней Азии. М.: Наука, 1990. С. 4-35.
8. Геофизический и геологический аспекты проблемы глубинных разломов / Борисов А.А., Суворов А.И., Каленик В.Н. // Докл. АН СССР. Т. 241. Л., 1978. С. 657–660.
9. Глубинные геофизические исследования в Северо-Кавказском федеральном округе: проблемы глубинной геологии и геофизики в региональных исследованиях. О зоне предполагаемого Ардонско-межглыбового разлома / В.Б. Заалишвили, Н.И. Невская, Л.Н. Невский и др. // Геология и геофизика Юга России, 2012. № 2. С. 11-20.
10. Керимов И.А., Бадаев С.В. Сейсмичность и сейсмический режим территории Восточного Предкавказья // Известия КБНЦ РАН, 2014. №1(57). С. 38-45.
11. Керимов И.А., Гайсумов М.Я. Сейсмичность и современная геодинамика территории Чеченской Республики // Материалы II-ой Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» Грозный, 2012. С. 43-64.

12. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Абубакарова Э.А. Геофизические поля и разломная тектоника Терско-Каспийского прогиба // Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. Пятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича, 06-10 июля 2009 г. Материалы конференции. Екатеринбург, 2009. С. 226-230.
13. Колмогорова В.Г., Колмогорова П.П. О классификации разломов (по данным о современных движениях земной поверхности) // Современные движения земной коры. Морфоструктуры, разломы, сейсмичность. М.: Наука, 1987. С. 102–106.
14. Косыгин Ю.А., Забродин В.Ю., Коноваленко А.А. и др. Понятие «глубинный разлом» и проблемы систематики глубинных разломов // Геотектоника, 1977. № 3. С. 106–112.
15. Красный Л.И. Проблемы тектонической систематики. М.: Недра, 1977. 175 с.
16. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Наука, 1968. 499 с.
17. Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики / Под ред. Керимова И.А., Аксенова Е.М. Грозный: Грозненский рабочий, 2015. 512 с.
18. Муди Дж., Хилл М. Сдвиговая тектоника // Вопросы современной зарубежной тектоники. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1960. С. 265–342.
19. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра, 1988. 491 с.
20. Общая геология / Ред. Г.Д. Ажгирей и др. М.: Просвещение, 1974. 479 с.
21. Пейве А.В. Главнейшие типы глубинных разломов. Общая характеристика, классификация и пространственное расположение глубинных разломов // Докл. АН СССР. Сер. геологич. Вып. 156. № 1. С. 90–105.
22. Пейве А.В. Разломы и тектонические движения // Геотектоника, 1967. № 5. С. 8–24.
23. Развитие представлений о разломной тектонике Терско-Каспийского прогиба / И.А. Керимов, М.Я. Гайсумов, А.А. Даукаев и др. // Вестник Академии наук Чеченской Республики, 2010. № 1(12). С. 63-74.
24. Смирнова М.Н. О внутреннем строении доюрского основания Терско-Каспийского прогиба // Изв. вузов. Геология и разведка, 1974. № 3. С. 10-18.
25. Станулис В.А., Хлуднев В.Ф. Некоторые проблемные вопросы геологии и нефтеносности Терско-Сунженского района (Северный Кавказ, Терско-Каспийский краевой прогиб) // Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. М.: Наука, 1987. С. 246-254.
26. Суворов А.И. Глубинные разломы платформ и геосинклиналей. М.: Недра, 1973. 216 с.
27. Талалаев В.Д., Аветисянц С.А. К вопросу о тектонике Терско-Каспийского передового прогиба // Труды СевКавНИПИнефть. Вып. 23, 1976. С. 39–44.
28. Хаин В.Е. Глубинные разломы: основные признаки, принципы классификации и значение в развитии земной коры (исторический обзор) // Изв. вузов. Геология и разведка, № 3, 1963.
29. Черкашин В.И., К.А. Сабанаев, Гаврилов Ю.О., Панов Д.И. Тектоническая карта Дагестана в М 1:500 000. Объяснительная записка / Под ред. Леонова Д.И. Махачкала: ИГ ДНЦ РАН, 2012. 129 с.
30. Шатский Н.С. О структурных связях платформ со складчатыми геосинклинальными областями. Сравнительная тектоника древних платформ // Изв. АН СССР, Сер. Геол. 1947. Вып. 5. С. 37–56.

УДК 551.24

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-15-22

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОТЕКТОНИКА И СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕРРИТОРИИ
ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА ЗА ПЕРИОД с 1960 по 2021 гг.Магомедов Р.А., Мусаев М.А.
Институт геологии ДФИЦ РАН

Проведен анализ современного сейсмического режима северо-восточного сегмента Восточного Кавказа с учетом особенностей региональной геотектоники. По результатам проведенных исследований выявлено что, наиболее вероятными местами возникновения сильных землетрясений являются зоны пересечений субкавказских и поперечных к ним разломов - так называемые «дизъюнктивные узлы». Рассчитаны сейсмическая активность, наклон графика повторяемости и построены карты эпицентров землетрясений для исследуемой территории.

Ключевые слова: региональная геотектоника, сеймотектоника, сейсмичность, сейсмическая опасность, сейсмическая активность, разломы, график повторяемости землетрясений.

REGIONAL GEOTECTONICS AND SEISMIC REGIME OF THE TERRITORY OF THE EASTERN CAUCASUS FOR THE PERIOD from 1960 to 2021

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

The analysis of the current seismic regime of the north-eastern segment of the Eastern Caucasus, taking into account the peculiarities of regional geotectonics, is carried out. According to the results of the conducted studies, it was revealed that the most likely places of occurrence of strong earthquakes are the zones of intersections of Subcaucasian and transverse faults - the so-called "disjunctive nodes". Seismic activity, the slope of the recurrence graph are calculated and maps of earthquake epicenters for the studied area are constructed.

Keywords: regional geotectonics, seismotectonics, seismicity, seismic hazard, seismic activity, faults, earthquake recurrence schedule.

Современная геотектоническая ситуация на Восточном Кавказе - результат взаимодействия на конвергентной границе континентальных литосферных плит сопровождающихся расслаиванием и сложной деформацией в верхней части литосферы (рис. 1 и 2) и дальнейшего эволюционного развития региона в крупных фазах складчатости: Предолигоценной (*Пиренейской*), Предакчагыльской (*Ронской, Кобринской*) и Предплейстоценовой (*Восточно-Кавказской*) (Короновский, 1994; Милановский, 1963, 1968; Хаин, 1963, 1973; Гаврилов Ю.О., 2005; Казьмин, Сборщиков, 1989; Магомедов, 2017 и др.).

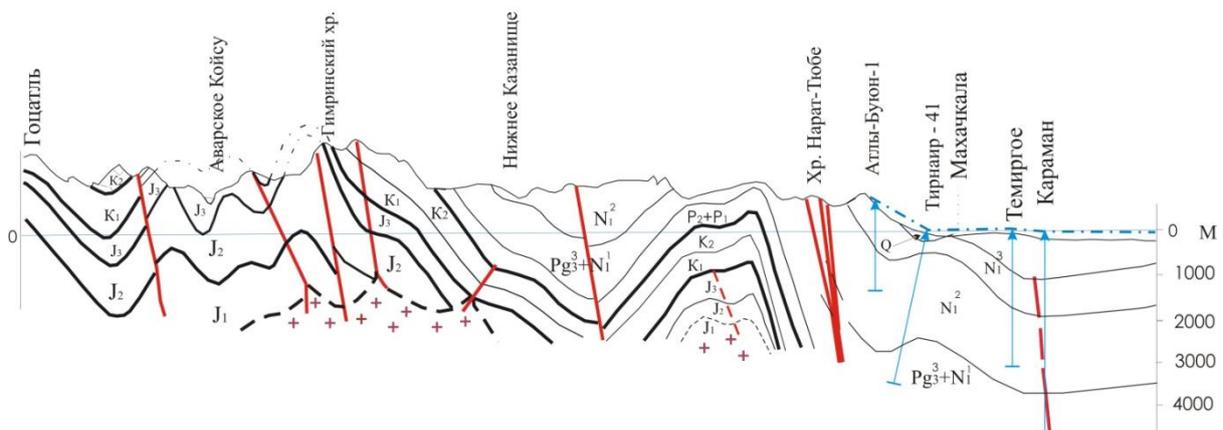


Рис. 1. Геологический разрез через Дагестанский сегмент Восточного Кавказа (по [15])

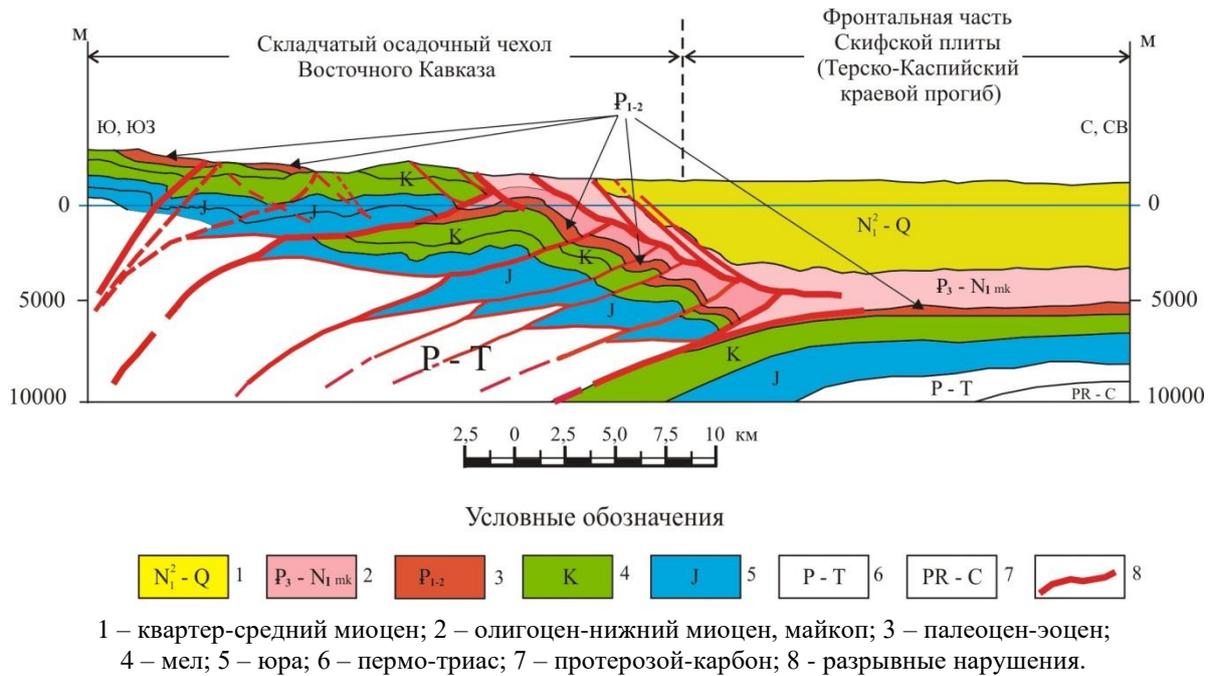


Рис. 2. Зона коллизии Восточного Кавказа со Скифской плитой - модель сочленения складчатого сооружения Восточного Кавказа со Скифской плитой (по [16] с дополнениями в 2020 г.).

Характер протекания тектонических процессов, частным проявлением которых является сейсмичность, практически неизменен в сравнительно короткие отрезки времени имеющейся сейсмостатистики. А с периодом инструментальной регистрации в десятки или сотню лет - тем более. В связи с этим допускают, что существует некий долговременный средний сейсмический режим, отображающий в геологическом масштабе времени современный момент и зависящий только от места в пространстве, а не от времени (Джибладзе, 1980). За эти промежутки времени может увеличиваться и уменьшаться активность, однако общие средние характеристики сейсмического процесса данной территории не должны сильно меняться, их условно считают приближенно постоянными. Это считается основной предпосылкой возможности сейсмораионирования (Джибладзе, 1980).

Сложное геолого-тектоническое строение Восточного Кавказа (Ажгирей, 1960; Брод, 1938; Буторин, Галин, 1972; Гаврилов Ю.О., 2005; Короновский, 1994; Милановский, 1963, 1968; Хаин, 1963, 1973, 1984, 2003, 2007; Казьмин, Сборщиков, 1989; Краснопевцева и др., 1966; Соборнов, 1991; Скарятин, 1973; Маркус, 1986; Магомедов, 2014, 2017 и др.) отражается, соответствующим образом, и на сейсмическом режиме. Сейсмический режим усложняется еще и тем, что исследуемый регион расположен в зоне сочленения крупных блоков земной коры с разнотипными мощностями его консолидированного комплекса. Здесь выделяются три системы разломов различного простирания: продольного (общекавказского), поперечного (северо-восточного) и диагонального (северо-западного). Пшекыш-Тырныузский разлом является самым сейсмоактивным в регионе в современный период. Из поперечных разломов в смысле оценки сейсмической опасности региона следует выделить Зурамакентский, Пираузский, Какюртовский Чиркей-Экибулакский, Ахатлы-Кумторкалинский и Искандерон-Махачкалинский разломы.

Наибольшая тектоническая и сейсмическая активность наблюдается в районе пересечения современной активной зоны (к западу от г. Махачкала) с Черногорским, Пшекыш-Тырныузским и Срединным разломами во фронтальной части Дагестанского выступа, подтвержденная долговременной сейсмической активностью.

Как известно, в сейсмическом режиме любого региона дизъюнктивные нарушения в фундаменте и осадочном чехле играют одну из определяющих ролей. Об активизации современных геодинамических процессов, выраженной в усилении горизонтального тектонического напряжения земной коры, свидетельствуют результаты высокоточных линейно-угловых геодезических измерений, проводившихся в 1991 г. (Касьянова и др., 1995). Установлено относительное смещение в плане на северо-восток восточной части Дагестанского выступа, а величина средних скоростей горизонтальных перемещений геодезических пунктов за 24-летний период (1967-1991 гг.) достигает 2 см/год. Дагестанский выступ (особенно его северо-восточная часть) характеризуется и высокими скоростями современного подъема земной поверхности. В то же время Приморская равнина, являющаяся, собственно, побережьем Каспийского моря, испытывает на большей площади погружение. Современные скорости вертикальных опусканий здесь варьируют в пределах 2-5 мм/год (Карта современных ..., 1973, 1989). Следует отметить, что указанные значения скоростей несколько занижены, так как они усредняются за весьма длительный период, а это приводит к недоучету знакопеременной направленности движений.

За 1979-1987 гг. средние скорости современных вертикальных движений земной поверхности по Терско-Сунженской антиклинальной зоне составили 4-8 мм/год, в то время как по данным инструментальных наблюдений только за шесть месяцев 1979 г. – 30-60 мм/год (Сидоров, Кузьмин, 1989). Такой знакопеременный режим движения земной поверхности отдельных участков побережья Каспийского моря обусловлен, по-видимому, пространственно-волновым характером передачи тектонических напряжений. Результаты нивелировок земной поверхности в 1914, 1936, 1949, 1972, 1989 гг., проведенных вдоль западного побережья Каспийского моря, свидетельствуют о подобном волновом характере движений земной коры с периодичностью – 10-20 лет и более (Синягина, Орленка, 1959; Сидоров, Кузьмин, 1989; Шило, 1989).

Восточный Кавказ характеризуется самой высокой сейсмической активностью в европейской части России. В течение последних 50 лет инструментальным путем здесь зарегистрировано довольно много сильных землетрясений. Усиление сейсмической активности подтверждено землетрясениями: Дагестанским – 14.05.1970 г. (8 - 9 баллов); Салатауским – 23.12.1974 г. (7 баллов); Буйнакским – 9.01.1975 г. с силой в эпицентре равной 8 баллам; Кумторкалинскими (31.01.1999 г. с силой в 7 баллов, 21.02. и 15.04.1999 г. с силой в 6-7 баллов); Закаталинскими (Грузия) – 7.05.2012 г. с силой 7-8 баллов, 29.06.2014 г. с силой 8 баллов, 05.06.2018 с силой в эпицентре 8 баллов; в окрестности г. Лагодехи – землетрясением 14.10.2012 г. с силой 7-8 баллов; в окрестности г. Шеки (Азербайджан) – землетрясением 04.09.2015 г. с силой 8 баллов и многими другими.

По свидетельству данных сводного Каталога сильных землетрясений, составленного по совокупности исторических и инструментальных данных, еще в древние времена, в пределах исследуемой территории происходили сильные землетрясения. Из них достоверно известны и досконально описаны следующие землетрясения: Северо-Восточный Дагестан – 04.12.1830 г. J = 8 – 9 баллов, Хучни – 02.04.1952 г. J = 8 – 9 баллов. Макросейсмические данные о сильных землетрясениях региона имеются с VII века нашей эры (Левкович и др., 1977). По описаниям они отражают последствия сильных и разрушительных землетрясений.

Для исследования современного сейсмического режима Восточного Кавказа нами проведен анализ каталога землетрясений Единой геофизической службы РАН (ЕГС РАН) и каталога землетрясений Дагестанского отделения ЕГС РАН с 1960 по 2021 гг. По результатам анализа составлены карты эпицентров землетрясений (рис. 3 и 4), для составления которых использовались данные землетрясений, произошедших на территории площадью около 73.5 тыс. км² (координаты: С.Ш. 41°00' - 44°00'; В.Д. 45°30' - 48°30').

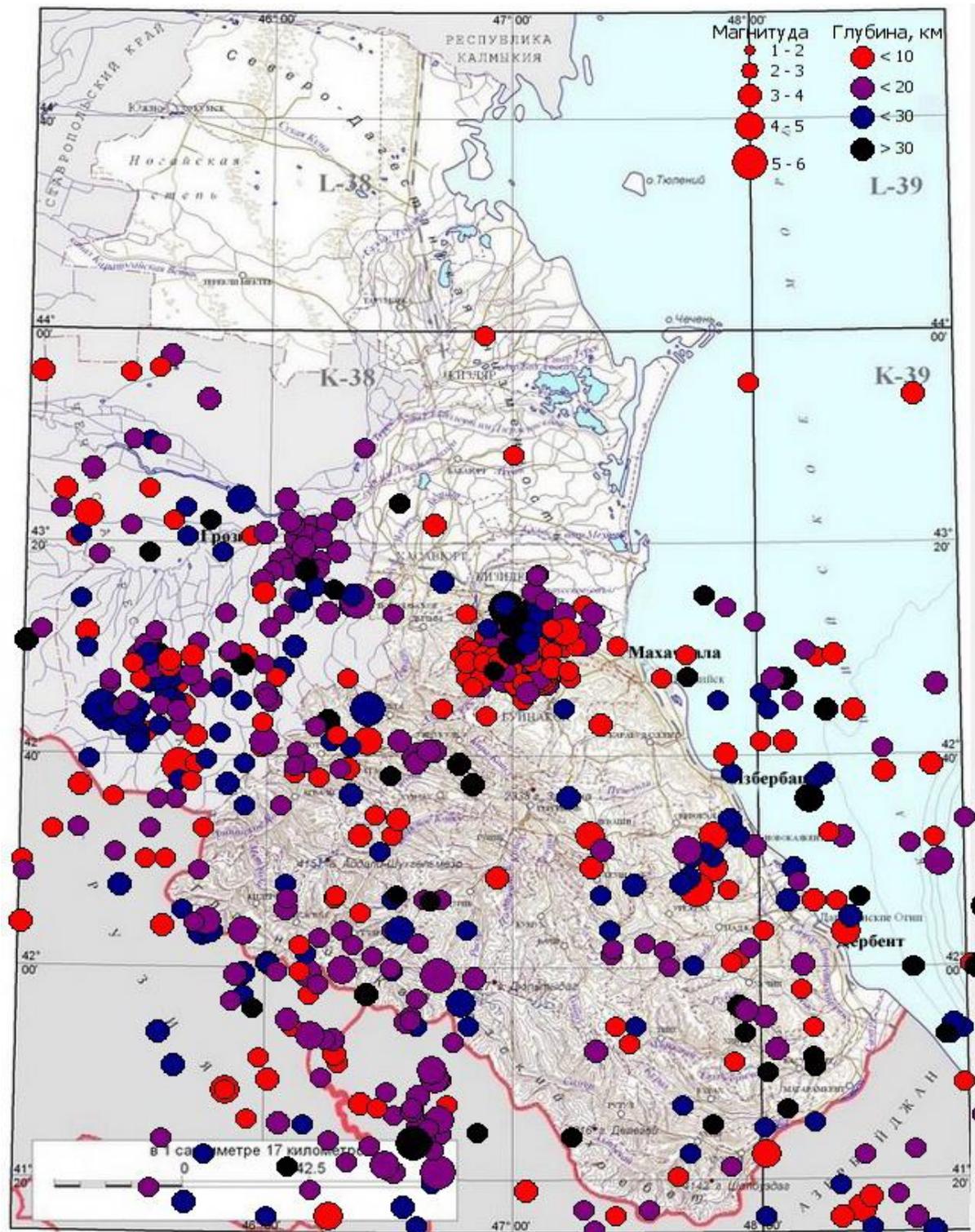
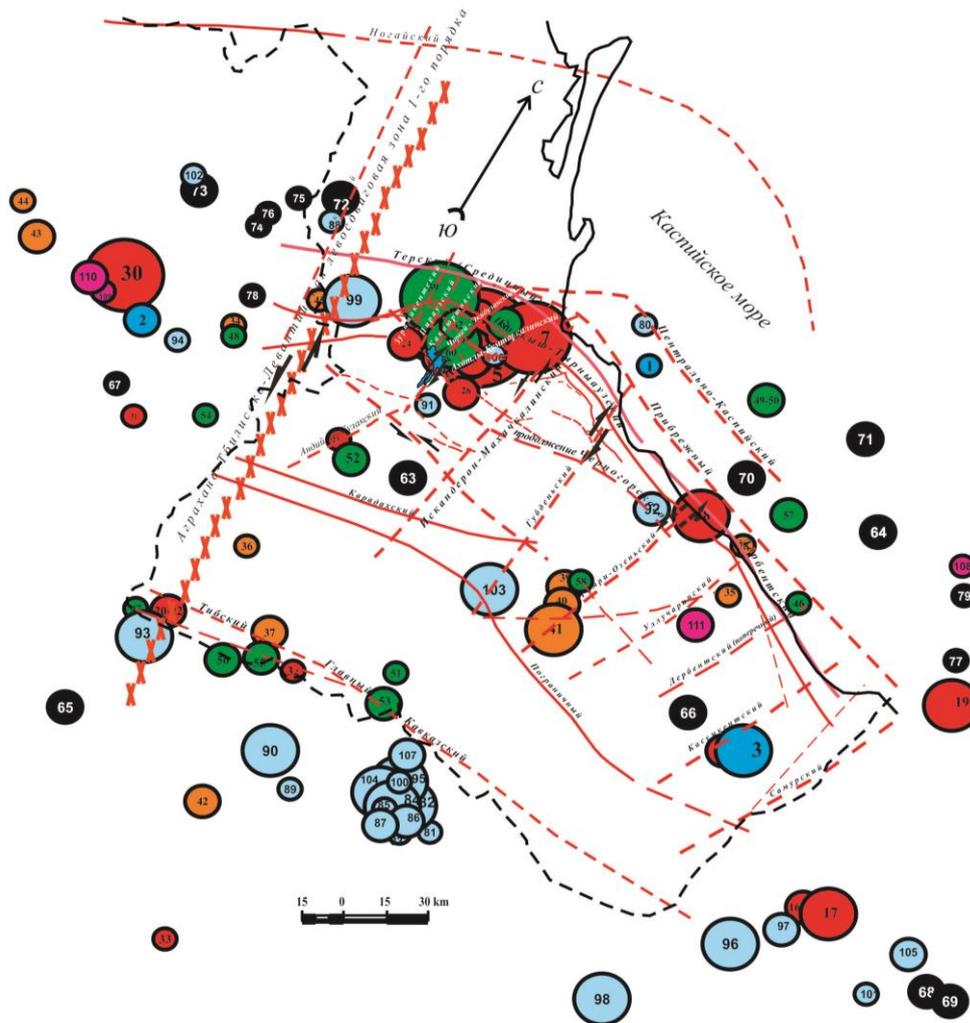
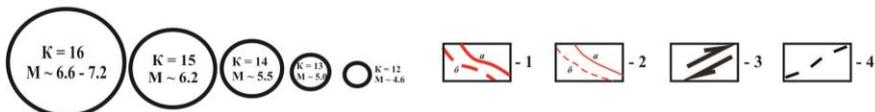


Рис. 3. Карта пространственного распределения эпицентров землетрясений с $K \geq 11$, произошедших на территории С-В сегмента Восточного Кавказа за период 1970–2020 гг. (по М.А. Мусаеву, Махачкала 2020 г.).



Условные обозначения

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



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

Рис. 4. Распределение эпицентров сильных землетрясений с $M \geq 5$ на территории С-В сегмента Восточного Кавказа за период 1960-2021 гг. (по Р.А. Магомедову, Махачкала 2021 г.).

Распределение эпицентров землетрясений по площади региона – неравномерное. Оно отражает, как было отмечено выше, сложное геолого-тектоническое строение региона с разнотипными мощностями его консолидированного комплекса. Наибольшая их концентрация наблюдается в зонах пересечений субкавказских и поперечных к ним разломах.

Расчет сейсмической активности для региона выполнен за период 1970-2020 гг. (рис. 5).

Закон повторяемости землетрясений изучен почти для всех сейсмоактивных регионов и районов. Наклон графика в его прямолинейной части приблизительно одинаков почти для всех сейсмоактивных регионов и составляет в среднем около $0,5 \pm 0,1$. При построении графиков повторяемости землетрясений из каталогов выбираются данные о числе самостоятельных земле-

трясений разных энергетических классов $K \pm 0,5$. График повторяемости строят, как методом распределения, так и суммирования (Ризниченко, 1979; Методы детального изуч. ..., 1960; Мусаев, 2021). Для исследуемого региона наклон графика повторяемости получился равным $\gamma = 0.56$ (таблица 1, рис. 6).

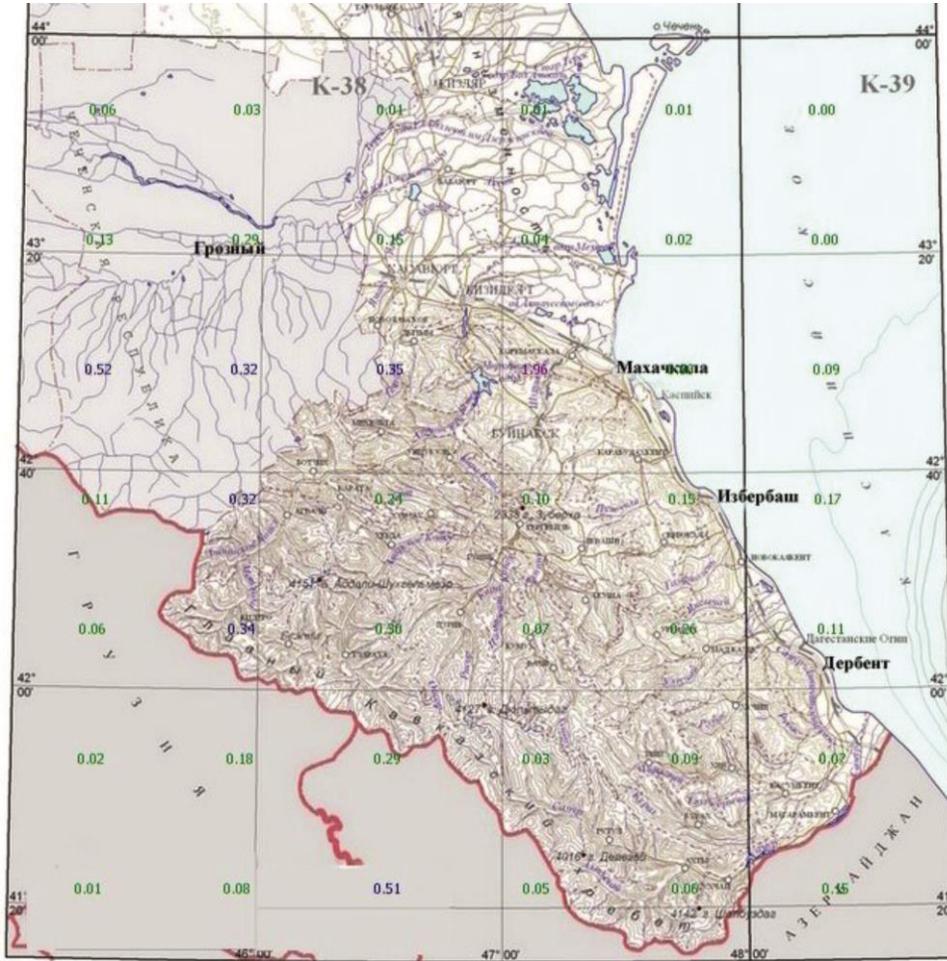


Рис. 5. Карта сейсмической активности A_{10} С-В сегмента Восточного Кавказа

Таблица 1

N	634	187	47	22	3	1
K	11	12	13	14	15	16
Log N	2,802089	2,271842	1,672098	1,342423	0,477121	0

Карта эпицентров землетрясений за короткие промежутки времени, ввиду большой изменчивости сейсмического процесса, не может непосредственно служить надежной характеристикой сейсмичности рассматриваемого района. Трудность количественной оценки сейсмичности, той или иной территории, заключается в том, что сейсмический процесс представляет собой сочетание непрерывного накопления упругих напряжений в земной коре и верхней части мантии и дискретного процесса их сбрасывания. Поэтому наиболее важной характеристикой сейсмического поля были бы количественные показатели напряжения и прочности, дающие нам представление о вероятности возникновения землетрясений. Однако, пока характеристикой напряженного состояния геосреды остается распределение землетрясений в ней.

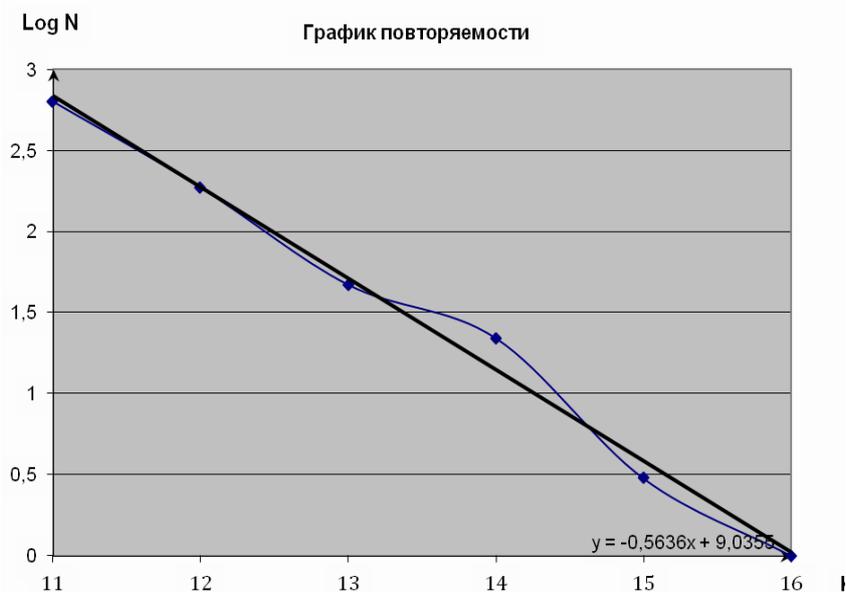


Рис. 6. График повторяемости для С-В сегмента Восточного Кавказа

Заключение

В результате проведенных исследований выявлено что, наиболее вероятными местами возникновения сильных землетрясений являются зоны пересечений субкавказских и поперечных к ним разломов - так называемые «дизъюнктивные узлы».

Распределение эпицентров землетрясений по площади региона отражает сложное геолого-тектоническое строение региона с разнотипными мощностями его консолидированного комплекса.

Анализ результатов высокоточных линейно-угловых геодезических измерений свидетельствуют о пульсационном продвижении к северу и северо-востоку блоков Восточного Кавказа, вероятно, под влиянием роста аккреционной призмы Большого Кавказа и продвижением Аравийской плиты к северу в региональном деформационном поле.

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

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

Литература

1. Ажгирей Г.Д. О некоторых важных закономерностях тектонического строения и движения Земной коры. Изв. АН СССР, Серия геол., 1960, № 8.- С. 21-36.
2. Брод И.О. Тектоника и нефтеносность Восточного Предкавказья //Сов. геол., т. VIII, 1938, № 7.- С. 3-23.
3. Буторин Г.Д., Галин В.Л. Тектоника передовой складчатой зоны Дагестанского выступа в связи с поисками залежей нефти и газа //Сов. геол., 1972, № 9.- С. 127-133.

4. Гаврилов Ю.О. Динамика формирования юрского туфогенного комплекса Большого Кавказа: стратиграфия, геохимия, постседиментационные преобразования. М.: Геос. 2005. 301 с.
5. Джибладзе Э.А. Энергия землетрясений, сейсмический режим и сейсмотектонические движения Кавказа.- Тбилиси: Мецниереба, 1980. 255 с.
6. Казьмин В.Г., Сборщиков И.М., Геодинамика Кавказа. М.: Наука, 1989. С. 46-54.
7. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М 1: 2500000. М.: ГУГК СССР, 1973.
8. Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территории СССР. М 1 : 5000000. М.: ГУГК СССР, 1989.
9. Касьянова Н.А., Абрамова М.А., Гайрабеков И.Г. О горизонтальных деформациях Восточного Кавказа на основе высокоточных геодезических измерений //Геотектоника. – 1995.- № 2.- С. 86-90.
- 10.Каталог землетрясений Единой геофизической службы РАН и ее Дагестанского отделения www.dbgsras.ru
- 11.Короновский Н.В. Аграхан-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона - важная структура Кавказского региона //Докл. РАН. 1994. Т. 337, № 1.- С.83-89.
- 12.Краснопевцева Г.В. и др. Результаты глубинного сейсмического зондирования земной коры Кавказа. - В кн.: Глубинное строение Кавказа. М.: Наука, 1966.- С. 43-56.
- 13.Левкович Р.А., Магомедов А.М., Асманов О.А. К сейсмическому районированию Дагестанской АССР //Сейсмический режим территории Дагестана. Сб. Ин-та геологии Даг. ФАН СССР. № 1. 1977. Тип. Даг. фил. АН СССР. Махачкала, 1977. С. 31-40.
- 14.Ломизе М.Г., Панов Д.И. Амагматическая начальная фаза субдукции на Крымско-Кавказской окраине Тетиса //Геотектоника. 2001. №4. С. 78-92.
- 15.Магомедов Р.А. Геолого-тектонические условия, геодинамическая позиция и современная сейсмичность Восточного Кавказа //Геология и ресурсы Кавказа. Труды ИГ ДНЦ РАН. Выпуск № 2(69). 2017. С. 13-32.
- 16.Магомедов Р.А. Дизъюнктивная тектоника и современная сейсмичность территории Восточного Кавказа //Отечественная геология, № 3.- 2014.- С. 69-77.
- 17.Маркус М.А. Долгоживущие структуры Восточного Кавказа //Сов. геология. 1986. № 10. С.63–69.
- 18.Методы детального изучения сейсмичности /Буне В.И., Гзовский М.В., Запольский К.К. и др. Тр. Ин-та Физики Земли АН СССР. 1960, №9 (176) с. 327.
- 19.Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М., 1968.- 484 с.
- 20.Милановский Е.Е., Хаин В.Е. Геологическое строение Кавказа. М., Изд-во МГУ, 1963. 240 с.
- 21.Мусаев М.А. Визуализация миграции максимумов сейсмической активности на территории Дагестана с сопредельными территориями за 1971 – 2020 гг. // Тр. ИГ ДНЦ РАН. – 2021. – №1(84). – С. 57–65. DOI:10.33580/2541-9684-2020-84-1-57-65.
- 22.Ризниченко Ю.В. Сейсмическая активность территории СССР. М.: Наука. 1979. 192 с.
- 23.Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О. Современные движения земной коры осадочных бассейнов. М.: ИГИРГИ, 1989. 183 с.
- 24.Синягина М.И., Орленка Л.П. //Геодезия и картография. 1959. № 8.- С. 22.
- 25.Скарятин В.Д. Об изучении разрывной тектоники по комплексу разномасштабных космоснимков Земли (метод многоступенчатой генерализации) //Изв. вузов. Геология и разведка.- 1973.- № 7.- С. 62-67.
- 26.Соборнов К.О. Формирование складчато-надвиговой структуры Дагестанского клина //Геотектоника. 1991. № 3.- С. 34-46.
- 27.Хаин В.Е. Мезозойско-кайнозойские аккреционные комплексы Большого Кавказа. М.: ДАН. 2007. том 413. № 5. С. 661-665.
- 28.Хаин В.Е. Общая геотектоника. М., Недра, 1973. 512 с.
- 29.Хаин В.Е. Региональная геотектоника. Альпийский Средиземноморский пояс. М.: Недра. 1984. 334 с.
- 30.Хаин В.Е. Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. М.: Геос. 2003. Т.2. С. 270-271.
- 31.Шило Н.А. Природа колебаний уровня Каспия //ДАН СССР. 1989. Т. 305. № 2.- С. 412-416.

УДК 551.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-23-34

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН, ПЛОТНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ ГРУНТОВ НА ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Харёбов К.С., Баскаев А.Н., Архиреева И.Г., Макиев В.Д.,
Гогичев Р.Р., Шепелев В.Д., Шманатов Г.В.

Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук,
Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: kosta7x7@yandex.ru

Актуальность работы. Влияние грунтов на параметры проявления сейсмического эффекта является актуальной проблемой. Поэтому представляется важным установить характер зависимости между частотными характеристиками сейсмического воздействия и параметрами, определяющими состояние геологической среды. **Цель исследования.** Продолжение авторами предыдущих исследований, а именно изучение влияния скорости распространения продольных V_p , поперечных V_s волн, отношения V_p/V_s , плотности ρ и сейсмической жесткости ρV_s грунтов на частотные параметры проявления реального сейсмического воздействия вблизи очага землетрясения, при эпицентральной расстоянии менее 50 км. **Методы исследования.** Использовалась японская система K-NET, руководство которой любезно предоставило нам для некоммерческого использования доступ к своим инструментальным трехмерным записям на 1000 станций. Также имеются в наличии данные по свойствам грунтов станций до глубины 20 м. На этой основе нами была создана база данных, в которой по нашим программам проводятся расчеты параметров проявления сейсмического воздействия. В настоящей статье использовалась обновленная выборка, содержащая 72399 трехмерных записей с эпицентральной расстоянием до 50 км всех землетрясений K-NET начиная с 11/05/1996 по 31/12/2020 включительно. В выборке скорости распространения продольных и поперечных волн в грунтах, а также плотности и жесткости грунтов усреднены до глубины 20 м по грунтам станций. Методика исследования идентична методике, использованной в предыдущих статьях на рассматриваемую тему. **Результаты работы.** Показано, что частота максимума спектра Фурье значительно увеличивается с увеличением значений $V_p, V_s, V_p/V_s, \rho, \rho V_s$. Для вертикальной компоненты сейсмического колебания частота выше, чем для горизонтальной. При высоких магнитудах сейсмического события частота понижается.

Ключевые слова: база данных сильных движений, K-NET, землетрясение, эпицентральной расстояние, частота, скорость продольной волны, скорость поперечной волны, плотность грунтов, сейсмическая жесткость грунтов.

PROPAGATION VELOCITIES AND TRANSVERS WAVES, DENSITY AND STIFFNESS OF SOILS IMPACT ON THE FREQUENCY CHARACTERISTICS OF SEISMIC EFFECTS

Kharebov C. S., Baskaev A. N., Archireeva I.G., Makiev V.D., Gogichev R.R.,
Shepelev V.D., Shmanatov G.V.

Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, 93a Markova Str.,
Vladikavkaz 362002, Russian Federation, e-mail: kosta7x7@yandex.ru

Relevance. The influence of soils on the parameters of the seismic effect is an urgent problem. Therefore, it seems important to establish the nature of the relationship between the frequency characteristics of the seismic impact and the parameters that determine the state of the geological environment. The **aim** of the work is to continue the authors' previous research, namely, to study the influence of the propagation velocity of longitudinal V_p , transverse V_s waves, the ratio V_p/V_s , density ρ and seismic stiffness ρV_s of soils on the frequency parameters of the of real seismic effects manifestation near the earthquake source, at an epicenter distance of less than 50 km. In the research **methodology**, we used the Japanese K-NET system, whose management kindly provided us with access to its instrumental three-dimensional records for 1000 stations for non-commercial use. Data on the properties of the station soils up to a depth of 20 m are also available. On this basis, we have created a database in which, according to our programs, calculations of the parameters of the manifestation of seismic effects are carried out. This article used an updated sample containing 72399 three-dimensional records with an epicentral distance of up to 50 km of all K-NET earthquakes from 11/05/1996 to 31/12/2020 inclusive. In the sample, the propagation velocities of longitudinal and transverse waves in soils, as well as the density and stiffness of soils, were averaged to a depth of 20 m over the soils of the stations. The research methodology is identical to the methodology used in previous articles on the topic under consideration. **Results.** It is shown that the frequency of the maximum of the Fourier spectrum increases significantly with increasing values of $V_p, V_s, V_p/V_s, \rho, \rho V_s$. For the vertical component of the seismic

oscillation, the frequency is higher than for the horizontal one. When the magnitude of a seismic event is high, the frequency decreases.

Keywords: strong motions database, K-NET, earthquake, epicentral distance, frequency, longitudinal wave velocity, transverse wave velocity, soil density, seismic stiffness of soils.

Введение

В инженерной сейсмологии весьма важным представляется исследование взаимозависимости между различными характеристиками очага землетрясения, инструментальными записями грунтовых движений и параметрами грунтов в точке измерения [Заалишвили, 2009б; Chernov et al., 2020; Dzhurik et al., 2015; Zaalishvili, 2020]. Установление статистических зависимостей между различными параметрами производится на основе обработки баз данных сильных движений. Результаты подобных исследований позволят выявить ценность каждого из выбранных параметров при изучении сейсмического воздействия на застройку.

Некоторые исследователи повышение надежности расчетов объектов на сейсмостойкость связывают с представлением сейсмических воздействий не амплитудами колебаний, а энергетическими характеристиками сейсмических волн [Аптикаев, 2021].

Записи землетрясений, как правило, даются с весьма приблизительным описанием грунтовых условий. Например, термин аллювий, недостаточно объясняет конкретный тип грунта и его физико-механические свойства. Не надежны описания: «мягкий грунт», «жесткий грунт», «скальный грунт». Ведь скала может быть сильно выветрелой, и тогда по своим сейсмическим свойствам приближаться к самым слабым грунтам. При этом, например, аллювий по своим сейсмическим свойствам может намного превосходить те же сильно выветрелые скальные грунты и т.д. Более того, для адекватного учета грунтовых условий недостаточно и более определенного понятия такого, как, например, «глинистый грунт». В связи с этим, мы используем количественные показатели свойств грунта: скорости распространения продольных и поперечных волн, плотность, сейсмическую жесткость, мощность залегания и плотность грунтовых слоев и т.п. [Вознесенский и др., 2016; Вознесенский, Кушнарера, 2020; Харебов и др. 2020; Zhang&Lin, 2014].

Скорость продольных V_p и поперечных V_s волн определяется свойствами геологической среды. Отношение скорости поперечной волны к скорости продольной волны характеризует пористость, трещиноватость и вещественный состав поро- и трещино-наполнителя в геологических объектах. Высокая вертикальная трещиноватость ведет к возрастанию отношения V_s/V_p . Высокая газонаполненная пористость ведет к уменьшению отношения V_s/V_p [Гик, 2000]. Соотношение V_p/V_s для нефте- и газонасыщенных пород всегда меньше, чем для водонасыщенных [Воскресенский, 2001]. В приповерхностных отложениях отношение скорости P -волны к скорости S -волны (V_p/V_s), как правило, намного выше, чем в консолидированных отложениях или твердых породах [Woelzel et al., 2009]. Изменение параметра V_p/V_s может использоваться в качестве предвестника для прогноза времени совершения сильного землетрясения [Дещеревский и др., 2003; Гаджиев, Газанова, 2011]. Для оценки влияния грунтового массива на изменение интенсивности сейсмических воздействий используется параметр, называемый сейсмической жесткостью – произведение плотности грунта на скорость сейсмической волны [Заалишвили, 2009а]. Возможно изменение сейсмической жесткости грунтов с помощью устройства грунтобетонных геотехнических барьеров [Маковецкий, 2017]. Методом сравнения спектров записи местного землетрясения на целевой и эталонной станциях можно определить спектральные характеристики среды [Гусев, Скоркина, 2020]. В статье [Джурик и др., 2020] рассмотрены динамические параметры сейсмических сигналов и установлены диапазоны их колебаний, связанные с влиянием сезонных факторов (оттаивание-промерзание). Задача определения параметров сейсмического движения грунта, наиболее тесно коррелируемых со степенью повреждения зданий и сооружений решается в работе [Аптикаев, 2021]. В работе установлены зависимости

амплитуд ускорений на разных компонентах сейсмических колебаний от магнитуды землетрясения, расстояния, типа подвижек в очагах, типа грунтов. Особенности затухания макросейсмической интенсивности с расстоянием для территории Центральной Азии приведены в работе [Artikov et al., 2020].

Региональные зависимости затухания амплитуд скоростей колебаний грунта и их спектральных составляющих с расстоянием для землетрясений различного энергетического уровня получены в статье [Artikov et al., 2018]. Комплексный подход к оценке сейсмической опасности грунтов рассмотрен в работе [Eskin et al., 2018]. В статье [Шевченко, Яковенко, 2019] излагается методика и представлены результаты расчета грунтовых коэффициентов на сейсмических станциях в г. Петропавловске-Камчатском и соседних поселках относительно опорной станции Петропавловск.

Интенсивность сейсмического воздействия в первую очередь определяется региональными условиями и во вторую – местными условиями, в том числе грунтовыми. Целью исследования является изучение влияния скорости продольных волн, скорости поперечных волн, отношения скорости продольных волн к скорости поперечных волн, плотности, сейсмической жесткости (которые являются характеристиками свойств грунтового массива) на частотные характеристики сильных грунтовых движений: частоту максимума спектра Фурье, сдвиг частоты максимума спектра Фурье относительно средневзвешенной частоты спектра Фурье. А частотные характеристики в свою очередь влияют на поведение зданий и сооружений во время землетрясения.

Известно, что между собственными колебаниями зданий или сооружений и колебаниями грунта основания может возникнуть резонанс, вследствие чего первые могут получить повреждения или даже разрушиться. Таким образом, результатом исследований является установление статистических зависимостей между факторами, которые сами по себе оказывают влияние на проявление сейсмического эффекта.

В работе мы рассматриваем зависимости частотных характеристик от эпицентрального расстояния при различных значениях параметров грунтов и магнитуды.

Ниже выясним, как проявляются зависимости частоты максимума спектра и сдвига частоты от эпицентрального расстояния при различных значениях параметров грунтов (V_p , V_s , V_p/V_s , ρ , ρV_s) и магнитуды M .

Методика исследования

Для нашего исследования необходимо определить средние значения таких характеристик грунтов, как V_p , V_s , V_p/V_s , ρ , ρV_s для каждой станции. Для этого проведено усреднение с использованием статистической системы «Statistica-13». В данных по грунтам от K-NET [Kinoshita, 2003] в табличном виде заданы значения V_p , V_s , ρ , и некоторые другие параметры, на глубинах грунтов до 20 м с шагом 1 м. Разброс данных и ошибка при таком определении среднего достаточно велики. Например, для грунта станции АIC006 средние значения, стандартные отклонения и стандартные ошибки среднего составляют (табл. 1):

Таблица 1.

Описательные статистики V_p , V_s , ρ

Параметр	Среднее	Ст. отклонение	Ст.ош. среднего
V_p , м/с	1529	434,0	99,6
V_s , м/с	261	121,5	27,9
ρ , кг/м ³	2080	120	30

Но данные по V_p , V_s , ρ не всегда измерялись до 20 м по глубине. Достаточно часто данные табулировались только до определенного уровня, который был на глубине менее 20 м. В связи с этим, для исследования мы проверили расчет средних значений V_p , V_s , V_p/V_s , ρ , ρV_s для каждого

грунта по двум методикам. В первом случае расчет средних проводился по заданным параметрам без какой-либо экстраполяции, во втором – расчет средних проводился с экстраполяцией до глубины 20 м. Считалось, что последнее табулированное по глубине значение V_p , V_s , V_p/V_s и ρ соответствует основанию грунта, и это значение распространялось до глубины 20 м.

Сравнение средних значений, полученных по двум методикам, показало, что разница между ними незначительна ($p > 0,07$).

Было проведено исследование зависимости частот максимума спектра, сдвига частоты (для горизонтальной и вертикальной компоненты) от эпицентрального расстояния при различных значениях параметров грунтов и магнитуды. Рассматривались интервалы эпицентральных расстояний 0–10, 5–15, 10–20, 15–25, 20–30, 25–35; 30–40; 35–45, 40–50 км и находились в этих интервалах средние для различных магнитуд: $M > 6$, $5 < M < 6$, $4 < M < 5$, $M < 4$.

Диапазоны изменения параметров грунтов V_s , V_p , V_p/V_s , ρ , ρV_s мы разделили на четыре интервала, с равным количеством отсчетов в каждом интервале.

Мы подразумеваем, что горизонтальная компонента проявления сейсмического воздействия является геометрическим средним компонент инструментальной записи EW и NS. Вертикальная компонента – компонента UD [Заалишвили, 2009а].

На рис. 1 представлена запись сейсмического события на станции MYG005 от 2008/06/14 08:43:36 [Kinoshita S., 2003]. Характеризуют данное событие акселерограммы по трем каналам NS, EW, UD, а также спектр Фурье вертикальной компоненты. Видно, что период максимума спектра Фурье вертикальной компоненты составляет около 2 с, т.е. частота максимума равна 0,5 Гц.

Зависимость частоты максимума спектра Фурье от эпицентрального расстояния с учетом параметров грунтов и магнитуды

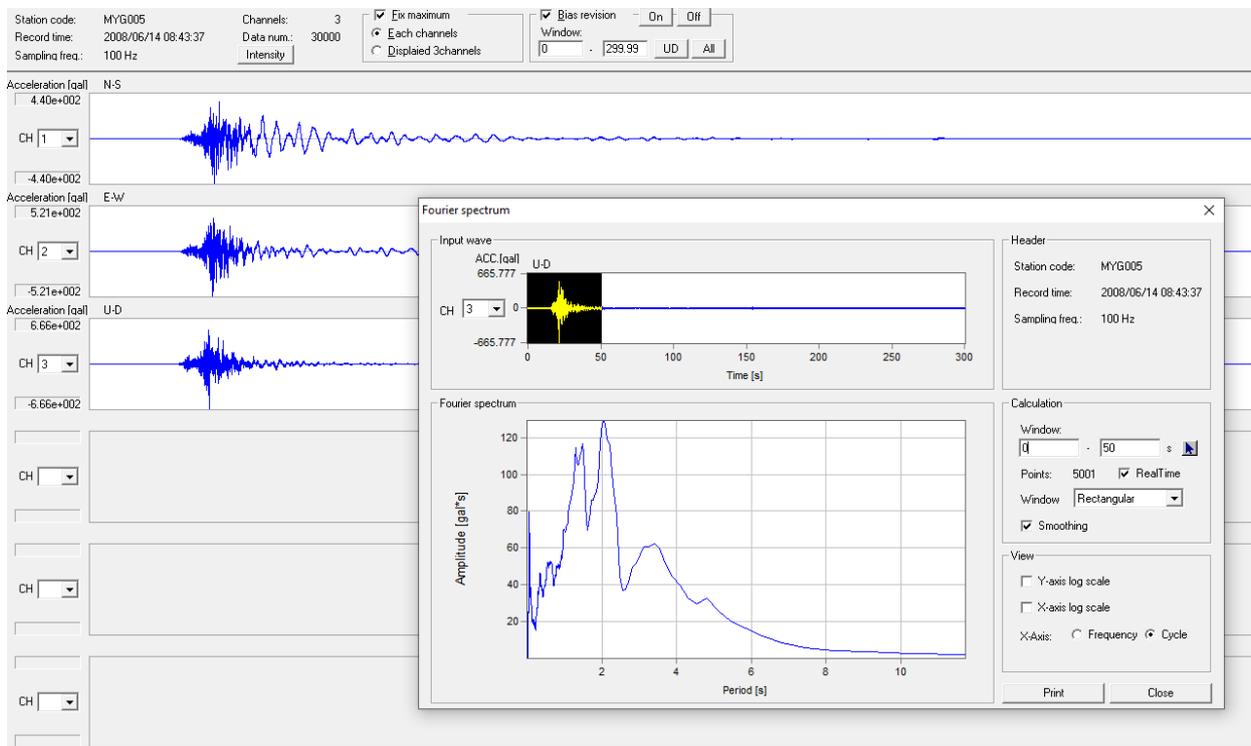


Рис 1. Запись события на станции MYG005 от 2008/06/14 08:43:37.

Результаты работы

Учет скорости распространения продольных волн V_p в грунтах.

В среднем при любых магнитудах сейсмического события $M < 7,2$ частота максимума спектра Фурье горизонтальной компоненты падает с увеличением эпицентрального расстояния [Шевченко, Яковенко, 2019] как для грунтов с минимальными значениями $V_p < 1275$ м/с, так и для грунтов с максимальными значениями $V_p > 1684$ м/с (рис. 2). Отметим, что мы ограничили наши исследования пятидесятикилометровой зоной вокруг эпицентра землетрясения, поэтому магнитуда не превышает 7,4. Если рассматривать далекие эпицентральные расстояния, то магнитуда может достигать значения 9, как во время катастрофического землетрясения 11 марта 2011 г. На рис.2 представлены средние значения частоты максимума спектра Фурье (Среднее) в интервалах эпицентрального расстояния, средние значения \pm стандартная ошибка среднего (Среднее \pm S.E.). Из рис. 2 следует, что на грунтах, с низкими значениями V_p (< 1275 м/с), частота максимума спектра Фурье достаточно резко возрастает при уменьшении расстояния до эпицентра землетрясения. Такой же эффект наблюдается и на грунтах, близких к скальным, при высоких значениях V_p (верхняя кривая), хотя эффект не так резко выражен. Рассмотрев поведение частоты максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты можно с уверенностью утверждать, что для высоких значений V_p вышеупомянутая частота имеет более высокое числовое значение, чем для низких значений V_p ($p < 0,05$).

Для вертикальной компоненты частоты максимума спектра Фурье общий вид зависимостей такой же, но частота имеет более высокие (в среднем на 2,5 – 3 Гц) значения по сравнению с частотой горизонтальной компоненты.

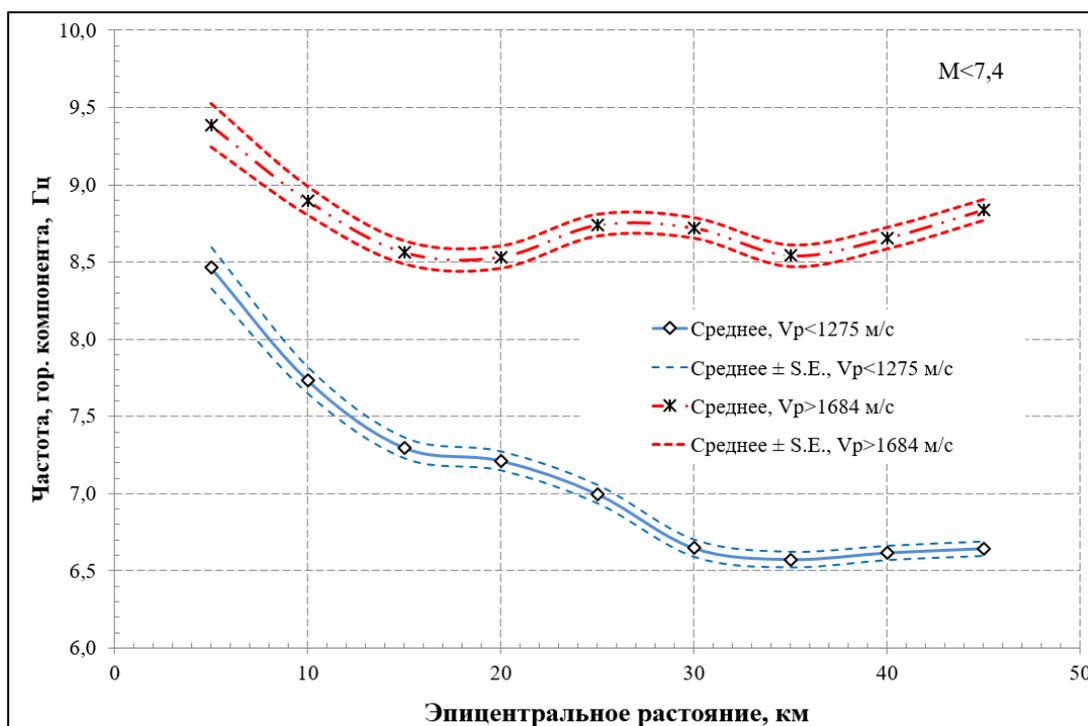


Рис. 2. График зависимости частоты максимума спектра Фурье от эпицентрального расстояния для любой магнитуды $M < 7,4$, грунты с $V_p < 1275$ м/с и $V_p > 1684$ м/с.

В среднем для всех магнитуд $M < 7,4$ кривые зависимости частоты максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты при промежуточных значениях V_p расположены между соответствующими кривыми для крайних значений V_p (рис. 3). При этом частота изменяется от 6,5 до 9,5 Гц.

Для землетрясений с магнитудой более 6 частоты максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты сдвигаются вниз и располагаются в интервале от 3 до 6 Гц, причем с увеличением V_p частоты значительно увеличиваются ($p < 0,05$). Частота практически не меняется в зависимости от эпицентрального расстояния ($p < 0,05$).

При низких магнитудах частоты максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты сдвигаются вверх и располагаются в интервалах: $4,5 \div 6,5$ Гц ($M: 5 \div 6$); $6 \div 8,5$ Гц ($M: 4 \div 5$); $8 \div 9,5$ Гц ($M: < 4$), причем с увеличением V_p частоты значительно увеличиваются ($p < 0,05$). Частота практически не меняется в зависимости от эпицентрального расстояния ($p < 0,05$).

Для вертикальной компоненты частоты максимума спектра Фурье общий вид зависимостей имеет такой же характер, за исключением более высоких значений частот (в среднем на 2,5 – 3 Гц) по сравнению с частотами горизонтальной компоненты.

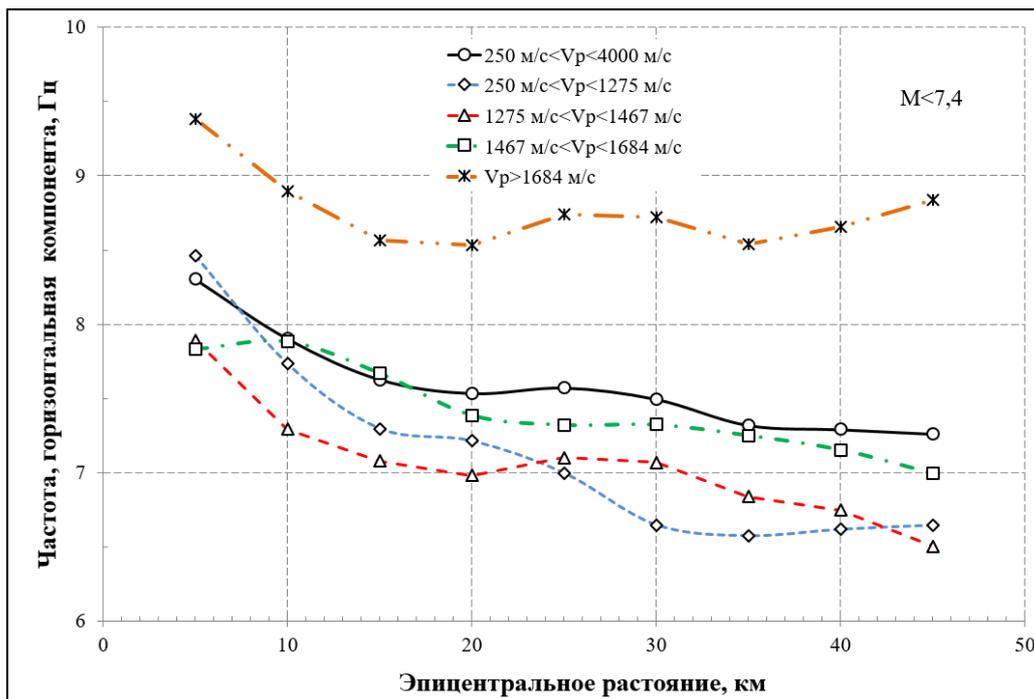


Рис. 3. График зависимости частоты максимума спектра Фурье от эпицентрального расстояния при $M < 7,4$, грунты с различными V_p .

Учет скорости распространения поперечных волн V_s в грунтах.

На грунтах с малыми скоростями распространения поперечной волны (V_s от 81 м/с до 244 м/с) частота максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты значительно растет с приближением к эпицентру землетрясения (Табл. 2). В табл. 2 приведены частоты максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты с доверительными интервалами в Гц для различных интервалов магнитуд и различных интервалов эпицентрального расстояния. Также приведено количество случаев N , соответствующих приведенным интервалам изменения эпицентрального расстояния и магнитуды. Все расчеты были проведены в статистической системе STATISTICA-13. Отметим, что по всем представленным результатам у авторов имеются таблицы, аналогичные табл. 2 и полный набор соответствующих таблиц графиков. Количество таблиц и графиков весьма велико, поэтому в тексте статьи мы стараемся ограничиваться словесным описанием представленных результатов.

Из табл. 2 следует, что при уменьшении эпицентрального расстояния с 45 до 5 км частота растет с 5 Гц до 7 Гц, что обусловлено большей диссипацией высокочастотных волн по сравнению с низкочастотными [Заалишвили, 2009б; Artikov et al., 2018; Eskin et al., 2018]. Это особен-

но заметно при рассмотрении средних значений во всем рассматриваемом интервале изменения магнитуды – столбец $M < 7,4$, на который и приходится наибольшее количество рассмотренных случаев. Но при больших магнитудах картина меняется. Так, при $M > 6$, частота максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты практически не зависит от эпицентрального расстояния, но это обусловлено в первую очередь тем, что число случаев для эпицентральных расстояний менее 10 км и $M > 6$, составляет всего $N=4$. Поэтому при расчете $p > 0,05$ и результат статистически не значим. Для $5 < M < 6$ и $4 < M < 5$ частота не зависит от эпицентрального расстояния ($p < 0,05$). При малых магнитудах (менее 4), число исследованных случаев составляет подавляющее большинство, что следует из сравнения столбцов $M < 4$ и $M < 7,4$, поэтому частота максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты при $M < 4$ полностью соответствует варианту $M < 7,4$.

Таблица 2.

Частоты максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты при $V_s < 244$ м/с (в Гц)

Эпицентрального расстояние, км	Магнитуда				
	$M < 7,4$	$M > 6$	$5 < M < 6$	$4 < M < 5$	$M < 4$
0-10	7,21±0,10; N=1848	1,69±0,34; N=4	3,82±0,31; N=60	5,75±0,14; N=522	7,99±0,12; N=1262
5-15	6,52±0,07; N=2771	2,53±0,36; N=18	3,64±0,26; N=82	5,24±0,10; N=882	7,38±0,09; N=1758
10-20	6,08±0,05; N=3793	2,60±0,45; N=31	3,58±0,17; N=174	5,19±0,07; N=1444	6,94±0,07; N=2144
15-25	5,83±0,05; N=4226	2,45±0,47; N=30	3,39±0,15; N=221	5,16±0,07; N=1815	6,70±0,07; N=2160
20-30	5,59±0,05; N=3702	2,15±0,25; N=32	3,33±0,14; N=242	5,05±0,07; N=1843	6,64±0,08; N=1585
25-35	5,46±0,05; N=3541	2,48±0,34; N=42	3,43±0,14; N=266	4,94±0,06; N=1977	6,79±0,09; N=1256
30-40	5,50±0,05; N=3855	2,61±0,32; N=48	3,56±0,14; N=309	5,08±0,06; N=2193	6,86±0,10; N=1224
35-45	5,50±0,05; N=4075	2,53±0,31; N=49	3,52±0,12; N=377	5,24±0,05; N=2497	6,84±0,10; N=1152
40-50	5,28±0,04; N=4210	2,48±0,26; N=57	3,26±0,09; N=466	5,14±0,05; N=2625	6,67±0,10; N=1062

Результаты расчетов показали, что для грунтов с высоким значением $V_s > 244$ м/с, частота максимума спектра Фурье горизонтальной компоненты практически не меняется с изменением эпицентрального расстояния.

На грунтах с высокими значениями V_s частота максимума спектра Фурье для горизонтальной компоненты имеет более высокое числовое значение, чем на грунтах с низкими значениями V_s ($p < 0,05$).

Для вертикальной компоненты частоты максимума спектра Фурье общий вид зависимостей имеет такой же характер, за исключением более высоких значений частот (в среднем на 1,5 – 2 Гц) по сравнению с частотами горизонтальной компоненты.

Учет отношения скорости продольных волн к скорости поперечных волн V_p/V_s в грунтах.

Величина V_p/V_s [Гик, 2000; Воскресенский, 2001; Woelzel et al., 2009; Дещеревский и др., 2003; Гаджиев, Газанова, 2011] варьируется от 1,46 до 19,1. Для высоких значений $V_p/V_s (> 5,69)$

частота максимума спектра Фурье значимо выше, чем для низких значений ($<3,29$). При приближении к эпицентру землетрясения частота максимума спектра Фурье увеличивается для вертикальной компоненты и практически не меняется для горизонтальной компоненты. При мощных землетрясениях с высокой магнитудой частота максимума спектра Фурье понижается с возрастанием эпицентрального расстояния. Частота максимума спектра Фурье для вертикальной компоненты всегда выше частоты для горизонтальной компоненты (рис. 4).

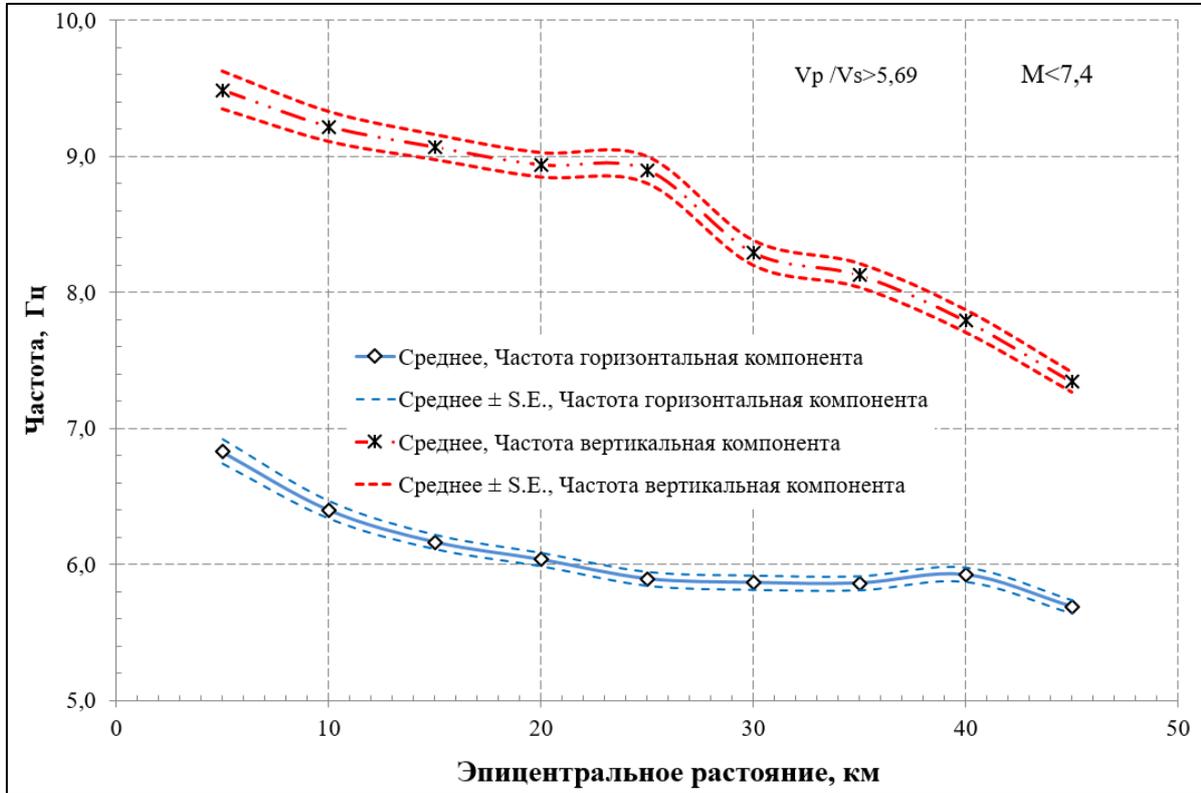


Рис. 4. График зависимости частоты максимума спектра Фурье от эпицентрального расстояния при $M < 7,4$ для горизонтальной и вертикальной компоненты; грунты с высоким значением $V_p/V_s (>5,69)$.

Учет плотности ρ грунтов.

Исследованы около 1000 станций на которых средняя плотность изменяется от $1,11 \text{ г/см}^3$ до $2,532 \text{ г/см}^3$ в 4 интервалах. Частота максимума спектра Фурье как для вертикальной, так и для горизонтальной компоненты значимо меньше на грунтах с малой плотностью ($\rho < 1,74 \text{ г/см}^3$) по сравнению с частотой на более плотных грунтах ($\rho > 1,96 \text{ г/см}^3$). Частота не зависит от эпицентрального расстояния.

Учет сейсмической жесткости ρV_s грунтов.

Жесткость грунтов [Заалишвили, 2009а; Маковецкий, 2017] ρV_s (единица измерения $\text{т/м}^2/\text{с}$) рассматривалась в четырех интервалах: $<401; 401 \div 559; 559 \div 749; >749$. Частота максимума спектра Фурье как для вертикальной, так и для горизонтальной компоненты значимо меньше на грунтах с малой жесткостью ($\rho V_s < 401 \text{ т/м}^2/\text{с}$) по сравнению с более жесткими ($\rho V_s > 749 \text{ т/м}^2/\text{с}$). Частота не зависит от эпицентрального расстояния. При высоких магнитудях >6 и низкой жесткости, частота составляет $5,5 \text{ Гц}$ для вертикальной и $2,5 \text{ Гц}$ для горизонтальной составляющей соответственно (рис. 5).

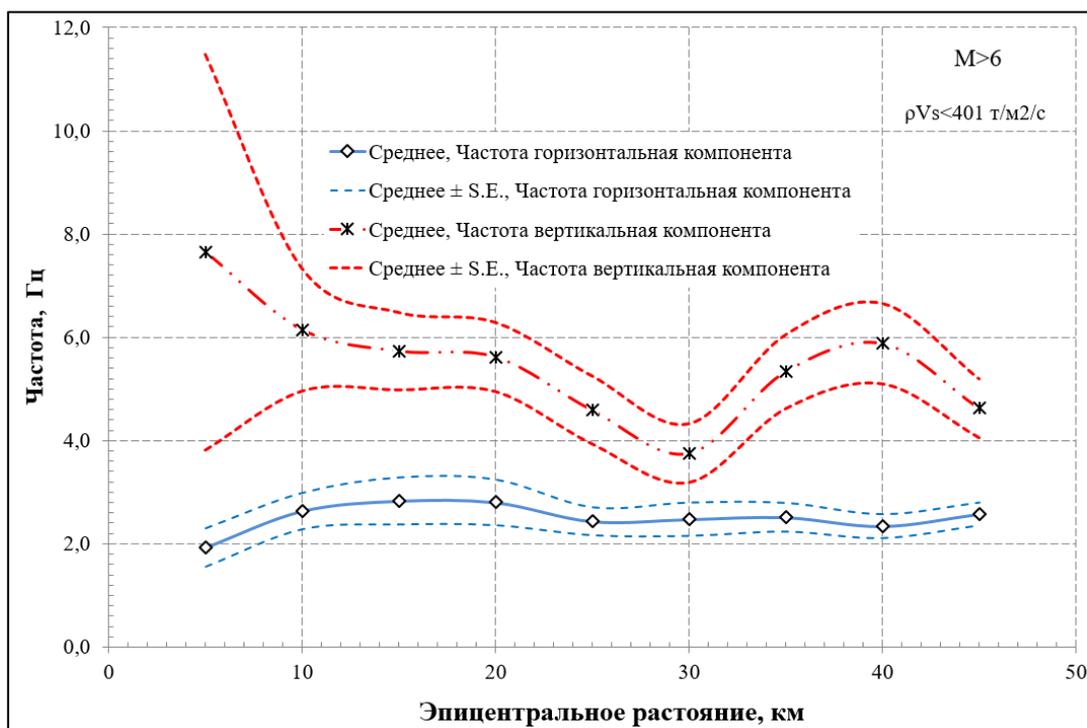


Рис. 5. График зависимости частоты максимума спектра Фурье от эпицентрального расстояния при $M < 7,4$ для горизонтальной и вертикальной компоненты; грунты с малой жесткостью ($\rho V_s < 401 \text{ т/м}^2/\text{с}$).

А при высоких жесткостях частота составляет 7,5 Гц для вертикальной и 5 Гц для горизонтальной составляющей соответственно.

Зависимость сдвига частоты от эпицентрального расстояния с учетом параметров грунтов и магнитуды

Было замечено, что частота максимума спектра Фурье перемещается влево от средневзвешенной частоты спектра Фурье при увеличении эпицентрального расстояния. Рассмотрим, как ведет себя этот сдвиг частоты в зависимости от параметров грунтов. Определим сдвиг частоты как $(F_{\max} - F_{\text{mean}}) / F_{\text{mean}}$, где F_{\max} — частота максимума спектра Фурье, F_{mean} — средневзвешенная частота спектра Фурье.

В среднем при любых магнитудах сейсмического события ($M < 7,4$) величина сдвига частоты максимума спектра Фурье горизонтальной компоненты больше для грунтов с меньшим значением V_p (рис. 6). Чем меньше величина V_p , тем сильнее частота максимума спектра Фурье уходит влево от средневзвешенной частоты.

При малых значениях V_p сдвиг частоты для горизонтальной компоненты доходит до -0,24 при больших эпицентральных расстояниях, на малых расстояниях величина сдвига около -0,20 (рис. 6). При больших значениях V_p сдвиг частоты не меняется с эпицентральным расстоянием. При высоких магнитудах ($M > 5$) сдвиг частоты горизонтальной компоненты практически одинаков для грунтов с различными значениями V_p , а также для различных эпицентральных расстояний. При малых магнитудах ($M < 5$) сдвиг частоты становится меньше по абсолютной величине для больших значений V_p , и от эпицентрального расстояния не зависит. Для вертикальной компоненты сдвиг частоты не зависит от V_p и не зависит от эпицентрального расстояния.

Изучение зависимости сдвига частоты горизонтальной компоненты от скорости поперечной волны V_s показало, что при низких V_s (слабые грунты) частота максимума спектра Фурье горизонтальной компоненты значительно отходит от средневзвешенной частоты дальше, чем при высоких V_s . Этот эффект не наблюдается при сейсмических событиях магнитудой < 5 для ма-

лых эпицентральных расстояний менее 20 км. Величина эпицентрального расстояния на сдвиг частоты горизонтальной компоненты не влияет.

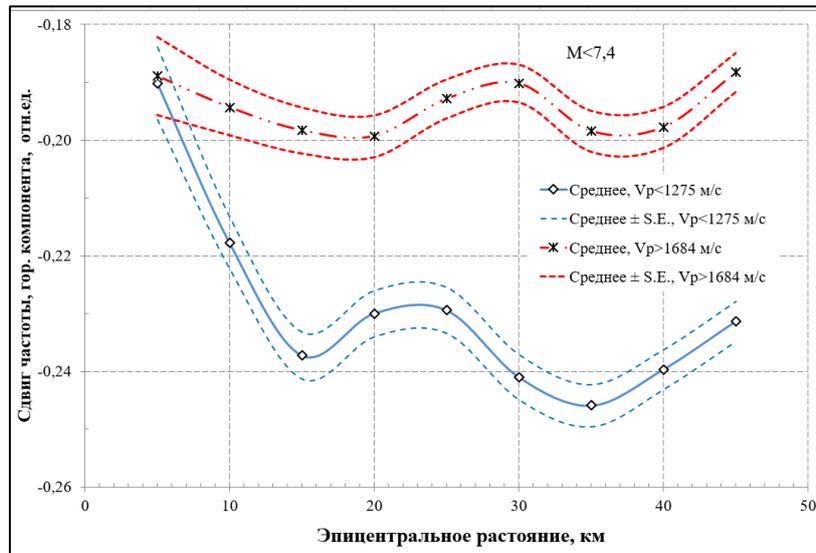


Рис. 6. График зависимости сдвига частоты от эпицентрального расстояния при $M < 7,4$ для горизонтальной компоненты; грунты с высокими и низкими значениями скорости продольной волны V_p .

Для вертикальной компоненты величина сдвига частоты значимо выше для грунтов с низким значением V_s , как при низких, так и при высоких магнитудах. В среднем при любых магнитудах сейсмического события $M < 7,2$ сдвиг частоты составляет от -0,19 до -0,22 для эпицентральных расстояний от 0-10 км до 40-50 км при $V_s > 444$ м/с, и от -0,22 до -0,29 для эпицентральных расстояний от 0-10 км до 40-50 км при $V_s < 244$ м/с.

Величина сдвига частоты значимо выше для высоких значений V_p/V_s по сравнению с низкими значениями, как для горизонтальной, так и для вертикальной компоненты. Причем величина сдвига не изменяется с изменением эпицентрального расстояния, как для горизонтальной компоненты, так и для вертикальной компоненты.

Для менее плотных грунтов частота максимума спектра Фурье отдалается от средневзвешенной частоты дальше, чем для более плотных грунтов, как для горизонтальной, так и для вертикальной компоненты. Причем величина сдвига не зависит от эпицентрального расстояния, как для горизонтальной, так и для вертикальной компоненты. В среднем при любых магнитудах сейсмического события ($M < 7,2$) сдвиг частоты составляет от -0,16 до -0,17 для эпицентральных расстояний от 0-10 км до 40-50 км при плотности грунтов $\rho > 1,96$ г/см³, и от -0,24 до -0,25 для эпицентральных расстояний от 0-10 км до 40-50 км при плотности грунтов $\rho < 1,96$ г/см³.

Для более жестких грунтов ($\rho V_s > 749$ т/м²/с) сдвиг частоты значимо меньше по абсолютной величине, чем для менее жестких. Исключение составляют сейсмические события с $M > 6$, число которых равно десяти, поэтому $p > 0,05$. Сдвиг частоты не зависит от эпицентрального расстояния.

Выводы

1. В базу данных добавлены записи с 1 января 2020 г. по 31 декабря 2020 г. включительно.
2. Показано, что частота максимума спектра Фурье значимо увеличивается с увеличением значений V_p , V_s , V_p/V_s , ρ , ρV_s .
3. Для вертикальной компоненты сейсмического колебания частота максимума спектра Фурье выше, чем для горизонтальной компоненты. При высоких магнитудах сейсмического события частота понижается.

4. Изучено влияние V_p , V_s , V_p/V_s , ρ , ρV_s на сдвиг частоты, который определен как $(F_{\max} - F_{\text{mean}})/F_{\text{mean}}$, где F_{\max} – частота максимума спектра Фурье, F_{mean} – средневзвешенная частота спектра Фурье. Величина сдвига частоты имеет отрицательное значение и увеличивается по абсолютной величине при уменьшении V_p , V_s , ρ , ρV_s и увеличении V_p/V_s .

5. Исследованы проявления сейсмических воздействий с эпицентральной расстоянием до 50 км и интенсивностью не менее 0,5 JMA, при этом учитывались события с магнитудой не более 7,2. Но у нас есть все данные из KNET с эпицентральной расстоянием от 0 км до 2000 км, и интенсивностью от 5 MSK и выше с магнитудами до 9. Исследование этого массива данных на наш взгляд представляет большой интерес.

Литература

1. Аптикаев Ф.Ф. О картах ОСР в ускорениях // Геология и геофизика Юга России, 2021, №1. С. 95-103. DOI: 10.46698/VNC. 2021.24.94.008
2. Баскаев А.Н. Харэбов К.С. Влияние типов грунтов на интенсивность сильных грунтовых движений // Геология и геофизика Юга России. 2015. №4. С. 9-17.
3. Вознесенский Е.А., Латыпов А.И., Жаркова Н.И. Сейсмическая разжижаемость песков основания башни "Казанская ривьера" // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2016. № 4, с. 4-8.
4. Вознесенский Е.А., Кушнарева Е.С. Динамические испытания грунтов методом простого сдвига и их стандартизация // Грунтоведение, издательство Региональная общественная научная организация "Охотинское общество грунтоведов" (Санкт-Петербург), 2020. № 1, с. 30-44.
5. Воскресенский Ю.Н. Изучение изменений амплитуд сейсмических отражений для поисков и разведки залежей углеводородов. Учебное пособие для вузов. – М.: РГУ нефти и газа, 2001, 68 с.
6. Гаджиев А.А., Газанова Н.Ш. К вопросу о прогностической информативности изменения отношения V_p/V_s событий форшоковой деятельности в локальном участке земной коры (на примере Восточного Предкавказья) // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки, 2011, № 4 (23). – С. 49-57.
7. Гик Л.Д. Использование результатов физического моделирования для диагностики карбонатных коллекторов Восточной Сибири. / Геология и геофизика, 2000, т. 41, №2, С. 268–279.
8. Гусев А.А., Скоркина А.А. Эмпирические спектральные характеристики среды вблизи сейсмических станций сильных движений Камчатки // Геология и геофизика, 2020, №2. – С. 275-287.
9. Дещеревский А.В., Лукк А.А., Сидорин А.Я. Флуктуации геофизических полей и прогноз землетрясений // Физика Земли, 2003. № 4. – С. 3-20.
10. Джурик В.И., Брыжак Е.В., Серебренников С.П., Ескин А.Ю. Динамика спектрального состава колебаний приповерхностного слоя годовых вариаций температур при землетрясениях в байкальском регионе // Геология и геофизика, 2020. №8. С. 1136-1146.
11. Заалишвили В.Б. Введение в инженерную сейсмологию. – Владикавказ: ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, 2009а. – 240 с.
12. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. – Москва: Наука, 2009б. 350 с.
13. Маковецкий О.А. Анализ изменения сейсмической жесткости основания в системе грунтобетонных геотехнических барьеров // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2017. №3. С. 121 – 138.
14. Харэбов К.С., Баскаев А.Н., Майсурадзе М.В., Макиев В.Д. Влияние отношения скоростей распространения продольных волн к скоростям поперечных волн и плотности грунтов на проявление сейсмического воздействия // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 4(83) с. 89-94.
15. Шевченко Ю.В., Яковенко В.В. Спектральные характеристики грунта на сейсмических станциях Камчатки // Вопросы инженерной сейсмологии, 2019. Т. 46. № 3. С. 74-94. DOI:10.21455/VIS2019.3-5
16. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Models of the macroseismic field earthquakes and their influence on seismic hazard assessment values for Central Asia // Geodynamics and tectonophysics 2020 Volume 11, Issue 3, pp. 606–623. DOI:10.5800/GT-2020-11-3-0494

17. Artikov T. U., Ibragimov R. S., Ibragimova T. L., Kuchkarov K. I., Mirzaev M. A. Quantitative assessment of seismic hazard for the territory of Uzbekistan according to the estimated maximum ground oscillation rates and their spectral amplitudes // *Geodynamics and tectonophysics* 2018 Volume 9, Issue 4, pp. 1173–1188. DOI:10.5800/GT-2018-9-4-0389

18. Dzhurik V.I., Tubanov Ts.A., Serebrennikov S.P., Drennov A.F., Bryzhak E.V., Eskin A.Yu. An overview of the technique for seismicity microzonation mapping of the Ulan-Ude city territory // *Geodynamics & Tectonophysics* 2015. Volume 6, Issue 3, pp. 365–386. DOI:10.5800/GT-2015-6-3-0186.

19. Eskin A.Yu., Dzhurik V.I., Serebrennikov S.P., Bryzhak E.V. Integrated approach to assessing the seismic hazard of urban areas in Southern Priangarie (Case of the left bank of the Angara river in Irkutsk) // *Geodynamics and tectonophysics* 2018 Volume 9, Issue 2, pp. 515–530. doi.org/10.5800/GT-2018-9-2-0359

20. Kinoshita S. Kyoshin Net (K-NET), Japan. *Int. Handbook of Earthquake and Engineering seismology*, v. 81B, 2003, pp.1049-1056.

21. Woelz S., Rabbel W., Mueller C. Shear waves in near surface 3D media—SH—wavefield separation, refraction time migration and tomography // *Journal of Applied Geophysics*, Volume 68, Issue 1, May 2009, pp. 104-116. DOI:10.1016/j.jappgeo.2008.11.004

22. Zhang, Qiong; Lin, Guoqing. Three-dimensional Vp and Vp/Vs models in the Coso geothermal area, California: Seismic characterization of the magmatic system // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 2014 – Vol. 119. Issue 6. – Pp. 4907–4922. DOI:10.1002/2014JB010992

23. Chernov Y.K., Zaalishvili V.B., Chernov A.Y. Strong Ground Motion Simulation for Forecasting the Probable Seismic Impacts in the Territory of the Republic of North Ossetia–Alania *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. 2020. Volume 56. Issue 5. Pages 644–655. DOI: 10.1134/S1069351320050018

24. Zaalishvili V., Chotchaev K., Melkov D., Burdzieva O. Geodetic, geophysical and geographical methods in landslide investigation: Luar case study *E3S Web of Conferences*. 2020. Volume 164. (01014). Pp. 11. DOI: 10.1051/e3sconf/202016401014

УДК 551.24

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-35-45

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БЛОКОВ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

Магомедов Р.А., Мусаев М.А.
Институт геологии ДФИЦ РАН

Выполнена оценка сейсмоструктурного потенциала блоков северо-восточного сегмента Восточного Кавказа. По результатам проведенных исследований выделены потенциальные зоны ожидания очагов сильных землетрясений. Проведенные исследования являются продолжением ранее начатых исследований в регионе по оценке геологической ситуации от воздействия потенциальных катастрофических геологических процессов природного характера.

Ключевые слова: сейсмоструктурный потенциал, сейсмичность, сейсмическая опасность, сейсмическая активность, сейсмогеология, зона возможных очагов землетрясений.

SEISMOTECTONIC POTENTIAL OF THE EAST CAUCASUS BLOCKS

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

The seismotectonic potential of the blocks of the north-eastern segment of the Eastern Caucasus is estimated. According to the results of the conducted studies, potential waiting areas for foci of strong earthquakes are identified. The conducted studies are a continuation of previously initiated studies in the region to assess the geocological situation from the impact of potential catastrophic geological processes of a natural nature.

Keywords: seismotectonic potential, seismicity, seismic hazard, seismic activity, seismotectonics, zone of possible earthquake foci.

Введение. В науках о Земле общепринятых терминов «геодинамический потенциал» и «сейсмоструктурный потенциалы» к настоящему времени нет. Терминологическая неопределенность характерна и для других направлений наук [6 и др.]. Она серьезно осложняет работу исследователей и вносит большие издержки при исследовании научных проблем. Каждый исследователь вкладывает свой смысл в эти понятия. Мазур И.И. и Молдованов О.И. [9] дают следующее определение геодинамического потенциала: «*Геодинамический потенциал геологической среды - вероятностный параметр, определяющий возможность возникновения и развития того или иного деградиционного процесса или их совокупности, которые могут произойти в случае нарушения под воздействием человека целостности земной коры или её почвенно-растительного слоя, изменения гидрологического режима рек и т.д.*».

Данное определение, как нам представляется, не дает полной характеристики потенциальной энергии, заключенной в конкретной структуре геосреды.

Поскольку геодинамический потенциал характеризует энергию среды (энергетический показатель), под «*геодинамическим потенциалом*» конкретной структуры геосреды нами подразумевается вся энергия, заключенная в ней не только на атомарном (вещественном) уровне, но и запасенная геотектоническая (генетически обретенная в процессе длительного литогенеза и в процессе истории его геологического развития), а также – накопленная в результате современных геодинамических и геотектонических процессов. Каждый блок земной коры имеет свой уровень геодинамического потенциала, зависящий от литолого-структурного строения, вещественного состава, геолого-геофизических условий и истории его геологического развития. Запасенная потенциальная энергия может вырваться в любой момент в зависимости от разных причин: от снятия литостатического давления в результате экзогенных геологических процессов (эрозия, размыв и т.д.) с «расконсервацией» генетически обретенных и накопленных в современный период геонапряжений; в результате тектонических подвижек; физико-

химических процессов в самой геологической среде (фазовых переходов в минералах на большой глубине при больших р-Т-условиях со скачкообразным изменением упругих и прочностных характеристик и т.д.). Чем больше размер блока, тем больше и заключенная в нем энергия. Однако, при оценке потенциальной тектонической энергии в любом регионе, следует учитывать, что раздробленная (дезинтегрированная) геологическая среда в межблоковых зонах, в условиях постоянного тектонического стресса, не может «копить» энергию выше предела прочности горной породы в цельном блоке. Эта энергия будет расходоваться (в виде слабых сейсмических событий и тектонического крипа) в процессе ее накопления, не доходя до предела прочности самой горной породы в цельном блоке.

Есть определение сейсмического потенциала [13] *под которым понимается максимальная энергия, которую способны выделять землетрясения, уже произошедшие или ожидаемые в будущем в пределах того или иного участка земной коры.* Эту характеристику авторы [13] предлагают оценивать в единицах магнитуды и, выдвигается универсальная методика выявления M_{max} для территории практически любого тектонического строения, обеспеченного необходимыми исходными геолого-геофизическими данными. Более того, они предлагают прогнозирование сейсмического потенциала в разных масштабах – на локальном, региональном, континентальном и любом промежуточном между ними уровнях. Оно реализуется на базе разработанного в Институте физики Земли РАН внерегионального сейсмотектонического метода [12]. Он представляет собой разновидность метода аналогий, в соответствии с которым предполагается, что одинаковые геолого-геофизические условия в земной коре могут характеризоваться одинаковым уровнем потенциальной максимальной сейсмической энергии (M_{max}). Однако, следует учитывать, что степень изученности разных регионов к настоящему времени, не одинаковая [16-17 и др.] и, в качестве исходных данных использованы признаки, характеризующие современное строение и состояние земной коры, и не учитывается запасенная геотектоническая (генетически обретенная в процессе длительного литогенеза и в процессе истории его геологического развития) энергия. Естественно, для характеристики сейсмического процесса в земной коре набор исходных данных о современном строении и состоянии земной коры является исчерпывающим, поскольку многие другие параметры невозможно использовать из-за их неполноты.

Тем не менее, в настоящей работе сделана попытка оценки «сейсмотектонического потенциала» блоков Восточного Кавказа, на наш взгляд, в наибольшей степени, характеризующего его содержание. Уровень сейсмотектонического потенциала, как сейсмического и геодинамического, является важнейшим показателем оценки степени сейсмической опасности.

Материал и методы. Ранее [7-8], оценка геодинамического потенциала блоков Восточного Кавказа нами проводилась, в основном, по геологическим критериям, таким как мощность земной коры, протяженность дизъюнктивных зон фундамента и осадочного чехла, наличие признаков палеосейсмичности и тектоническая активность. В данной работе оценка сейсмотектонического потенциала проведена на основе сейсмологических критериев: мощности сейсмоактивного слоя (h_s), сейсмической активности (A_{10}) и наклоне графика повторяемости землетрясений, максимальной отмеченной (наблюденной) магнитуде (M_{max}), периоде последней активизации (τ) и тектонической активности (a_t). К оценке величины сейсмотектонического потенциала привлечены все те данные, которые, как нам представляется, ответственны за накопление сейсмической энергии в земной коре. Уровень сейсмотектонического потенциала устанавливается по комплексу вышеприведенных показателей. Каждый показатель градуирован с условным весом, определенным экспертным путем (от **0** до **1**) и учтен в суммарной оценке. Приведенный набор показателей является, как нам представляется, практически исчерпывающим на сегодняшний день, поскольку многие другие показатели (в частности, количественные характеристики тангенциальных тектонических напряжений, согласно существующей схеме разломно-блоковой структуры региона; скорость их современных движений; литолого-

стратиграфическая характеристика с вещественным составом и определением предела прочности горных пород в конкретных геолого-геофизических условиях и т.д.) невозможно использовать из-за их неполноты. Правда, в последние годы предприняты попытки оценки «геодинамического потенциала» геологической структуры с учетом энергии, заключенной в ней на вещественном уровне [15]. Но это тема, в настоящее время, дискуссионная. ...

Таким образом, сейсмоструктурный потенциал (S_P) блоков Восточного Кавказа представляется как функция, зависящая от вышеприведенных показателей:

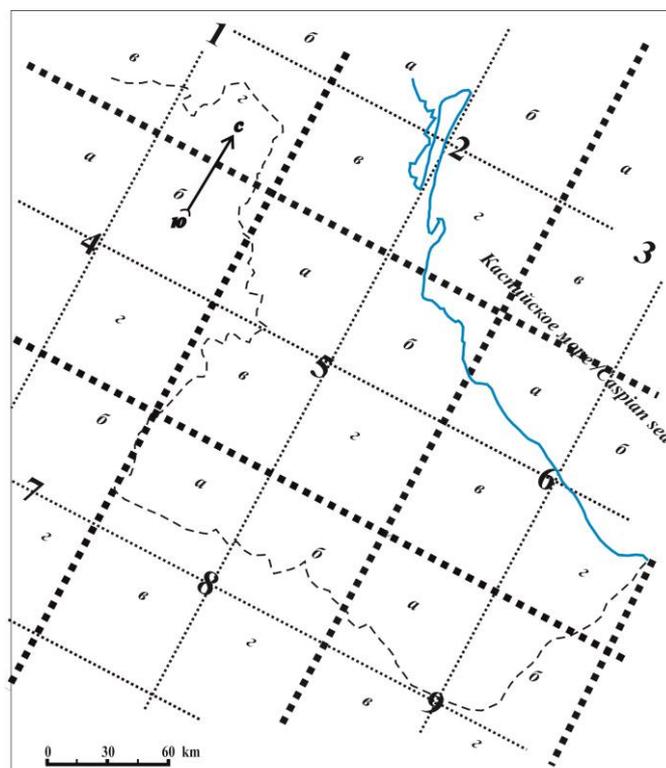
$$S_P = f(h_s, A_{10}, M_{\max}, \tau, a_t) \quad (1)$$

При оценке сейсмоструктурного потенциала блоков приняты допущения:

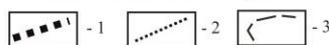
1. Вертикальные и горизонтальные размеры блоков примерно одинаковые.
2. Блоки, на данный момент, изучены примерно с одинаковой полнотой.

Сейсмоструктурный потенциал блока является величиной непостоянной в исторической и геологической перспективе.

В результате проведенных исследований закартировано в условных единицах изменение сейсмоструктурного потенциала на исследуемой территории. Наложив карту разломно-блоковой тектоники региона на карту сейсмоструктурного и геодинамического потенциалов, можно проградировать предварительно выделенные квазиоднородные блоки и линеаменты региона, используя зарегистрированную и известную уже сейсмичность. Таким способом получается карта прогнозных зон возникновения землетрясений (ВОЗ). Обоснование размера, ориентировки блоков (рис. 1) и выбор представительной магнитуды для региона приводятся в наших исследованиях, посвященных геодинамическому потенциалу блоков Восточного Кавказа [7].



Условные обозначения / Legend



1 – границы блоков местного порядка (в середине блока – его номер). 2 - границы блоков наименьшего порядка (в середине блока – его буквенное обозначение). 3 – граница республики.

Рис. 1. Квазиоднородные блоки земной коры в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа [7].

Результаты и обсуждение. Мощность сейсмоактивного слоя (h_s). Распределение гипоцентров землетрясений по глубинам является важной характеристикой сейсмического режима региона. Оно дает сведения о сейсмоактивном слое и его глубине залегания. Распределение гипоцентров сильных землетрясений с $M \geq 5$ в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа строилось по 111 сейсмическим событиям каталога землетрясений Единой геофизической службы РАН (ЕГС РАН) и каталога землетрясений Дагестанского отделения ЕГС РАН (рис. 2). Гипоцентры их очагов расположены в интервале глубины от 3 до 70 км. Рисунок показывает, что магнитуда землетрясений не имеет линейной зависимости от глубины. Наибольший максимум концентраций гипоцентров сильных землетрясений сосредоточен в интервале глубин от 8 до 12 км, т.е. в верхней части осадочного чехла региона (в наиболее «жесткой» его части), остальные максимумы – в доюрском фундаменте, где геологическая среда находится уже в других р-Т-условиях. В интервале глубины 5-33 км сосредоточено около 90 % всех сильных сейсмических событий региона, остальные 10 % - от 33 до 70 км. По картине распределения их очагов наблюдается расслоенность земной коры региона что, вероятно, указывает на современные сейсмически активные зоны, по которым происходит «скольжения пластин» и другие катастрофические геологические процессы, неизвестные пока, исследователям. Распределение гипоцентров сильных землетрясений по глубине показывает наличие в интервале глубин, в среднем от 33 до 42 км, «зоны молчания» что, вероятно, характеризует физико-химические условия геологической среды в пограничной области между земной корой региона и метаморфизованной кровлей гранитного слоя. Наличие «зоны молчания» не противоречит данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) [4].

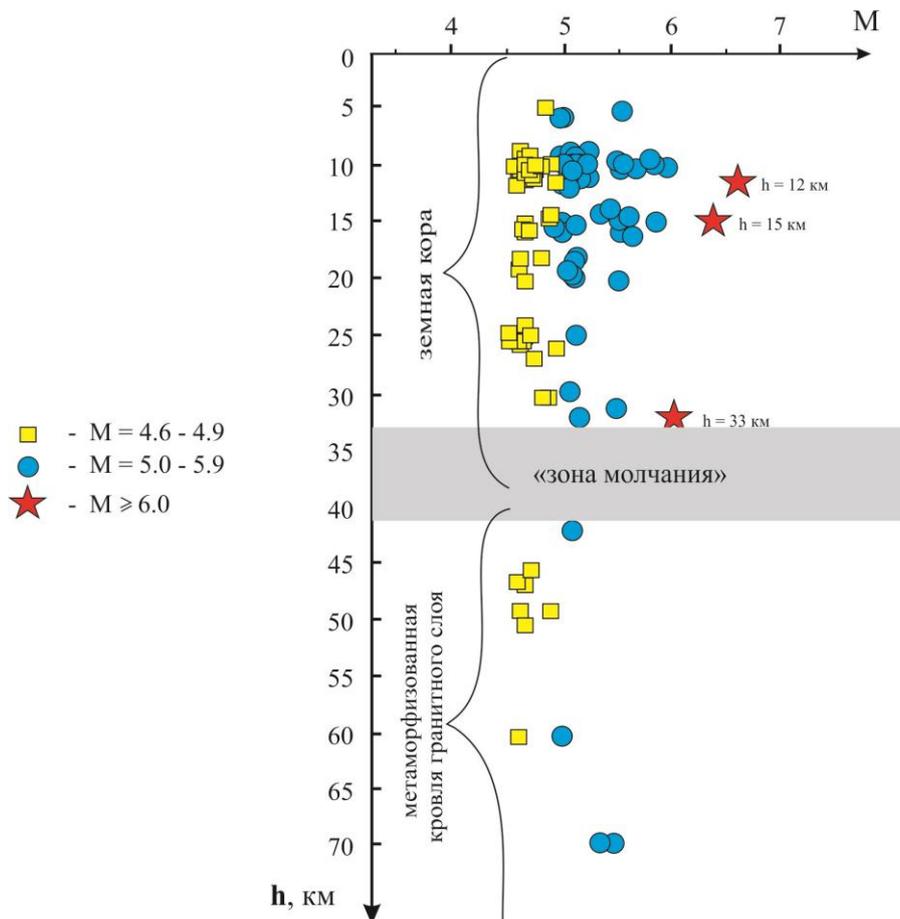


Рис. 2. Распределение гипоцентров сильных землетрясений с $M \geq 5$ по глубине в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа.

Для целей нашей работы показатель «мощность сейсмоактивного слоя» градуирован с условным весом от **0** до **1**: максимальной мощности ($h=54$ км) сейсмоактивного слоя присвоена – **1**; при отсутствии очага в блоке – **0**; при $0,5h$ (27 ± 5 км) – **0,5**; при $0,75h$ (40 ± 5 км) – **0,8**; при $0,25h$ (13 ± 2 км) – **0,3**; менее $0,12h$ (≤ 10 км) – **0,1**. Результаты градуировки приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Оценка условного веса геодинамических блоков по мощности сейсмоактивного слоя

Геодинамические блоки	Мощность сейсмоактивного слоя, h (км)	Усл. ед.
1	<i>a</i>	0
	<i>б</i>	0
	<i>в</i>	0
	<i>г</i>	0
2	<i>a</i>	0
	<i>б</i>	0
	<i>в</i>	0
	<i>г</i>	5
3	<i>a</i>	0
	<i>б</i>	0
	<i>в</i>	5
	<i>г</i>	5
4	<i>a</i>	5
	<i>б</i>	22
	<i>в</i>	10
	<i>г</i>	15
5	<i>a</i>	54
	<i>б</i>	12
	<i>в</i>	8
	<i>г</i>	53
6	<i>a</i>	23
	<i>б</i>	35
	<i>в</i>	17
	<i>г</i>	37
7	<i>a</i>	0
	<i>б</i>	0
	<i>в</i>	0
	<i>г</i>	0
8	<i>a</i>	40
	<i>б</i>	15
	<i>в</i>	18
	<i>г</i>	5
9	<i>a</i>	0
	<i>б</i>	10
	<i>в</i>	5
	<i>г</i>	10

Примечание: мощность сейсмоактивного слоя в блоке с одиночным и на одинаковом уровне очагами принимается за 5 км. При анализе использованы сейсмические события с M более 4.6.

По данному показателю наибольший условный вес имеют блоки $5(a, z)$; $6(b, z)$ и $8a$.

Характер протекания тектонических процессов, частным проявлением которых является сейсмичность, практически неизменен в сравнительно короткие отрезки времени имеющейся сейсмостатистики, тем более с периодом инструментальной регистрации в десятки или сотню лет. В связи с этим допускают, что существует некий долговременный средний сейсмический режим, отображающий в геологическом масштабе времени современный момент и зависящий только от места в пространстве, а не от времени [3]. За эти промежутки времени может увеличиваться и уменьшаться активность, однако общие средние характеристики сейсмического процесса данной территории не должны сильно меняться, их условно считают приближенно постоянными. Это считается основной предпосылкой возможности сейсморайонирования [3].

Сейсмическая активность (A_{10}).

Для вычисления A_{10} использовались вышеупомянутые каталоги землетрясений за период 1970–2020 гг. Рассмотренный каталог землетрясений характеризуется уровнем представительности энергетического класса $K_{\min} = 7$ за последние десять лет и $K_{\min} = 8$ – за более ранние десятилетия.

На территории исследуемого района за указанный период зарегистрировано порядка 11200 землетрясений с энергетическим классом $K \geq 8$, из них 189 – сильных землетрясений с классом $K \geq 12$ и 608 – с $K \geq 11$.

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

Для построения карты сейсмической активности A_{10} исследуемая территория была разбита на равные прямоугольные площадки размером $0,4^\circ$ по широте и $0,6^\circ$ по долготе (размеры площадки примерно 45×50 км).

Значение сейсмической активности A_{10} вычислялось по известной формуле [1,2,10,11,14]:

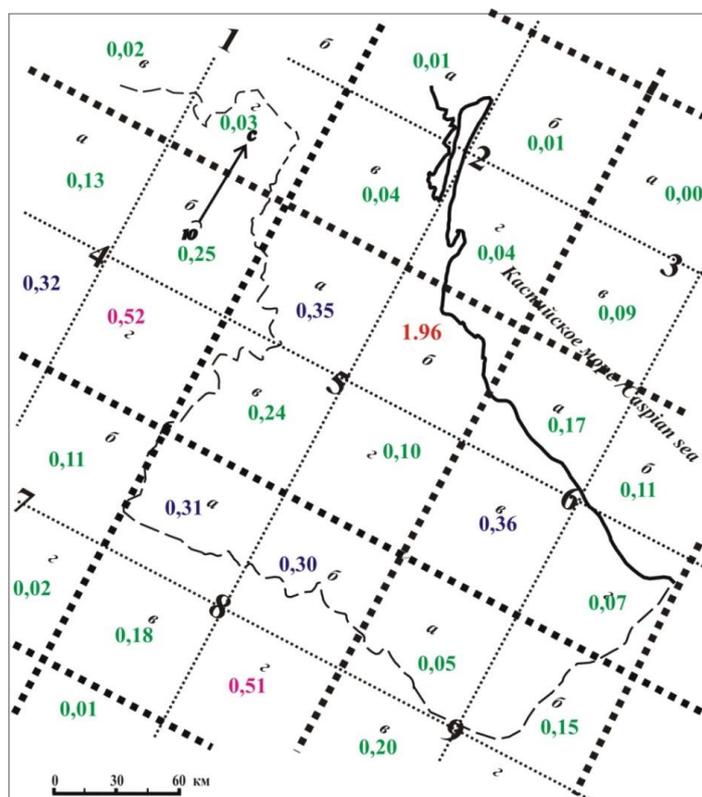
$$A_{10} = \frac{S_0 \cdot T_0}{S \cdot T} \cdot \frac{\sum_{K_{\min}}^{K_{\max}} 10^{\gamma(K-10)} \cdot N_K}{K_{\max} - K_{\min} + 1} \quad (2)$$

где γ – наклон графика повторяемости (в нашем случае: $\gamma = 0,51$); S_0 – единица нормирования по площади ($S_0 = 1000 \text{ км}^2$); T_0 – единица времени ($T_0 = 1$ год); S – площадь выбранных площадок (в нашем случае: $S = 2250 \text{ км}^2$); T – период наблюдения землетрясений (в нашем случае: $T = 51$ год).

Для каждой площадки находилось N_K – число землетрясений энергетического класса K , где $K = \lg E$, (E – энергия землетрясения в Дж), произошедших на этой площадке за период наблюдения и проводилось суммирование от минимального энергетического класса K_{\min} до максимального K_{\max} по формуле (2). Расчет карты сейсмической активности по формуле (2) проводился с помощью программы, разработанной нами на Delphi. Вычисленное значение A_{10} приписывалось центру вышеуказанных площадок.

Для определения значений сейсмической активности каждого блока региона произведено наложение и совмещение построенной карты A_{10} со схемой геодинамических блоков (рис. 3).

На построенной, таким образом, карте видно, что наиболее сейсмически активная зона расположена в центральной части исследуемой территории, где значение активности достигает $A_{10} = 1.96$, что не противоречит карте сейсмической активности A_{10} , построенной ранее суммированием методом землетрясений [1]. В прибрежной зоне Каспийского моря активность характеризуется значением $A_{10} = 0,1-0,2$.



Условные обозначения / Legend
 - 1 - 2 - 3 - 4

4 – сейсмическая активность; остальные обозначения приведены в условных обозначениях к рис. 1.

Рис. 3. Карта сейсмической активности (A_{10}) блоков С-В сегмента Восточного Кавказа

Переход от A_{10} к условным единицам (от 0 до 1) произведено экспертным путем: максимальному значению A_{10} (1.96) присвоена – 1; минимальному значению и при отсутствии информации по блоку – 0; при значении A_{10} в блоках от 0,50 до 1.00 – 0,7; при значении от 0,36 до 0.49 – 0,5; при значении от 0,02 до 0.35 – 0,3. Результаты перевода A_{10} в условные единицы приведены в таблице суммарной оценки сейсмотектонического потенциала (табл. 3).

Максимальная отмеченная (наблюденная) магнитуда (M_{max}) определена по результатам анализа общего каталога землетрясений Единой геофизической службы РАН (ЕГС РАН) и каталога землетрясений Дагестанского отделения ЕГС РАН. Максимальный условный вес придан сейсмическому событию в блоке с $M \geq 6.6$ – 1, с $M = 6-6.5$ – 0.9, $M = 5.5-5.9$ – 0.8, $M = 4.5-5.4$ – 0.7, $M = 3.8-4.4$ – 0.5, $M < 3.8$ – 0.1. Результаты оценки условного веса по данному показателю приведены в таблице 3. Таким образом, по максимальным отмеченным магнитудам наибольший условный вес имеют блоки - 5(a,б,г), 6(a,в,г), 7(a,б), 8(a,б) и 9(a,б,г).

Период последней активизации (τ) определялся по каталогу исторических землетрясений. Макросейсмические данные о сильных землетрясениях Дагестана имеются с VII века нашей эры [5]. В доинструментальный период (VII-XIX вв.) имеются сведения о 18 землетрясениях, весьма существенно отличающихся по своей информативности. Оценка условного веса по периоду последней активизации (по результатам анализа каталога исторических землетрясений) приведена в таблице 3. Максимальная условная единица - 1 придана сильному сейсмическому событию в блоке XVIII-XIX вв., XVII века – 0.5, с VII по XIII века – по 0.1. Анализ материала каталога показывает, что по периоду последней активизации наибольший условный вес имеют исторически активные блоки, а именно - 4б, 5(a,б,в), 6в, 8а и 9б.

Тектоническая активность (a_t). Оценка тектонической активности блоков в неогеновый и четвертичный периоды геологического развития производилась также в условных единицах. Для целей определения сеймотектонического потенциала блоков и определения потенциальных зон возможных очагов землетрясений (зон ВОЗ) современная и историческая активность имеет наибольшее значение и условный вес по сравнению с общей четвертичной и новейшей активностью (табл. 2).

Таблица 2.

Тектоническая активность блоков различных порядков в неогеновый и четвертичный периоды геологического развития

Четвертичный период	Современная активность (последние 100 лет)	1 (макс.)
	Историческая активность (от 100 до 6000 лет)	0.7
	Четвертичная активность (до 1.8 млн. лет)	0.2
Неогеновый период	Новейшая активность (последние 25-35 млн. лет)	0.1

Анализ современной активности показывает, что за последние 100 лет самым активным являлся блок 5б, которому присвоено и максимальное значение - **1**. В пределах блока произошли Дагестанское землетрясение 14.05.1970 г. (8 - 9 баллов), Салатауское - 23.12.1974 г. (7 баллов), Буйнакское - 9.01.1975 г. с силой в эпицентре равной 8 баллам, Кумторкалинские - (31.01. с силой в 7 баллов и 21.02., 14.04.1999 г.) и др.

Исторически активным блокам присвоены по **0.7** условных единиц. Исторически активными являлись блоки 4(б, в, г), 5(а, б, в), 6(в, г), 7б, 8(а, в) и 9б. Наиболее исторически сейсмоактивными оказались блоки 5(а) и 6(г), где произошли сильные сейсмические события с магнитудами от 5 и выше.

Четвертичная и новейшая активность подтверждается многими выдающимися геологами и не подлежит сомнению. Всем остальным блокам Восточного Кавказа присвоены по **0.2+0.1** условных единиц.

Суммарная оценка сеймотектонического потенциала блоков Восточного Кавказа показывает что, наибольший условный вес имеют блоки - 5(а, б), 6в, 8а и 9б (табл. 3).

Таблица 3.

Суммарная оценка сеймотектонического потенциала блоков С-В сегмента Восточного Кавказа (в условных единицах).

Геодинамические блоки		Показатели сеймотектонического потенциала (S_p)					Суммарная оценка, усл. ед.
		Мощность сейсмоактивного о слоя, h	Сейсмическая активность, A_{10}	Максимальная отмеченная (наблюденная) магнитуда (M)	Период последней активизации (τ)	Тектоническая активность (a_t)	
1	<i>а</i>	0	0	0	0	0.2 + 0.1	0.3
	<i>б</i>	0	0	0	0	0.2 + 0.1	0.3
	<i>в</i>	0	0.3	0.7	0	0.2 + 0.1	1.3
	<i>г</i>	0	0.3	0.7	0	0.2 + 0.1	1.3
2	<i>а</i>	0	0	0.5	0	0.2 + 0.1	0.8
	<i>б</i>	0	0	0.1	0	0.2 + 0.1	0.4
	<i>в</i>	0	0.3	0.5	0	0.2 + 0.1	1.1
	<i>г</i>	0,1	0.3	0.5	0	0.2 + 0.1	1.2

3	<i>a</i>	0	0	0.1	0	0.2 + 0.1	0.4
	<i>б</i>	0	0	0.5	0	0.2 + 0.1	0.8
	<i>в</i>	0,1	0.3	0.5	0	0.2 + 0.1	1.2
	<i>г</i>	0,1	0	0.5	0	0.2 + 0.1	0.9
4	<i>a</i>	0,1	0.3	0.7	0	0.2 + 0.1	1.4
	<i>б</i>	0,5	0.3	0.7	1	0.7	3.2
	<i>в</i>	0,1	0.3	0	0	0.7	1.1
	<i>г</i>	0,3	0.7	0.7	0	0.7	2.4
5	<i>a</i>	1	0.3	1	1	0.7	4.0
	<i>б</i>	0,3	1.0	0.8	1	1	4.05
	<i>в</i>	0,1	0.3	0.7	1	0.7	2.8
	<i>г</i>	1	0.3	0.8	0.5	0.2 + 0.1	2.9
6	<i>a</i>	0,5	0.3	0.9	0.1	0.7	2.5
	<i>б</i>	0,8	0.3	0.5	0.1	0.2 + 0.1	2.0
	<i>в</i>	0,3	0.5	0.8	1	0.7	3.3
	<i>г</i>	0,8	0.3	0.9	0.1	0.7	2.8
7	<i>a</i>	0	0	0.8	0	0.2 + 0.1	1.1
	<i>б</i>	0	0.3	0.8	0	0.7	1.8
	<i>в</i>	0	0	0	0	0.2 + 0.1	0.3
	<i>г</i>	0	0.3	0.7	0	0.2 + 0.1	1.3
8	<i>a</i>	0,8	0.3	0.8	1	0.7	3.6
	<i>б</i>	0,3	0.3	0.8	0	0.2 + 0.1	1.7
	<i>в</i>	0,3	0.3	0.7	0	0.7	2.0
	<i>г</i>	0,1	0.7	0.7	0	0.2 + 0.1	1.8
9	<i>a</i>	0	0.3	1	0.5	0.2 + 0.1	2.1
	<i>б</i>	0,1	0.3	0.8	1+0.5	0.7	3.4
	<i>в</i>	0,1	0.3	0.7	0	0.2 + 0.1	1.4
	<i>г</i>	0,1	0	0.8	0	0.2 + 0.1	1.2

Максимальное значение потенциала (**4.05**) и современную активность имеет блок 5б (рис. 4 и 5), что подтверждают и ранее полученные, при оценке геодинамического потенциала, результаты [7, 8].

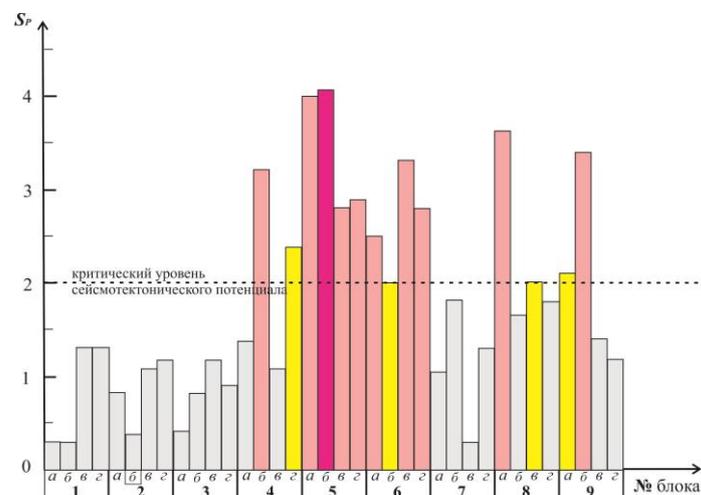
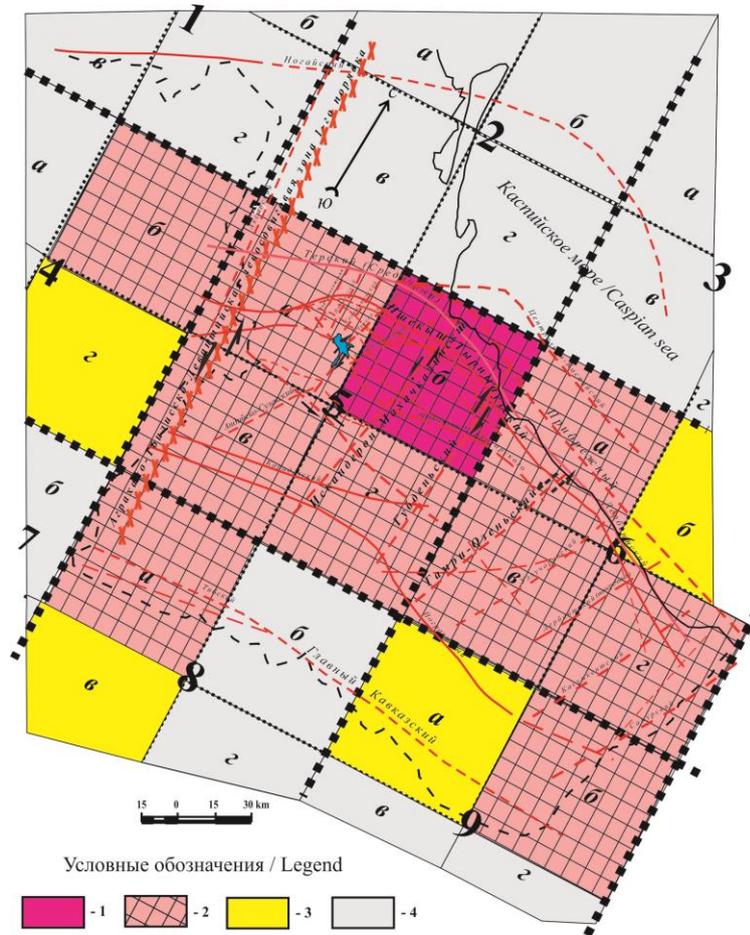


Рис. 4. Шкала уровня сейсмотектонического потенциала блоков СВ сегмента Восточного Кавказа



1 - блок, имеющий наибольший сейсмотектонический потенциал (**4.05**) и современную активность, 2 – потенциальные зоны ожидания возможных очагов сильных землетрясений, имеющие суммарные значения сейсмотектонического потенциала в пределах от **2.5** до **4.05**, 3 – блоки, имеющие критический (более **2,0** ед. – 50 % барьер) сейсмотектонический потенциал, 4 – прочие блоки, имеющие сейсмотектонический потенциал ниже критического, Остальные обозначения приведены в условных обозначениях к рис. 3.

Рис. 5. Потенциальные зоны ВОЗ и блоки, имеющие критический сейсмотектонический потенциал в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа.

Заключение. В результате проведенных исследований закартировано в условных единицах изменение сейсмотектонического потенциала на исследуемой территории. Учитывая, что исторически активным являлся блок 5а, а современным активным – блок 5б, следует ожидать сильных сейсмических событий со «сдвиговым» механизмом очага в блоках 5б и 6(а,в), а именно – на стыке Капчугайского грабена и Губденского блока по Искандерон-Махачкалинскому глубинному разлому, а также на стыке Губденского и Гамри-Озеньского блоков по одноименным глубинным разломам. Соответствующим службам следует активизировать мониторинговую деятельность в пределах региона по сбору и обработке параметров геофизических полей.

Предварительно выделенные потенциальные зоны ВОЗ в уточненном варианте, могут послужить основанием для постановки дополнительных геофизических и GPS (ГЛОНАС)-наблюдений, а также геодеформационных наблюдений (совместно с наблюдением за ГГД-полем) в режиме мониторинга. Применение дополнительных геолого-геофизических методов позволит уточнить предварительно выделенные потенциальные зоны ВОЗ, оценить макси-

мально возможные магнитуды и снизить риск экологических последствий современной сейсмичности.

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

Литература

1. Арефьев С.С., Асманов О.А., Дейнега А.Г., Мусаев М.А., Шебалин Н.В. Количественные характеристики сейсмичности Дагестана // Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. Сейсмология, геология, геофизика. М.: Наука, 1980. С. 10–17.
2. Бунэ В.И. Сейсмический режим Вахшского района Таджикской ССР. Душанбе: АН Тадж. ССР. 1965. С. 71–128.
3. Джигладзе Э.А. Энергия землетрясений, сейсмический режим и сеймотектонические движения Кавказа.- Тбилиси: Мецниереба, 1980. 255 с.
4. Краснопевцева Г.В. и др. Результаты глубинного сейсмического зондирования земной коры Кавказа.- В кн.: Глубинное строение Кавказа. М.: Наука, 1966.- С. 43-56.
5. Левкович Р.А., Магомедов А.М., Асманов О.А. К сейсмическому районированию Дагестанской АССР // Сейсмический режим территории Дагестана. Сб. Ин-та геологии Даг. ФАН СССР. № 1. 1977. Тип. Даг. фил. АН СССР. Махачкала, 1977. С. 31-40.
6. Леонов Ю.Г. Тектоника и геодинамика на современном этапе: вопросы методологии исследований. // Геология и геофизика Юга России, № 1, 2011.- С. 4-19.
7. Магомедов Р.А. Геодинамический потенциал блоков Восточного Кавказа // Геология и ресурсы Кавказа. Труды ИГ ДНЦ РАН. Выпуск № 3 (82). 2020. С. 54-61. DOI: 0.33580/2541-9684-2020-82-3-54-61.
8. Магомедов Р.А. Особенности связи между пространственно-временным распределением сейсмичности, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоникой Восточного Кавказа. Геология и геофизика Юга России. 2021. 11 (1): 69 – 80. DOI: 10.46698/VNC.2021.72.56.006.
9. Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология. Учеб. пособие для вузов. В 2 т. Под общ. ред. И.И. Мазура. М.: Высш. шк. 1996.- 636 с.
10. Методы детального изучения сейсмичности / Бунэ В.И., Гзовский М.В., Запольский К.К. и др. Тр. Ин-та Физики Земли АН СССР. 1960, №9 (176) с. 327.
11. Мусаев М.А. Пространственно-временные вариации распределения сейсмичности на территории Дагестана с сопредельными территориями за 2006 – 2019 гг. // Тр. Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1 (80). С. 70–76. DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-70-76.
12. Рейснер Г.И. и др. Типизация земной коры и сейсмический потенциал Сахалина // Вулканология и сейсмология. - 1998. - № 4-5.-С. 103-111.
13. Рейснер Г.И., Рогожин Е.А. Прогнозирование сейсмического потенциала // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций и их источников. Научно-практическая конференция. 26 - 27 июня 2001 г. Доклады и выступления. - М.: Центр «Антистихия», 2002. С. 236-241
14. Ризниченко Ю.В. Сейсмическая активность территории СССР. М.: Наука. 1979. 192 с.
15. Тишкин Б.М. Способ оценки геодинамического потенциала структур и использование его в геологических задачах // Вестник КРАУНЦ. Серия «Науки о Земле». 2006. № 1. вып. №7. С. 138-152.
16. Bornyakov S. A., Ma J., Miroshnichenko A. I., Guo Y., Salko D. V., Zuev F. L. Diagnostics of metastable state of seismically active fault // Geodynamics & Tectonophysics. – 2017. – Vol. 8 (4). – pp. 989-998.
17. Imaeva L. P., Gusev G. S., Imaev V. S., Ashurkov S. V., Melnikova V. I., Seredkina A. I. Geodynamic activity of modern structures and tectonic stress fields in northeast Asia // Geodynamics & Tectonophysics. – 2017. – Vol. 8 (4). – pp. 737-768.

УДК: 553.9

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-46-57

ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ДАГЕСТАНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

*Меликов М.М., Гаджиева Т.Р.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

В работе рассматриваются проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли Дагестана на основе анализа опубликованной литературы геолого-геофизического материала, а также анализа данных государственных балансовых запасов и разработки нефтяных и газовых месторождений.

Ключевые слова: экономика, ресурсы, потенциал, нефтеотдача, нефтегазоносность, нетрадиционная, структурная ловушка, минерально-сырьевая база, сланцевая формация, нефтеподводящие каналы, трещиновато-кавернозные, углеводородный ресурс, эродированный фундамент, реабилитация.

PROBLEMS OF THE OIL AND GAS INDUSTRY IN DAGESTAN AND THE PROSPECTS FOR ITS DEVELOPMENT

*Melikov M.M., Gadzhieva T.R.
Institute of Geology, DFRC RAS*

The paper examines the problems and prospects for the development of the oil and gas industry in Dagestan based on the analysis of the published literature of geological and geophysical material, as well as the analysis of data from the state balance reserves and the development of oil and gas fields.

Key words: economics, resources, potential, oil recovery, oil and gas content, unconventional, structural trap, mineral resource base, shale formation, oil supply channels, fractured cavernous, hydrocarbon resource, eroded foundation, rehabilitation.

Происходящие в мире грандиозные изменения, в первую очередь, – пандемия, связанная с распространением коварного непредсказуемого вируса – Ковид-19, во-вторых геополитическими изменениями на международной арене, последствия которых предполагает определение пути дальнейшего развития человечества, по крайней мере на протяжении текущего столетия. Экономическое и политическое лидерство в мире сосредоточено в руках развитых стран, в которых проживают 15% населения Земли (золотой миллиард), потребляющих 70-80% мировых ресурсов, особенно углеводородов, что создает предпосылки для глобального конфликта, проявляющиеся и в настоящее время. Процессы интеграции и глобализации во всех сферах жизнедеятельности человечества на планете нарастают. Кроме того, нарастает угроза экологической катастрофы, связанные в т.ч. и климатическими катаклизмами а также потреблением традиционных источников энергии. Запасы основных энергоносителей – УВ сокращаются или растут недостаточными темпами, связанные со многими причинами. На современном этапе появились секторальные санкции а также и торговые «углеводородные» войны (реальные и информационные). Это обязательно нужно учитывать в практической деятельности, особенно нефтедобывающим странам.

Констатация реалии экономики нашей страны такова, что в конце 20-начало 21 столетий, временно является ресурсно-ориентированной биологические(лесные) и особенно на традиционные энергоносители – УВ.

Доля РД в пополнении ресурсной базы страны играет незначительную роль роль. В связи с этим можно отметить, что современное положение с добычей нефти и газа и приростом их запасов в Республике Дагестан, характеризуемое негативными тенденциями к снижению, о чем свидетельствуют анализ данных Гос. балансовых запасов (ГБЗ) и материалы по разработке ставит перед геологоразведочным процессом ряд неотложных проблем, требующих незамедлительного решения. С реальным оптимизмом позволяют взглянуть на перспективы развития

нефтегазовой отрасли РД работы по обобщению геолого-геофизической информации, а также современные взгляды на происхождение УВ.

Специалисты нефтегазового комплекса России давно отметили, что существуют две негативные тенденции в развитии отрасли: отставание процесса воспроизводства минерально-сырьевой базы и, продолжающееся падение показателей нефтедобычи, вызывающие особую тревогу:

Далее, к сожалению, не является секретом, что геологоразведка Дагестана, как и, в целом, всей страны переживает целый ряд довольно серьезных трудностей и проблем. К их числу можно отнести и истощение месторождений, сокращение числа открытий новых месторождений, и неэффективные методы добычи, обусловленные отсутствием современных инновационных технологий, обеспечивающих прирост запасов УВ и, особенно, в старых нефтегазодобывающих районах.

Проведенный анализ геолого-геофизического и опубликованного материалов подает надежду на дальнейшее развитие нефтегазодобывающей отрасли Республики.

В Прикумской нефтегазоносной области (ПНГО) имеется ряд неучтенных площадей с доказанной нефтегазоносностью, в которых необходимо проведение доразведки с применением высокоточной сейсмики и рекомендовать проведение дополнительных испытаний этих интервалов на наличие в них УВ [1].

Количество и общая площадь с доказанной нефтегазоносностью структур составляет 206,16 км² (при средней высоте – 47,8) нефтегазоконденсатных – 138,6 км² (34,1), газоконденсатных – 26, 62 км² (31,8)

Однако, в связи с тем, что поиски традиционных структурных ловушек ограничены, а нетрадиционных – носят прогнозный характер, опыт геологоразведочных работ в большинстве нефтегазоносных провинций мира показывают, что освоение ресурсов углеводородов УВ сланцевых формаций является одним из перспективных направлений развития современной мировой нефтегазовой отрасли. В условиях снижения разведанных запасов УВ в традиционных ловушках месторождений, поиски и освоение «нетрадиционных» ловушек являются актуальными.

В связи с вышеизложенным, выявление условий формирования и закономерностей распространения скоплений УВ в отложениях майкопской серии Центрального и Восточного Предкавказья является актуальной задачей, стоящей перед нефтяной промышленностью как страны, так республики Дагестан. Хадумские отложения, содержащие скопления углеводородов УВ в Предкавказье, сложены как традиционными, так и нетрадиционными коллекторами. Примером таких отложений являются сланцевые формации нефтяного плеча Eagle Ford бассейна Западный-Гальф Южного Техаса, формация Баккен бассейна Уиллистон, формация Barnett бассейна FortWorth, Техас США, которые по ряду физических параметров схожи с хадумской свитой Предкавказья, что подтверждает их актуальность (Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Дмитриевский С.С., Яндарбиев Н.Ш., Козлова Е.В., 2015). В работах указанных исследователей рассчитаны величины исходного генерационного углеводородного потенциала для хадумских и баталпашинских отложений в пределах исследуемого региона и составляет 133,4 млрд. т., в том числе, хадумская свита – 92,7 млрд. т., баталпашинская свита – 40,7 млрд. т., что свидетельствует о высокой перспективности этих отложений [2-3]. В работе Гаврилова Ю. О. и др., показано, что органическое вещество (ОВ) в породах хадумской свиты разреза «Чиркей» характеризуется относительно высокой степенью зрелости, которая соответствует главной зоне нефтеобразования [4]. Что касается этих отложений, то, видимо, серьезно рассчитывать на них в текущем столетии вряд ли стоит. Слишком сложные геолого-геоморфологические условия и наличие. Технологий добычи нефти из них нет и они пока даже не рассматриваются.



Рис.1.Верхний Хадум (темное) –контакт с миатлинской свитой (по Ю.О.Гаврилову, 2017)



Рис.2. Контакт Белоглинки и Хадума напротив Миатлов (по Ю.О.Гаврилову, 2017)



Рис.3. Хадум – общий вид (вдоль дороги на Дубки) (по Ю.О.Гаврилову, 2017)

В этом направлении также работы проведены Дмитриевским С.С.и др, [3].

В Дагестане, с учетом геолого-структурных особенностей, истории их развития, однотипности структур и нефтегазоносности комплексов отложений, выделены два нефтегазоносных района: Терско-Кумский и Предгорный Дагестан, между которыми расположена перспективная, в нефтегазоносном отношении, Терско-Сулакская низменность. (рис. 1). Последние в системе подразделений нефтегазогеологического районирования относятся к Прикумской и Терско-Каспийской нефтегазоносным областям, входящим в состав Средне-Каспийского нефтегазоносного бассейна (И.О. Брод и др.).

В Прикумской нефтегазоносной области (ПНГО) продуктивными являются интервалы отложений от триаса до нижнего мела.

Всего в Дагестане открыто 51 месторождения (рис. 1).В Предгорном Дагестане. Нефтяные залежи распространены по всему разрезу в интервалах глубин от 0,5-5 км. В ПНГО нефтяные и газоконденсатные залежи расположены в интервалах глубин 3-4,5 км, соответствующие температурам 100-170 °С. Около 50 % разрабатываемых и разбуренных запасов (категории А) нефти и газа Дагестана приходится на интервалы глубин 5-7 км. Относительно низкой остается степень геологической изученности глубокозалегающих горизонтов с точки зрения их нефтегазоносности [3-4].

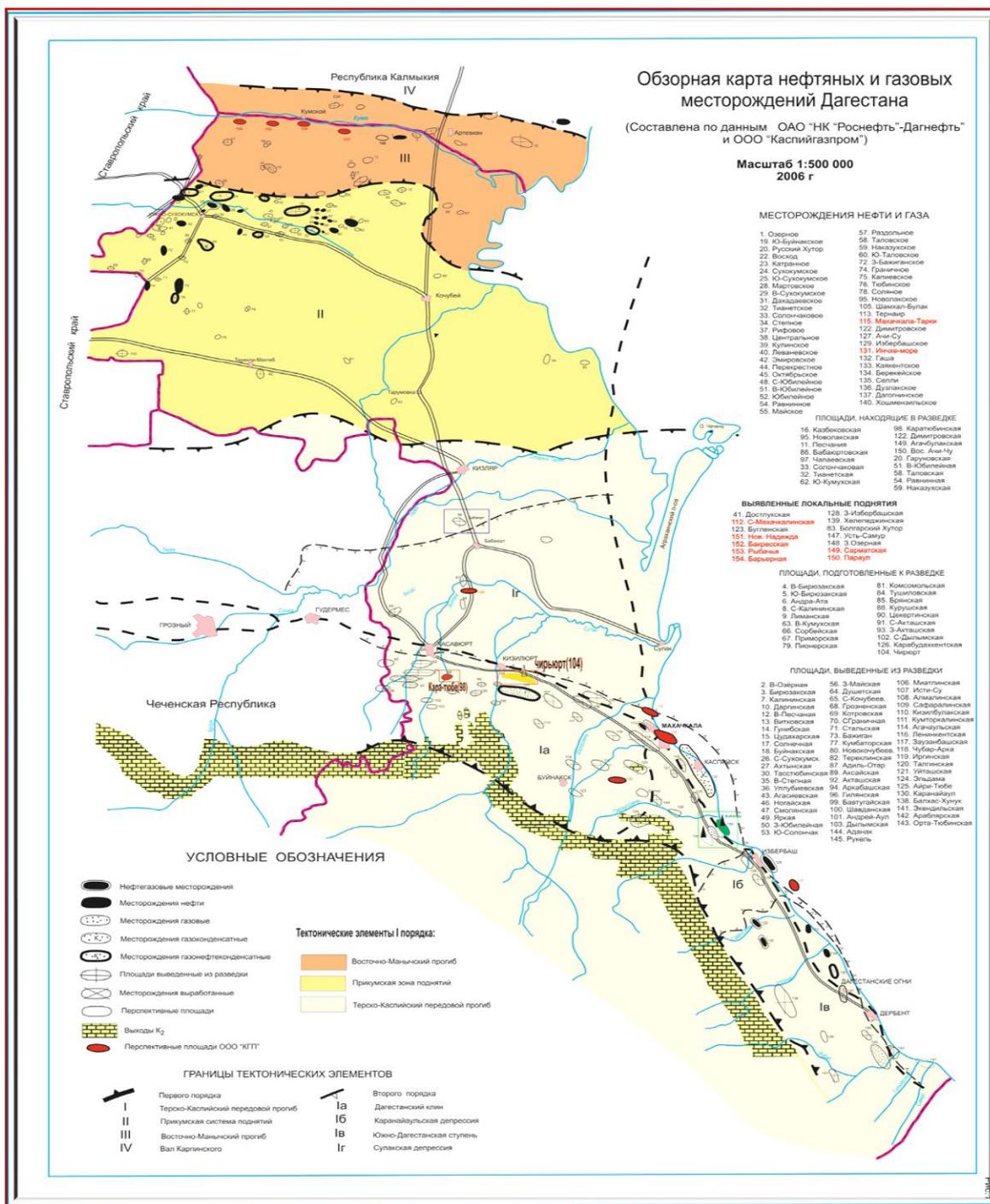


Рис. 1. Обзорная карта нефтяных газовых месторождений Дагестана

Проведенный анализ материалов по разработке месторождений Дагестана, в частности, по Прикумской нефтегазоносной области, позволил установить, что большая часть месторождений характеризуется высокой степенью обводненности – (от 75 до 85 %) и большой выработанностью (50-70 %) запасов, текущий КИН – доли единиц.

В среднем нефтеотдача пластов по различным странам и регионам колеблется в пределах 25-40 % [5].

Например, в странах Латинской Америки и Юго-Восточной Азии средняя нефтеотдача пластов составляет 24–27 %, в Иране – 16–17 %, в США, Канаде и Саудовской Аравии – 33–37 %, в странах СНГ и России – до 40 %, в зависимости от структуры запасов нефти и применяемых методов разработки (Смирнова Т.С., Долгова Е.Ю. и др., 2013).

Остаточные или неизвлекаемые промышленно освоенными методами разработки запасы нефти достигают в среднем 55-75% от первоначальных их геологических запасов в недрах [5].

Максимального значения (пик Хабберта) добыча УВ в Дагестане достигла в 1970г. (нефть – 1600 тыс.т., газ – 2,178 млн. м³), после чего стабильно начала падать. Это вполне понятно и объяснимо, что связано с начальными этапами разработки месторождений Дагестана

Кроме того, в 70-х годах доля разведочного бурения в общем объеме буровых работ у нас в стране была 48%, а сейчас? – около 5%, что негативно сказывается в добыче и разработке [6].

Нами проанализированы данные Государственных балансовых запасов нефти, где показано, что учтено 41 месторождение (21 нефтяное, 4– газонефтяных).

На разрабатываемых месторождениях категории А+В₁ – 8,458 млн.т, на разведываемых кат. С₁ – 0,122 млн.т, всего (кат. А+В₁+С₁) –8,580 млн.т. Неразбуренные извлекаемые запасы нефти категории В₂ (оцененные) на разрабатываемых месторождениях составляют 1,509 млн. т, на разведываемых кат С₂ – 0,376 млн.т, всего (кат. В₂+С₂) – 1,885 млн. т. В 2017г. в РД добыто 0,156 млн.т нефти, что на 0,011млн.т, или 6,59% меньше, чем в 2016 г.

Краткая характеристика технико-экономических показателей и состояние разработки месторождений УВ в Прикумской нефтегазоносной области показала, что все месторождения характеризуются высокой степенью обводненности%, поскольку месторождения истощены [5].

В мировой практике известны несколько случаев применения «реабилитационных» циклов для восстановления энергетического потенциала системы. Следует учитывать, что реабилитационный цикл – это не просто отдых, остановка системы. Должны быть предусмотрены методы и технологии активной реабилитации (как в медицине). Чтобы достичь эффективного и быстрого результата – восполнения активных запасов хотя бы в призабойной зоне и увеличения продуктивности скважины, нужны принципиально новые методы и технологии [6]

Может быть, нашим разработчикам учесть мнение специалистов, в котором, на наш взгляд, есть смысл приостановить разработку на короткий период на более истощенных месторождениях для достижения этих целей и, таким образом «расшевелить» продуктивные пласты.

В Нью-Йорке была опубликована авторская статья Н.П.Запывалова «Improved Oil Recovery vs. Enhanced Oil Recovery» о щадящих методах добычи нефти в противоположность насильственным методам. Она содержит практические рекомендации по внедрению новых щадящих технологий разработки месторождений (Improved oil recovery) и вызывает огромный профессиональный интерес в международной научной социальной сети *Research Gate*. отчеты специалистами из 83 стран мира, включая Россию [7]

В результате анализа разработки и имеющегося материала по промысловым параметрам и данных ГБЗ по химсоставу УВ нами были рекомендованы несколько методов увеличения нефтеотдачи [8].

В Предгорном Дагестане на ряде месторождений: Селли, Гаша, Ачи-су, Шамхал-Булак, Дузлак, Избербаш, коэффициент извлечения запасов нефти и газа составляет меньше 0,3% (Рис.8-10).

Таким образом, при такой сложившейся «печальной» ситуации, необходимо искать новые пути восполнения УВ-х ресурсов.

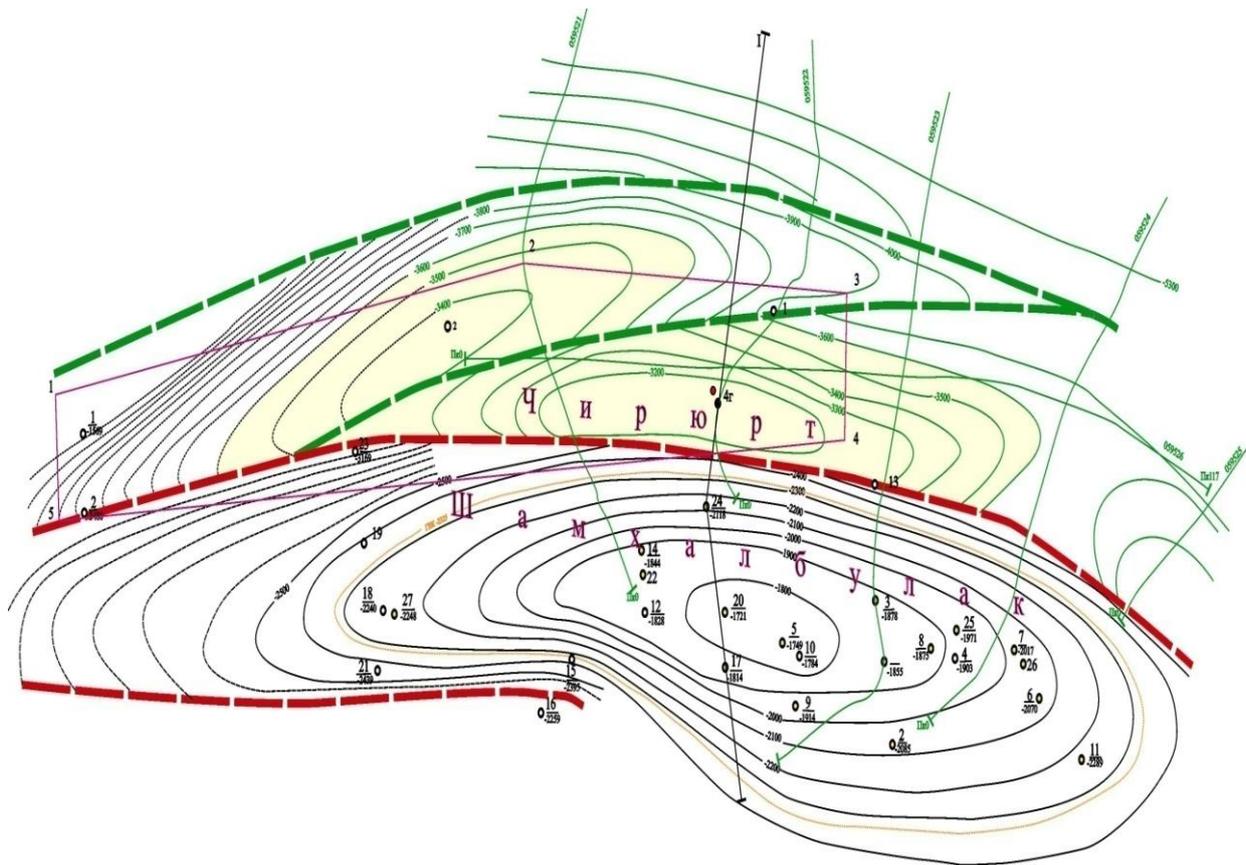


Рис. 8. Структурная карта по площади Чирь-юрт.

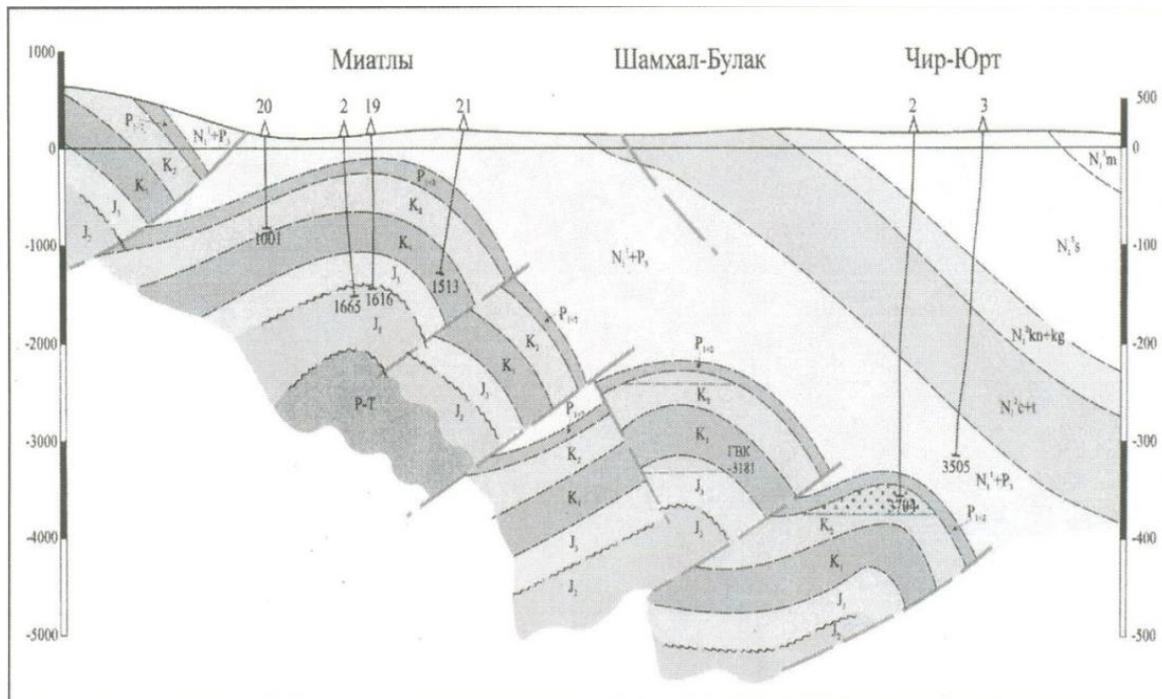


Рис. 9. Геологический профильный разрез по линии Миатлы-Шамхал-Булак-Чирь-Юрт.

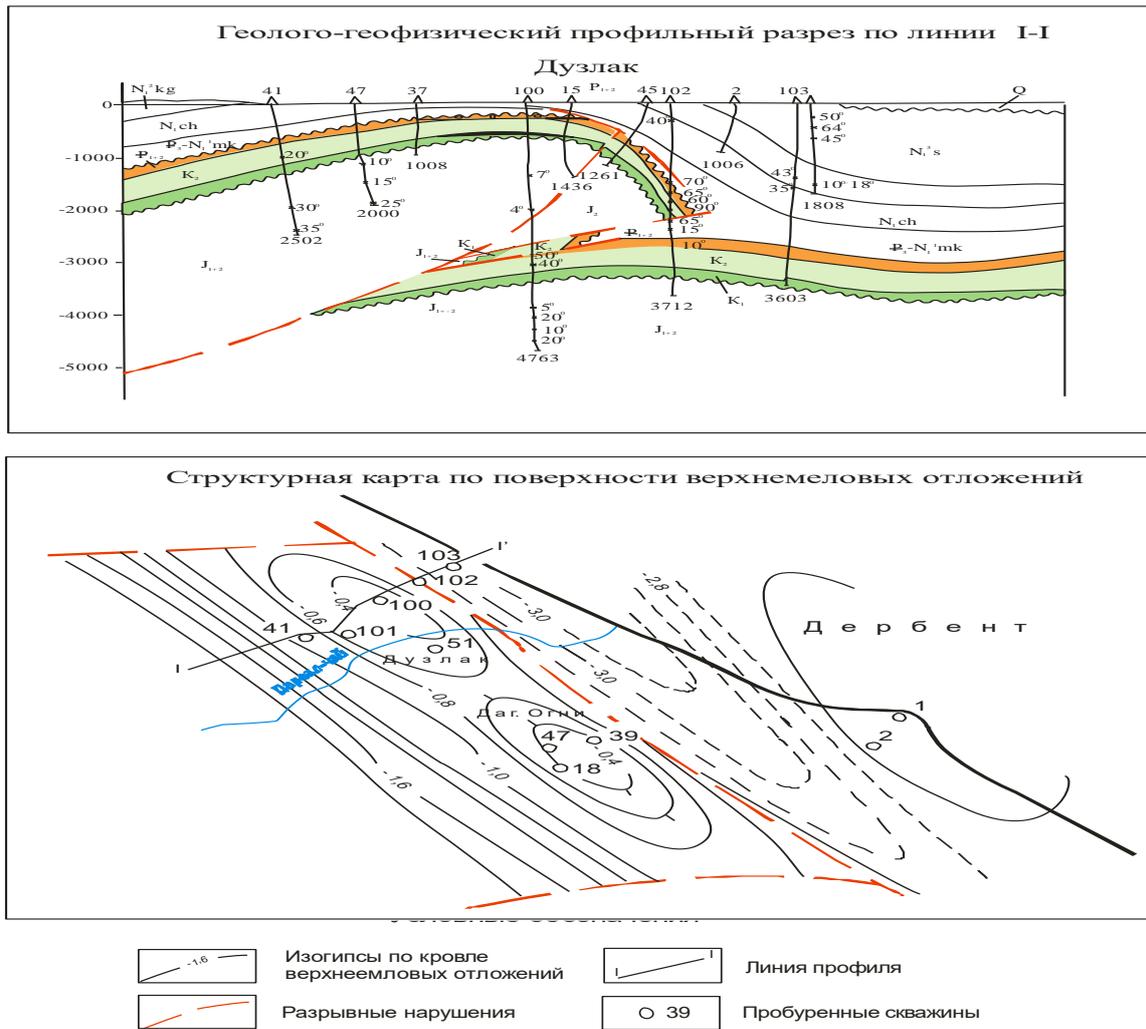


Рисунок 2 - Геологическая модель площади Дузлак (по К. О. Соборнову, 1991 г.)

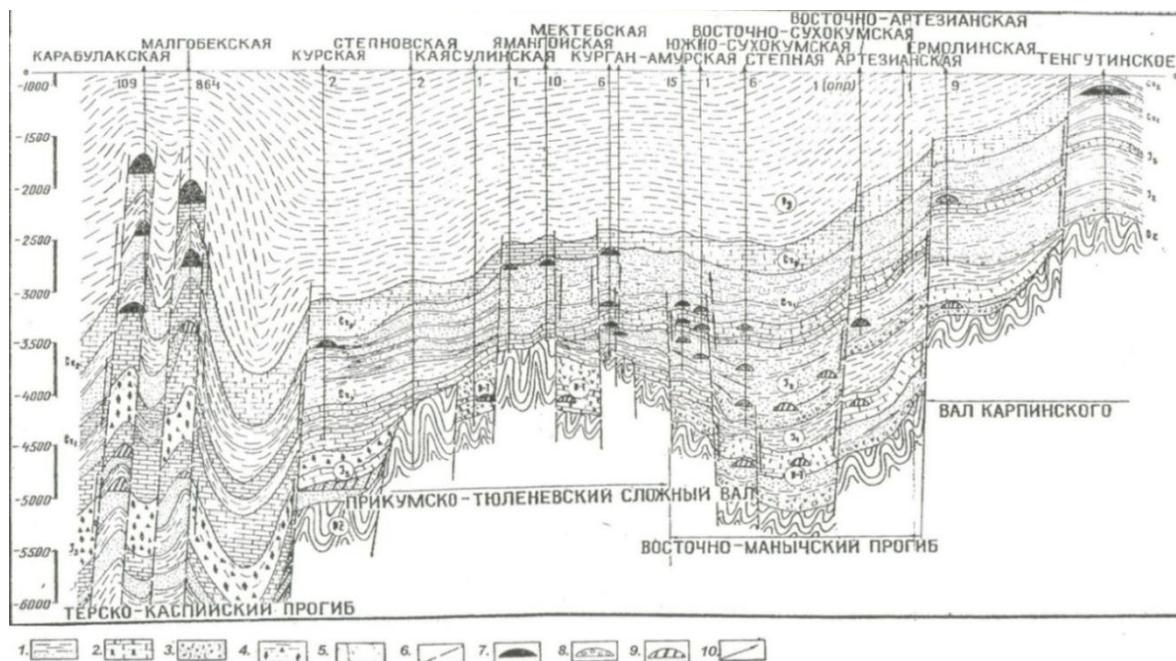
Рис.10. Геологический профильный разрез и структурная карта площади Дузлак. (по К.О. Соборнову,1991г.)

Кроме того, в последние годы основными направлениями геологоразведочных работ в платформенной части Восточного Предкавказья являются поиски и разведка нетрадиционных залежей УВ в пермо-триасовом комплексе. Среди многообразных типов пород пермо-триасового комплекса лишь их часть характеризуется высокими фильтрационно-емкостными свойствами. К их числу можно отнести трещиноватые и трещиновато-кавернозные известняки и доломиты нефтекумской свиты и анизийского яруса, с которыми связана промышленная нефтетазоносность в Платформенном Дагестане

Определённый интерес для поисков залежей УВ представляют эродированные выступы фундамента, сложенные интрузивными образованиями, и их склоны, на которых элювиальные осадки (аркозовые песчаники и гравелиты), в основном, пермского возраста перекрыты непроницаемыми породами-покрышками среднего и нижнего триаса (Рис.11).

Академик Андрей Алексеевич Трофимук утверждал: «Нижняя граница зоны нефтеобразования должна быть понижена до глубины 8000-10000 м. Бурением глубоких скважин доказано, что на этих глубинах нефтеобразование происходит не только в условиях мезокатагенеза, но и в условиях апокатагенеза. Расширение границ зон нефтеобразования сопровождается существенным ростом прогнозной оценки ресурсов углеводородного сырья» [7].

В развитии идей Н.А. Кудрявцева современными исследованиями установлено, что нефтяные месторождения связаны с нефтеподводящими разломами, которые в свою очередь проявляются как нефтеподводящие каналы [5]. Под крупными нефтяными месторождениями имеются нефтеподводящие каналы, за счет деятельности которых оно и сформировалось [9].



Условные обозначения: 1-глины, песчаники; 2-известняки, доломиты; 3-эффузивно-осадочные породы; 4-лагунно-континентальные отложения; 5-породы палеозойского фундамента; 6-предполагаемые разрывные нарушения; 7-установленные нефтяные залежи; 8-установленные газовые и газоконденсатные залежи; 9-предполагаемые залежи углеводородов; 10-направления миграции углеводородов.

Рис. 11. Схема размещения нефти и газа в мезозойских отложениях и граница доюрского основания Восточного Предкавказья

Так, на Ромашкинском месторождении (Татарский свод) за счет доразведки первоначальные запасы увеличились в 1,32 раза, с учетом дальнейшей переоценки за счет перехода на подсчет геологических запасов и повышение КИН это увеличение составит в 2,1 раза (а это более 1,7 млрд т). Дальнейшая доразведка позволит еще более нарастить геологические запасы. Все это позволяет увеличить сроки разработки месторождения с 40–50 лет (как планировалось первоначально) до 200 лет. Развитие теории и практики подпитки месторождений углеводородами из глубин недр Земли увеличивает ресурсный потенциал и неопределенно долго обеспечивает добычу из месторождений [9].

Почти все геологи в XX веке увлекались нефтематеринскими свитами. Исходя из органической теории происхождения нефти. Кстати, А. Леворсен в конце прошлого века пришел к выводу, что нефтематеринские толщи никакого отношения к практике поисково-разведочных работ не имеют. Он утверждал: «Проблема происхождения нефти и газа теряет в какой-то мере свое значение в качестве обязательной предпосылки для постановки поисковых работ. <...> нет необходимости искать особые материнские породы» [7].

В платформенной части Дагестана перспективными могут быть и породы палеозойского фундамента. Н.П. Запывалов пишет: «Что же касается проекта «Палеозой» Сибири, Под «палеозойским фундаментом» понимается огромный и разнообразный комплекс пород (протерозой и палеозой) на разных глубинах, что предопределяет возможность нефтеобразования и нефтенасыщения в разных породах и тектонических блоках. Геолого-геофизические материалы

подтверждают то (Н.П.Запивалов,2020). Глубинная петротермальная энергия способствует желательным геодинамическим процессам. Но проект «Палеозой» в Западной Сибири пока остается на этапе изучения и познания новых В качестве перспективных объектов обозначаются гранитоидные тела и другие очаговые зоны с активной современной геодинамикой (градиентная энтропия). Надо бурить глубокие скважины (до 15 км), тщательно и терпеливо испытывать интересные объекты. В случае получения слабых притоков или вязкой (битумной) нефти рекомендуется использовать вибрационные технологии (Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск). Они относятся к категории Improved Oil Recovery (IOR) [9].

Другим не менее важным перспективным районом является Терско-Сулакская низменность (ТСН), которая всегда привлекала большой интерес геологов-нефтяников к его геологическому строению. Во второй половине XIX в. изучением ее геологического строения занимались И.О.Брод (1959г.), Д.А. Мирзоев проводил структурно-геоморфологические работы (1962г.) и ряд других известных геологов. Изучением ее геологического строения занимаются и по настоящее время [10].

Но, однако, освоение этой территории затруднено из-за больших глубин залегания перспективных толщ (4,5км – пл. Аксай, до 6км – пл. Сулак). Мощность осадочного чехла составляет 10-12км (Рис.12).

В районе ТСН перспективные комплексы развиты повсеместно и характеризуются большими мощностями. В геологическом разрезе неогеновых отложений присутствуют плиоценовые отложения, имеющие широкое распространение, характеризующиеся хорошей фауной и выделяются два яруса: апшеронский и акчагыльский. Их суммарная мощность достигает до 1500 м [11].

В Предгорном Дагестане в результате проведенных исследований. Ф.М. Коршенбаумом (2007г.), удалось выявить на крыльях палеоантиклиналей, погребённых под мощными толщами меловых и палеоген-неогеновых отложений, благоприятные для формирования стратиграфически экранированных залежей. Так, на с-в погружении Губденского выступа можно выделить зону нефтегазонакопления, в пределах которой имеются определённые благоприятные условия для формирования залежей стратиграфического типа в отложениях средней юры. Эта зона нефтегазонакопления представляет собой полосу шириной 2,5-3 км и длиной до 20-25 км и имеет продолжение на с-в крыле Мугринской антиклинали. Условия, благоприятные для формирования стратиграфически экранированных залежей в байосских отложениях, имеются и на ю-з крыле Восточной антиклинальной зоны, а также условия для выявления тектонически экранированных залежей нефти и газа имеются и на с-в крыле Кадар-Апшинской (Ирганайской) антиклинали, где свод структуры был эродирован в мальм-неокомское время, и на байосских отложениях залегают породы барремского яруса. Проведённые геофизические исследования и пробуренные скважины (геотермальные – в окрестностях г. Буйнакск), позволили впервые выделить узкий палеограбённый прогиб, отделяющий с-в крыло Кадар-Апшинской антиклинали от Буйнакской синклинали, где в этой зоне могут быть обнаружены тектонически экранированные залежи нефти и газа на ю-з борту Буйнакской синклинали в отложениях средней, верхней юры, мела и палеогена (рис. 13).

Анализируя весь геолого-геофизический материал по Предгорному Дагестану можно отметить, что в Предгорном Дагестане, и в целом, есть ещё возможность для открытия крупных месторождений нефти и газа в верхнемеловом продуктивном комплексе на блок-структурах и ловушках со смешанным экранированием

Весьма перспективным направлением поиска нефтяных и газовых месторождений как традиционного, так и нетрадиционного типа ловушек является мезозой-кайнозойский комплекс акватория Среднего и Северного Каспия. Общая схема распространения нетрадиционных типов ловушек представлена на рисунке 14.

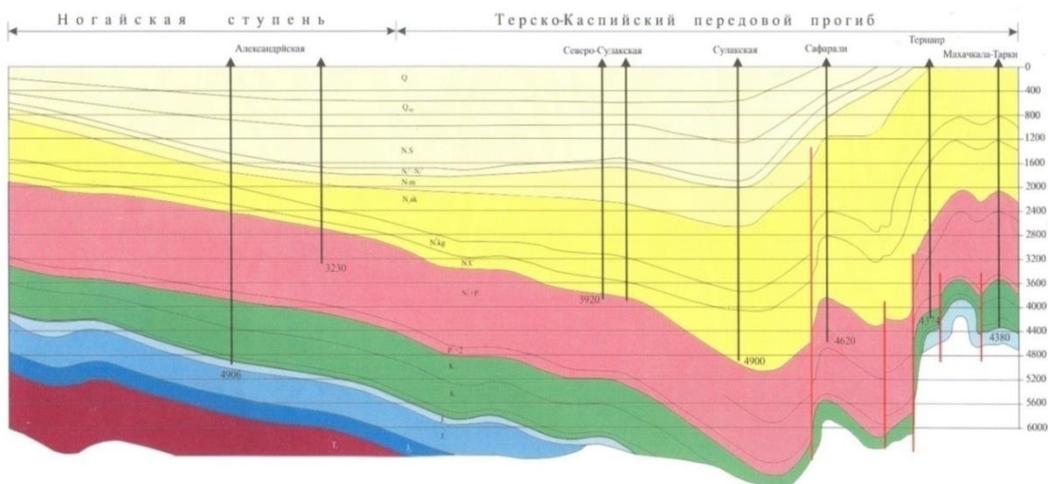


Рис.12. Региональный геологический профильный разрез через Терско-Каспийский прогиб по линии Кочубейская-Махачкала-Тарки (по результатам сейсморазведки ОАО «Краснодарнефтегеофизика»).

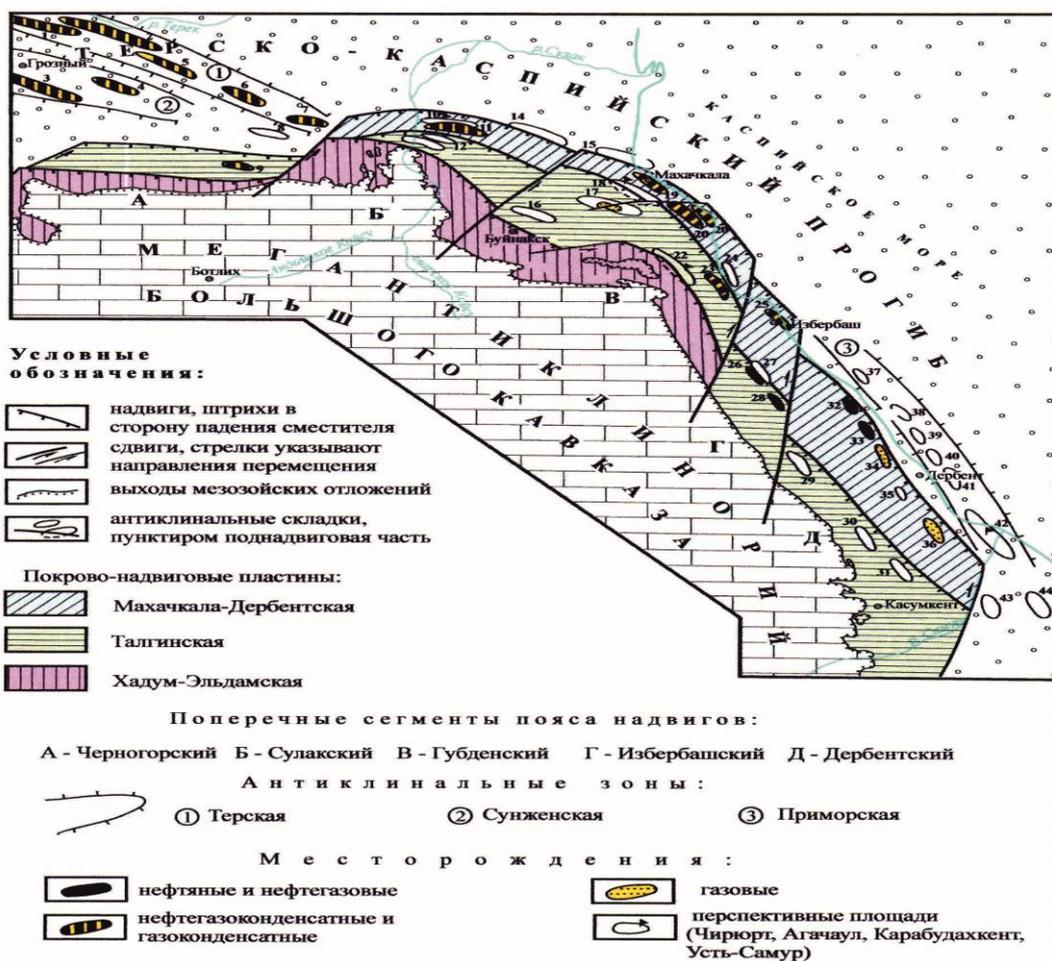


Рис.13. Схема распространения тектонических пластин Предгорного Дагестана (по Б.А. Соколову, К.О. Соборову, 1990г.)

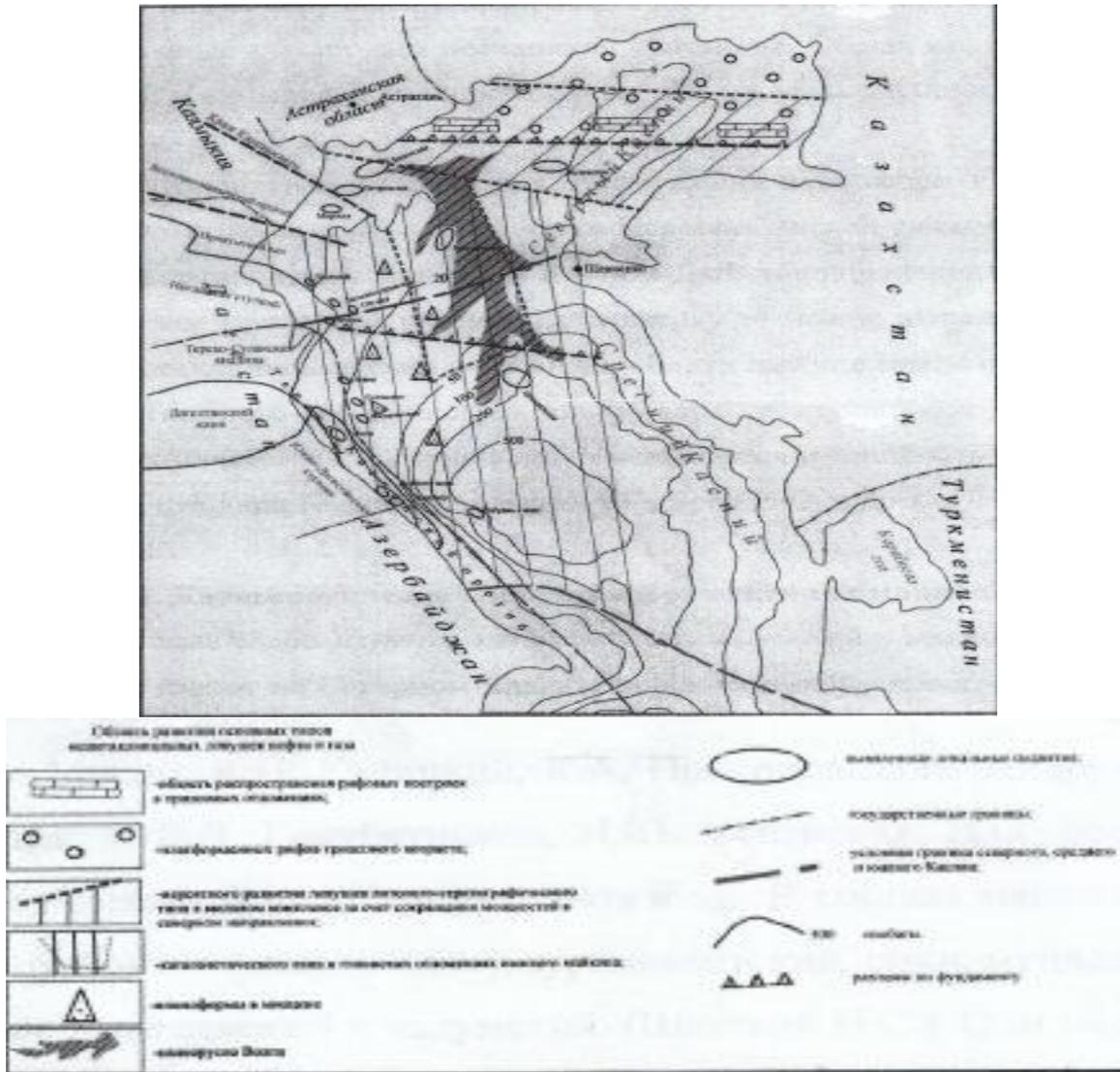


Рис. 14. Схематическая карта распространения нетрадиционных типов ловушек территории Восточного Предкавказья и сопредельных районов.

Выводы

Анализируя опубликованную литературу и весь геолого-геофизический материал и материалы по разработке по Предгорному Дагестану можно отметить, что в Предгорном Дагестане, и в целом, есть ещё возможность для открытия крупных месторождений нефти и газа в верхнемеловом продуктивном комплексе на блок-структурах и ловушках со смешанным экранированием.

В Равнинном Дагестане с целью повышения нефтеотдачи рекомендуется применение новых методов и технологий добычи, а также вести разработку в шадящем режиме с периодом реабилитации залежей и месторождений.

Начальные суммарные геологические ресурсы УВ нефтематеринских свит майкопской серии в пределах исследуемого региона составляют 22,8 млрд. т., в том числе, хадумская свита – 18,4 млрд. т., баталпашинская свита – 4,4 млрд. т, которые являются мощным резервом УВ-го потенциала РД.

Весьма перспективным направлением поиска нефтяных и газовых месторождений как традиционного, так и нетрадиционного типа ловушек является мезозой-кайнозойский комплекс акватория Среднего и Северного Каспия (Рис.14), а также породы доюрского основания. Нельзя исключить и перспективы ТСН.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Меликов М.М., Гаджиева Т.Р. К вопросу типизации месторождений и залежей углеводородов мезозойских отложений Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. Вып. № 1 (80). С 8-16.
2. Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Дмитриевский С.С., Яндарбиев Н.Ш., Козлова Е.В. Перспективы поисков скоплений углеводородов в сланцевых низкопроницаемых толщах хадумской свиты Предкавказья Нефтяное хозяйство. 2015. № 10. С. 50-53.
3. Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Дмитриевский С.С., Зайцев В.А. Оценка вторичных фильтрационных параметров низкопроницаемых сланцевых толщ майкопской серии центрального и восточного Предкавказья по результатам геомеханического моделирования Нефтяное хозяйство. 2016. № 9. С. 18-21.
4. Гаврилов Ю.О., Щепетова Е. В. И др. Обстановки седиментации и геохимия верхнеэоценовых и нижнеолигоценых отложений северо-Восточного Кавказа // Литология и полезные ископаемые, 2017, № 6. С.23-46
5. Боксерман А.А., Мищенко И.Т. «Пути преодоления негативных тенденций развития НГК России» // «Технологии ТЭК», №4 (29), 2006. С.30.
6. Шмаль Г.И. О новой парадигме развития нефтегазовой геологии // Изд-во «Ихлас». Казань., 2020. 583с.
7. Запивалов Н.П. Нефть XXI ВЕКА: новая парадигма // О новой парадигме развития нефтегазовой геологии. Казань. Изд-во «Ихлас». 2020С.583с.
8. Меликов М.М. Гаджиева Т.Р. К вопросу увеличения нефтеотдачи разрабатываемых месторождений Дагестана на основе современных методов и технологий // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020.Вып.№1 (80). С.15-26.
9. Муслимов Р.Х. О новой парадигме академика А.Э. Конторовича – развитие нефтегазового комплекса России. // Казань. Изд-во «Ихлас». 2020.583с
10. Буторин Г.Д, Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г. К вопросу о глубинном строении мезозойских отложений Дагестана. // Бюл. Москов. об-ва испыт. природы. Отд. Геологии, 1985г, Т. 60, вып.4..
11. Шарафутдинов Ф.Г., Мирзоев Д.А., Алиев Р.М., Серебряков В.А. Геология нефтегазовых месторождений Дагестана и прилегающей акватория Каспийского моря. / Махачкала, 2001, 297с.
12. Буторин Г.Д, Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г. К вопросу о глубинном строении мезозойских отложений Дагестана. Бюл. Москов. об-ва испыт. природы. Отд. Геологии, 1985г, Т. 60, вып.,4. 276с.
13. Меликов М.М. Гаджиева. Нефтегазоносность мезо-кайнозойских отложений Терско-Сулакской низменности, их литолого-стратиграфическая характеристика. Геология и ресурсы Кавказа. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. Вып.№1 (80). С 4-14.

УДК:553.9.550

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-58-67

К ВОПРОСУ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАГЕСТАНА

Меликов М.М., Гаджиева Т.Р., Гайдаров Б.А.

Институт геологии ДФИЦ РАН

В работе анализируются состояние нефтегазовой отрасли Дагестана, а также ряд опубликованных материалов по геологическому моделированию нефтегазовых месторождений с целью наращивания углеводородно-ресурсной базы и нефтегазовой отрасли РД. Построены модели для яюжно-Сухокумского нефтяного месторождения и для перспективных пермо-триасовых отложений Равнинного Дагестана.

Ключевые слова: КИН, запасы, потенциал, поисково-оценочные, пласт, модель, алгоритм, математический аппарат, блок-чейн, эффективность, IT-технологии, структурная модель.

ON THE ISSUE OF GEOLOGICAL MODELING OF OIL AND GAS FIELDS OF DAGESTAN

Melikov M.M., Gadzhieva T.R., Gaidarov B.A.

Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences

The paper analyzes the state of the oil and gas industry of Dagestan, as well as a number of published materials on geological modeling of oil and gas fields in order to increase the hydrocarbon resource base and the oil and gas industry of the Republic of Dagestan. Models have been constructed for the Yuzhno-Sukhokum oil field and for promising Permo-Triassic deposits of Ranin Dagestan.

Keywords: KIN, reserves, potential, search and evaluation, formation, model, algorithm, mathematical apparatus, blockchain, efficiency, IT technologies, structural model.

В нефтегазовой отрасли уже ряд десятилетий идет постоянное неуклонное падение среднего проектного коэффициента извлечения нефти (КИН), который с 51% – в 1960 г. уменьшился до 25-28% – в последние 10-15 лет XIX в. Только за счет низкого КИН потенциальные извлекаемые запасы нефти в РФ уменьшились на 15 млрд. тонн [1].

Перспективы развития нефтяной промышленности республики, ориентированные на сохранение уровня добычи и дальнейшего ее роста, предполагают наряду с освоением новых месторождений, постоянным увеличением добычи за счет более полного ее извлечения. Тенденция роста в высокой потребности УВ сырья и мировых цен на нефть приводят к активизации исследований методов повышения нефтегазоотдачи в разрабатываемых месторождениях и пластах. Извлечение остаточной нефти из эксплуатируемых пластов в современном мире является актуальной проблемой [1].

Эффективность извлечения нефти из нефтеносных пластов современными, промышленно освоенными методами разработки во всех нефтедобывающих странах на сегодняшний день считается неудовлетворительной. В среднем нефтеотдача пластов по различным странам и регионам колеблется в пределах 25-40%.

Дальнейшее развитие нефтегазодобывающей промышленности находится в прямой зависимости и от результатов поисково-оценочных работ, обеспечивающих прирост запасов УВ и, особенно, в старых нефтегазодобывающих районах, в которых первичные методы исчерпаны, вторичные не дают результатов. Кроме того, при таком низком финансировании поисково-оценочных работ для увеличения добычи остаточных запасов не менее важным и ключевым направлением (на наш взгляд) по праву можно считать геологическое моделирование.

Моделирование геологического строения и процессов разработки – основа успешного освоения нефтяных и нефтегазовых месторождений», – под таким названием проходила Международная научно-практическая конференция 4-5 сентября 2018 года в г. Казань.

Современный мир немислим без ИТ-технологий и цифрового моделирования геологических процессов геологического строения, процессов разведки и разработки нефтяных и нефтегазовых месторождений в РФ, а также проводимых на месторождениях методов повышения нефтеотдачи и стимулирования работы скважин, достоверности геолого-гидродинамических и других моделей, программного обеспечения и лучших мировых практик в области информационных систем нефтегазового комплекса. Рассматриваются принципиально новые подходы к созданию геологических и геолого-гидродинамических моделей, особенности построения таких моделей и усложнение их в зависимости от поставленных задач. Особое внимание уделяется проблемам переформирования и подпитки из глубин недр углеводородами месторождений на поздней стадии разработки. (Р.Н. Минниханов, 2018).

Преобладающие в настоящее время численные и лабораторные методы моделирования не дают возможности уверенного прогноза. В этой связи можно вспомнить, что многие априорные геолого-геофизические модели оказались несостоятельными на Кольской сверхглубокой скважине. Известный специалист по математической статистике и моделированию профессор Джордж Бокс писал: «В сущности, все модели неправильны, но некоторые из них бывают полезными» («*All model sarewrong but some are useful n Mobil*:») [2]. «Снизить источник неопределенности можно, сократив числовые ошибки и ошибки моделирования на основе выборочных данных» [3].

Автор [3] полагает, что для получения достоверной информации необходимо натурное моделирование. Некоторые известные ученые и специалисты обладали особой интуицией, основанной на большом профессиональном опыте с опорой на стратегию «широкого поиска». В их числе можно назвать А.А. Трофимука,[3].

Геологическая модель – это максимальная аппроксимация виртуальной модели геологического строения того или иного геологического объекта к природному в виде 2-х или 3-х мерного пространства, изображенного на компьютере или на бумаге с геометрическими размерами объекта с изменяющимися стратиграфическими и литолого-фациальными характеристиками пласта-коллектора, содержащего УВ а также фильтрационно-емкостных свойств, вмещающих пород, гидрогеологической их характеристике и величин запасов УВ. Любая модель – это метод изучения, т.е носит гносеологический характер познания того или иного объекта, с применением компьютерных технологий и математического аппарата.

Само понятие «геологическая модель» – емкое и зависит от того, какой смысл вкладывается в само понятие. Различают несколько видов моделей (табл. 1.).

Понятия и термины «модель», «моделирование» в последнее время в геологии применяются очень широко и в различных контекстах. Моделями стали называть практически любые построения, схемы и гипотезы.

В конечном счете, модель – это образ любой природы (предметный, мысленный, текстовый, графический и т.п.) какого-либо объекта (процесса, явления), призванный его представлять [5].

Пространственная Размерность моделей

Размерность геологических моделей определяется областью их практического применения, детальностью. Различают одномерные (1D), двухмерные, двух с половиной мерные (2.5D) и трёхмерные слоистые и 3– полнообъемные модели [4]. Ограничимся описанием наиболее применяемых размерностей в настоящее время – одно-, двух- и трёхмерных моделей.

Но, однако для построения полноценной модели необходимо иметь весь комплекс геолого-геофизического материала с их качественной интерпретацией, а также иметь специалиста-геолога, владеющим хорошим математическим аппаратом. Как показал анализ имеющегося материала, то у нас нет такого материала, поскольку материалы сконцентрированы в руках различных научно-производственных коммерческих организаций.

Далее, при имеющемся материале, мы можем рассчитывать на самую простую статическую модель.

Одномерная модель. Эмпирическая зависимость одного параметра от другого, представленная в форме уравнения, находит широкое применение при петрофизическом изучении горных пород для описания взаимосвязи физических характеристик пласта по керну и геофизическим данным, а также обосновании параметров при подсчете запасов нефти.

Двухмерная модель. Это сеточная модель, построенная в координатах $x - y$, либо $x - z$ (карты, геологические профили). Двухмерные геологические модели используются при подсчёте запасов, модели фильтрации с осреднением параметров по толщине пласта.

Трёхмерная модель состоит из ячеек, центрам или узлам которых присвоены значения параметров, и используется для моделирования геологического строения продуктивных пластов любой структуры. 3D модель применяется при составлении технологических схем и проектов разработки. Область практического использования – геологическая основа для управления разработкой, обоснования траектории горизонтальных скважин, боковых стволов и др.

Виды геологических моделей

Моделирование – это эмпирическая наука, в значительной мере основанная на знании конкретных геологических объектов. Можно выделить значительное количество различных видов геологических моделей, каждый из которых отражает ту или иную сторону геологических знаний. В табл. 1 приведены наиболее широко применяемые виды геологических моделей и область практического использования. Каждая из приведенных моделей характеризует свою область геологических знаний.

Существует несколько классификаций моделей. Рассмотрим некоторые, наиболее встречаемые из них.

Геологические модели могут быть *статическими* и *динамическими*. В статических моделях свойства и параметры пласта не меняются со временем, и данный вид моделей представляет собой геологическую модель пласта. Динамические модели представляют собой фильтрационные[4].

Таблица 1

Виды геологических (по Д.В. Булыгину [5] с дополнениями)

Виды моделей	Краткая характеристика
Региональная	модель, отражающая крупные геоструктурные элементы. Применяется на этапе поисково-разведочных работ и служит для подготовки пакетов геолого-геофизической информации при работе с нераспределённым фондом недр
Концептуальная	модель геологического и палеотектонического развития территории по литературным данным с указанием основных этапов геологической истории и источников поступления осадочного материала
Палеотектоническая	модель, построенная относительно поверхностей выравнивания. Применяется для установления геологической структуры пластов на момент осадконакопления
Осадконакопления	модель, описывающая процессы накопления осадков в геологическом прошлом
Структурная	комплект структурных карт (поверхностей) по всем нефтеносным горизонтам
Сейсмическая	структурная модель по сейсмическим данным
Литолого-фациальная	модель с дифференциацией на фациальные типы пород. Пример – комплекс русловых, пойменных, дельтовых фаций
Модель насыщения	модель, отражающая фазовый состав углеводородов и закономерности изменения нефте- и газонасыщенности по разрезу пласта
Петрофизическая	регрессионные уравнения связи геофизических характеристик пласта и параметров по керну
Физическая	составная модель из образцов пород, применяется для определения относительных фазовых проницаемостей (ОФП)

В настоящее время в практике геологических исследований применяются, главным образом, статические модели, что обусловлено сложностью геологических объектов и трудностью описания геологических процессов.

Классифицировать модели можно *с точки зрения цели, размера*, а значит и *объёма* используемой информации. По эти критериям, согласно [6]) модели подразделяются на глобальные, локальные и околоскважинные (рис. 1.).

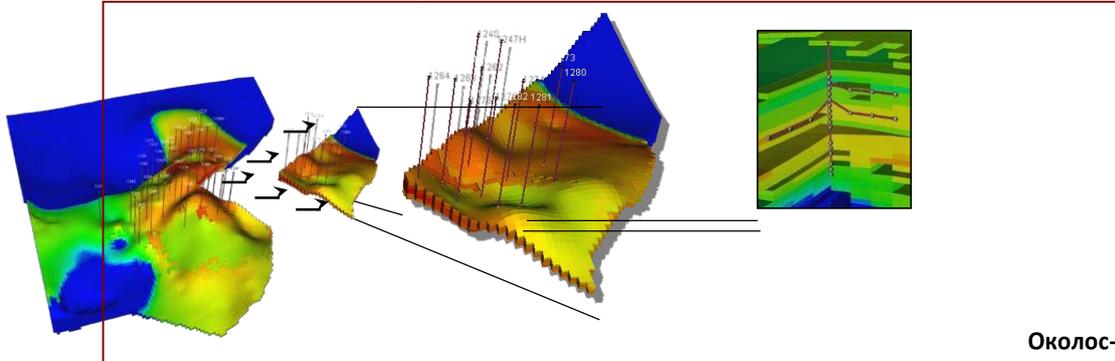


Рис. 1.– Виды моделей с точки зрения цели, размера и трудоёмкости (по К.Е. Закревскому [6])

Последовательность создания геологической модели

Геологическая модель является результатом работы коллектива разных специалистов, которые рассматривают месторождение углеводородов с позиции своей специализации.

Но, однако, при составлении планов НИР лаборатории, к сожалению, наши предшественники не учли то обстоятельство, что в нашем институте нет специалиста-геолога, владеющего математическим аппаратом с навыками программирования и моделирования геологических, тем более гидродинамических моделей.

Каждый из них, создавая составные части модели объекта, зачастую не видят полной картины. Для того чтобы, созданная геологом модель, стала постоянно действующей в процессе гидродинамического моделирования, достоверно моделировала реальные процессы, происходящие в резервуаре, нужно, чтобы части целого не противоречили друг другу, а дополняли. Непротиворечивое сочетание исходных данных в статической геологической модели месторождения является контролем её качества.

Следует отметить, что геологическая практика показывает, что в науках о Земле, продолжающаяся дифференциация научных дисциплин, ослабевает процесс контакта между таковыми. Геологические объекты изучаются с позиций разных методологий, в рамках которых разрабатываются свои узкоспециализированные способы сбора и методы обработки данных по геолого-геофизической и другой информации, проводят свою, если можно так выразиться, «блок-чейнизацию» в хранилищах геологической информации. Однако по мере дифференциации синтетических научных направлений все сильнее начинает проявлять себя тенденция интеграции, заставляющая переходить от фиксации разрозненных (точечных) знаний к их интегральному накоплению и системному анализу [7].

Следует подчеркнуть, что в нашем подразделении нет хранилища информации для создания блок-чейнов для проведения подобного рода работ (построение геологической модели), тем более, что у нас нет тесных контактов с производителями, обращаемся за предоставлением геологической информации от случая к случаю, по мере необходимости. До развала СССР сотрудники нашего института тесно сотрудничали с ПО «Дагнефть», выполняли хозяйственные работы, в результате которых владели геолого-геофизической информацией. Даже при наличии таковых нет в уверенности в их качественной интерпретации. А при построении геологической модели объектов от качества интерпретации геофизического материала зависит

и качество модели. В настоящее время из вышеупомянутой организации даже нет заказов на петрографическое исследование керна, хотя по большому счету буровых работ так таковых и не проводят в последние годы, (но даже если и проводят, то мы не владеем такой информацией) даже нет своего кернохранилища, поскольку весь керновый материал по акту передали в Подмосковский город Апрелевка.

Нами при построении модели использован геолого-геофизический материал 60-х годов прошлого столетия, в частности для модели Сухокумского месторождения и пермо-триасовых отложений Равнинного Дагестана. В настоящее время практически нет специалистов, имеющих значительный опыт в компьютерном моделировании». Однако, хочется надеяться, что такие специалисты появятся со временем.

Большую потребность в интегральном знании о геологическом строении залежей углеводородного сырья (УВС) начали испытывать, прежде всего, специалисты, занимающиеся разведкой, подсчетом запасов и проектированием промышленной разработки, а также научные работники академических и отраслевых институтов [7].

Согласно [5] Достоверность геологических моделей месторождений зависит от данных комплекса геолого-геофизической информации.

Ниже перечислим некоторые из них:

1. количество и качество исходных данных: чем больше и точнее исходные данные, тем модель более достоверная;
2. от геолого-геофизической информации, используемые технологии и профессионализм специалистов, работающих над проектом.
3. Факторы, которые привели к разработке 3-мерного геологического моделирования:
4. - разработка математических алгоритмов 3-мерного моделирования;
5. - получение исходных данных в цифровом виде: обработка и интерпретация 3-D сейсморазведки, геофизических исследований скважин и т.д.;
6. - появление 3-мерного гидродинамического моделирования, основой которого является геологическое моделирование;
7. - появление мощных компьютеров и рабочих станций, позволяющих выполнять сложные математические расчеты;
8. - возможность визуализации результатов;
9. - разработка коммерческих программ, обеспечивающих весь цикл построения 3-мерных моделей (загрузка, корреляция, построение карт и кубов ФЕС, визуализация, анализ данных, выдача графики и др.);
10. - представление о геологическом строении месторождений.

Под набором обычных слов «высококачественные данные ГИС и сейсморазведки» скрываются серьезные финансовые затраты [5].

Создание адекватной модели месторождения требует немалых затрат.

Но что делать, когда о высоком качестве геолого-геофизической информации остается только мечтать?

Как построить в случае недостатка входных данных достоверную 3-мерную геологическую модель?

Как принять важное решение о судьбе того или иного нефтегазового актива, находящегося на стадии разведки или ввода в эксплуатацию?

Сегодня для решения задач в области анализа свойств резервуаров углеводородов и их распределения в межскважинном пространстве существует целый ряд апробированных технологий.

Множество публикаций в зарубежных и отечественных индустриальных изданиях посвящены успешным проектам, в ходе которых на основании комплексирования высококаче-

ственных данных ГИС и 3D сейсморазведки, удается получить кубы литотипов и пористости продуктивных отложений, а в некоторых случаях даже смоделировать насыщение ловушек.

При проведении сейсмики поставить сейсморазведку 3D высокой кратности с большими выносами, обработать данные с применением современных алгоритмов миграции до суммирования, применить сейсмическую инверсию на этапе интерпретационной обработки.

В итоге, с 1^й стороны, многократно увеличивается стоимость работ, а с другой - появляется шанс создать адекватную модель месторождения.

Отлаженная система взаимодействия всех участников процесса, несомненно, влияет на успешность конечного результата. Ответить на эти вопросы поможет пример создания геологической модели на основе реального проекта. Современные методы геологического моделирования позволяют оценить и учесть в модели неопределенности, обусловленные недостатком знаний о строении и свойствах пласта. При оценке неопределенностей геологических моделей используются методы геостатистики. Построение и практическое использование моделей необходимо на всех стадиях изучения, начиная от процесса поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений и заканчивая выработкой остаточных запасов.

Основные этапы построения модели представлены на рис. 2.

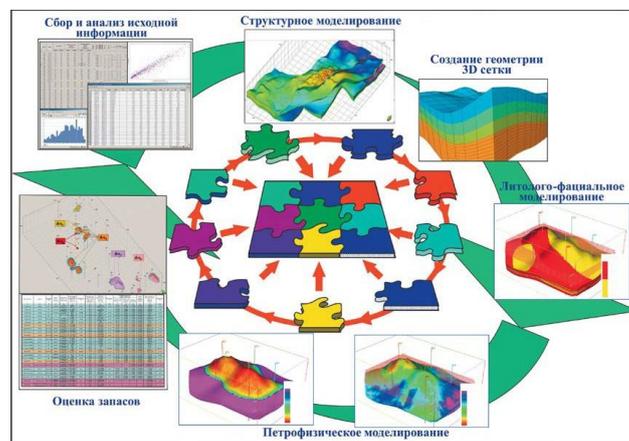


Рис. 2 – Основные этапы построения модели (по К.Е.Закревскому) [6]

Нами в настоящей работе была сделана попытка построения статической структурной модели одного месторождения на основе геолого-геофизического разреза и структурной карты Сухокумского месторождения (рис.3) и схема сопоставления пермо-триасовых отложений Равнинного Дагестана.

Описание методика построения модели

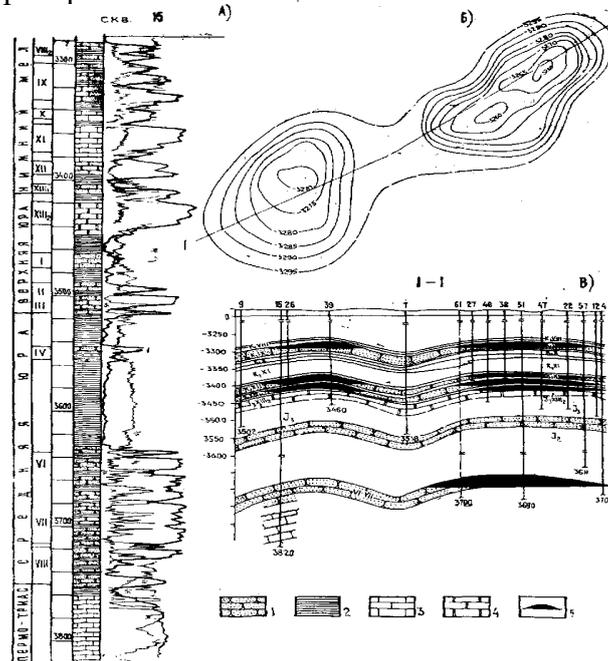
Геологическая модель была создана с использованием библиотеки GemPy. GemPy – программное обеспечение (ПО) для создания двух- и трехмерных структурных геологических моделей. На основании анализа исходных данных, а также структурного и литологического моделирования было выявлено вероятное геометрическое строение месторождения.

Для построения модели необходимо передать программе геометрическое положение слоев в пространстве. На основании геологического анализа было выявлено по 33 точки пространства для каждой плоскости пересечения основных слоев месторождения. Зона, имеющая потенциал нахождения нефти для математического анализа, была поделена на 50*50*50 частей по направлению X*Y*Z, разрешение модели 125000 кубов.

Направления ориентации кубов было определено итеративным способом на основании анализа результатов моделирования. Каждая созданная модель рассматривалась с точки зрения правдоподобности и корректировалась небольшими шагами.

Описание способов работы ПО доступно в документации GemPy. В ПО GemPy модель создается методом «create_model», данные инициализируются методом «init_data». Заложенный метод интерполяции вызывается методом «set_interpolator».

Для поддержания быстродействия системы была выбрана точность вычисления до 2 знаков после запятой и быстрый режим компиляции.



А – геолого-геофизический разрез продуктивной части; Б – структурная карта по кровле IX пласта нижнего мела; В – профильный разрез. 1 – песчаники; 2 – глины; 3 – известняки; 4 – доломиты; 5 – залежи нефти.

Рис.3. Южносухокумское нефтяное месторождение[7].

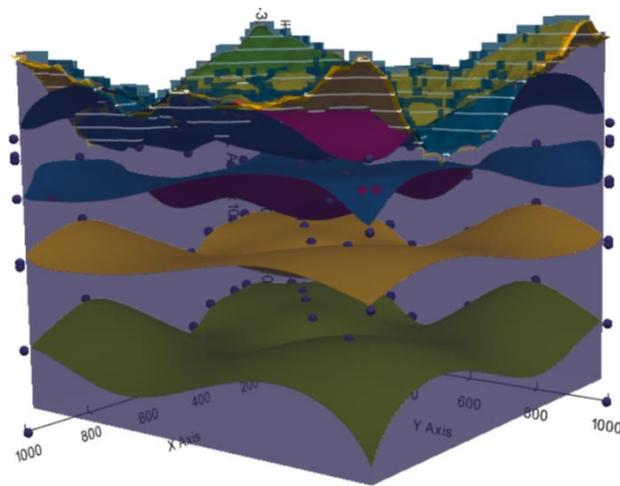


Рис.4. Статическая секторально-структурная геологическая модель Южно-Сухокумского нефтяного месторождения

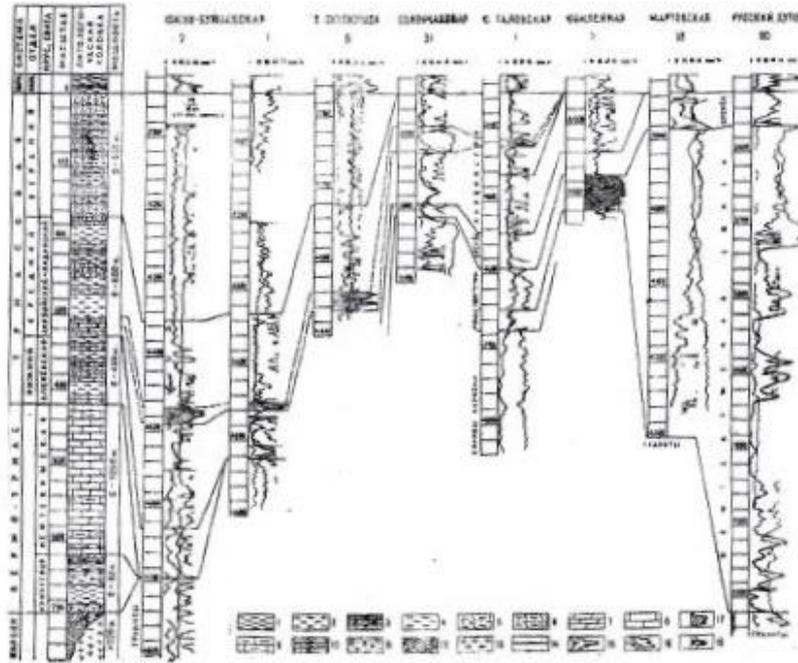
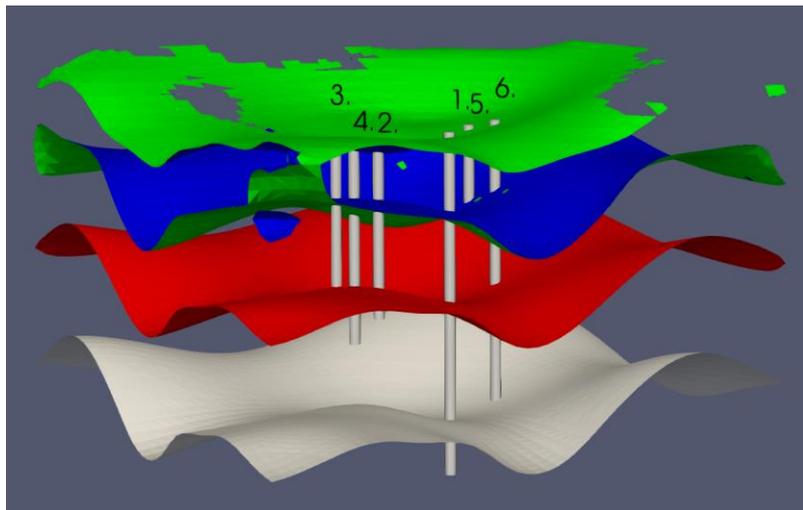


Рис.5. Схема сопоставления пермо-триасовых отложений Равнинного Дагестана[8]



1-Южно-Буйнакская, 2- Солончаковая, 3-Таловская, 4-Юбилейная, 5-Мартовская, 6-Русский хутор.

Рис.6. Статическая структурная модель пермо-триасовых отложений Равнинного Дагестана

ПО «GemPy» позволяет интерполировать пространственную геометрию слоев месторождения на основании определенного количества принадлежащих ему точек в пространстве. Метод интерполяции, использующийся в ПО, был предложена в Lajaunie et al. (1997) и улучшена в Calcagno et al. (2008). Он позволяет построить трехмерное скалярное поле таким образом, что геологически значимые зоны контакта являются изоповерхностями в данном поле.

Метод потенциального поля используется для построения геологических поверхностей основываясь на результате интерполяции о разломах способом кокригинга. Кокригинг – это регрессия на основе гауссовских процессов, является методом интерполяции, использующим не только средневзвешенные значения точек, но и направление и ориентацию в пространстве соседних точек. Полученная 3D-модель обладает более высокой точностью за счет интеграции большего количества данных.

Алгоритм позволяет прямую интеграцию двух наиболее важных типа вводных данных:

• Точки поверхностного контакта – 3-Дкоординаты точек, принадлежащих подземным слоям. Имея J-количество точек поверхности, мы используем n-1 линейно независимых инкримента потенциала, равных 0, эти инкрименты представляют собой:

$$Z(x_j) - Z(x_j) = 0 \text{ или } Z(x_j) - Z(x_{j-1}) = 0 \quad j = 2, \dots, n$$

Если несколько поверхностей моделируются с одним потенциальным полем, набор данных Jбудет являться объединением элементарных наборов данных поверхностей.

• Ориентация в пространстве – является градиентом потенциала, а именно поляризованным вектором, перпендикулярным к направлению структурных плоскостей.

$$\frac{\partial Z}{\partial x}(x_i) = G_i^x, \frac{\partial Z}{\partial y}(x_i) = G_i^y, \frac{\partial Z}{\partial z}(x_i) = G_i^z$$

Решение системы

Определение геометрии геологической поверхности является проблемой, решаемой с помощью интерполяции и определения потенциала в любой точке пространства, а также нахождения изопотенциальной поверхности, относящейся к пласту. Данные двух групп: вектор Инкримента $Z(x_j) - Z(x_j)$ и вектор Gчастных производных G_i^x, G_i^y, G_i^z . Потенциальное поле определено до произвольной константы, так как мы работаем с инкриментами. Будет произведена интерполяция потенциала в точке x, в сравнении с потенциалом в референтной точке x_0 . Линейное приближение принимает вид:

$$[Z(x) - Z(x_0)]^* = \sum_i (\lambda_i^x G_i^x + \lambda_i^y G_i^y + \lambda_i^z G_i^z) + \sum_j \mu_j [Z(x_j) - Z(x_{j-1})] = {}^t\lambda G + {}^t\mu H,$$

где λ вектор $\lambda_i^x, \lambda_i^y, \lambda_i^z$ и μ вектор μ_j .

Последний член равен нулю, но учитывается в уравнении, так как взвешенные значения содержащиеся в μ отличны от взвешенных значений градиента.

Взвешенные значения являются решением универсальной кокринг системы вида:

$$\begin{pmatrix} C_G & {}^tC_{GI} & {}^tU_G & {}^tF_G \\ C_{GI} & C_I & {}^tU_I & {}^tF_I \\ U_G & U_I & 0 & 0 \\ F_G & F_I & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda \\ \mu \\ v \\ \tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_G^0 \\ C_I^0 \\ U^0 \\ F^0 \end{pmatrix}$$

C_G и C_I ковариационная матрица для градиентных и потенциальных данных соответственно, C_{GI} взаимно-корреляционная матрица.

U_G и U_I содержат функции полиномиального дрефта, F_G и F_I содержат функции разлома.

λ, μ – неизвестные решения линейной системы, v, τ – множители Лагранжа.

C_G^0 вектор ковариации между предполагаемым инкриментом и данными градиента,

C_I^0 вектор ковариации между предполагаемым инкриментом и данными инкримента.

U^0 и F^0 содержат дрефтовые и функции разлома в момент.

В результате решения системы уравнений, полученная изопотенциальная поверхность может быть визуализирована для последующего анализа [9].

Заключение

В данной работе сделана попытка построения геологической модели, как таковой. К сожалению, при скудности комплекса геофизических материалов и данных по разработке месторождений и отсутствии специальной группы специалистов-модельеров по геологии, нам удалось построить структурную модель одного из старых нефтяных месторождений Дагестана (Южно-Сухокумское) и структурную модель перспективных пермо-триасовых отложений Равнинного Дагестана.

На наш взгляд, для дальнейшего развития научного направления по нефтегазовой геологии института необходимо создать базу данных (блок-чейн) по комплексу геолого-геофизической информации для проведения таких работ, что способствовало бы и построению гидродимической модели с целью оптимальной эксплуатации залежей и месторождений, а также наращиванию углеводородно-ресурсной базы и развитию нефтегазовой отрасли РД [9-15].

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Меликов М.М., Гаджиева Т.Р. К вопросу увеличения нефтеотдачи разрабатываемых месторождений Дагестана на основе современных методов и технологий добычи углеводородов. Геология и ресурсы Кавказа // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. Вып. №1(80) С.15-26
2. Запивалов Н.П. Нефть XXI ВЕКА: новая парадигма. О новой парадигме развития нефтегазовой геологии. Издательство «Ихлас». Казань, 2020. 584 с.
3. Запивалов Н.П. Нефтегазовая геология: парадигмы XXI века // Георесурсы. 2007. № 3 (22). С.11–12.
4. Белкина В.А., Бембель, С.Р., Забоева А.А., Санкова Н.В. Основы геологического моделирования (часть 1) 167С.
5. Бульгин Д.В., Медведев Н.Я., Кипоть В.Л. Моделирование геологического строения и разработки залежей нефти Сургутского свода. Казань: Изд-во «ДАС», 2001. – 191с.
6. Закревский К.Е. Геологическое 3D-моделирование. МООО ИПЦ Маска, 2009, 376с.
7. Волков Ю.А., Сунгатуллин Р.Х. Способ интеграции геологической информации для анализа степени изученности. Моделирование геологического строения процессов разработки – основа успешного освоения нефтегазовых месторождений углеводородов. Издательство «Слово» Казань. 2018, 584с.
8. Шарафутдинов Ф.Г., Мирзоев Д.А., Алиев Р.М., Серебряков В.А. Геология нефтегазовых месторождений нефти и газа Дагестана и прилегающей акватории Каспийского моря. Махачкала, 2001. 294с.
9. Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г. Геологические предпосылки поисков неантиклинальных ловушек нефти и газа в пермо-триасовых отложениях Дагестана. Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, вып. 26. 1982, С. 180-187.
10. Интернет-ресурс.
11. 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.
12. Ибаев Ж.Г., Мамаев С.А. Общие принципы разработки постоянно действующей гидрогеолого-математической модели Терско-Кумского артезианского бассейна // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 260-264.
13. Мамаев С.А., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш., Ибаев Ж.Г. О принципах математического моделирования гидрогеологических объектов на территории Республики Дагестан // В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции. 2017. С. 383-392.
14. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Юсупов А.Р., Курбанисмаилова А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 309-315.12
15. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Моделирование в геологии на основе картографирования // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 159-162.

УДК: 551.763.12

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-68-75

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ БЕРРИАС-ВАЛАНЖИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА

Исаева Н.А.

*Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН
367030, г. Махачкала, ул. М. Ярагского 75*

В статье рассматриваются вопросы биостратиграфического расчленения берриас-валанжинских отложений Дагестана, следует отметить, что до сих пор остается открытым вопрос о границе верхней юры и нижнего мела, нет ясности в выделении берриаса как самостоятельного яруса и каков объем отложений берриаса на территории Дагестана. Причиной такой неясности в первую очередь являются единичные, редкие, а чаще отсутствие окаменелостей фауны в разрезах. Необходимо дополнительное изучение непрерывных разрезов пограничных отложений титона - берриаса для решения вопроса о положении границы между юрой и мелом.

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

BIOSTRATIGRAPHIC SUBDIVISION OF THE BERRIASIAN-VALANGINIAN DEPOSITS OF DAGESTAN

Isaeva N.A.

*Institute of Geology of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
367030, Makhachkala, st. M. Yaragsky 75*

The article discusses the issues of biostratigraphic subdivision of the Berriasian-Valanginian deposits of Dagestan; it should be noted that the question of the boundary between the Upper Jurassic and the Lower Cretaceous is still open, there is no clarity in the identification of the Berriasian as an independent stage and what is the volume of Berriasian deposits on the territory of Dagestan. The reason for this ambiguity is primarily the single, rare, and more often the absence of fauna fossils in the sections. Additional study of continuous sections of the Tithonian - Berriasian boundary deposits is necessary to resolve the issue of the position of the boundary between the Jurassic and Cretaceous.

Keywords: biostratigraphic subdivision, stratigraphy, dolomitized limestones, faunistic analysis, bionomic conditions of the basins, microfaunistic studies.

Введение: Берриаский ярус широко распространен - на Кавказе и в соседних регионах в Горном Крыму и Мангышлаке. Берриасские отложения известны в Мексике, во многих странах юга Западной Европы, в странах Северной Африки, Гималаях. Разработка единой зональной шкалы берриаса для надобласти Тетис в этой связи всегда представлялась чрезвычайно актуальной задачей.

Вопрос о положении границы между юрой и мелом является одним из наиболее дискуссионных в стратиграфии мезозоя, что связано в значительной степени с тем, что до сих пор для международной стратиграфической шкалы не выбран эталон разреза верхнего яруса юрской системы. Существуют варианты двух- и трехчленного деления берриаса, а также вариант, при котором ярус не делится на подъярусы. В последней схеме зонального расчленения берриаса, принятой для надобласти Тетис, предложено трехчленное деление яруса (Reboulet et al., 2011). Титонский ярус, используемый для надобласти Тетис, до настоящего времени не имеет стратотипа и общепринятого зонального деления (11).

Первые сведения по стратиграфии нижнемеловых отложений Дагестана имеются в работах Г.Абиха (Abich, 1851, 1859, 1862, 1899). Меловые отложения он подразделял на 3 части: 1 – нижнемеловая (весь неоком), 2 – среднемеловая (отложения апта и альба) и 3 – верхнемеловая (породы верхнего мела). Богатая коллекция, собранная им, была изучена и описана Д.Антула (Anthula, 1899), уточнившим схему Г.Абиха. К.И. Богданович (1901) проводил маршрутные ис-

следования в юго-восточном Дагестане и северо-восточном Азербайджане. Коллекция ископаемой фауны, собранной им, была изучена и описана В.П.Ренгартеном, что дало возможность более определенно высказаться о возрасте вмещающих ее пород. До Великой Октябрьской социалистической революции в Дагестане исследования велись односторонне и схематично, и лишь после революции широко развернулись плановые геологические исследования, связанные с выявлением полезных ископаемых республики (1).

В 1923 г. В.П. Ренгартен ведет исследования в районах Центрального Дагестана, и в работе за 1927г. приводит схему стратиграфического расчленения нижнемеловых отложений с фаунистической характеристикой ярусов, подъярусов и зон. В 1961 г. Ренгартен В.П. опубликовал работу «Опорные разрезы нижнемеловых отложений Дагестана», в которой приводит описание разрезов с подробной фаунистической характеристикой (2).

В 1962 г. Т.А.Мордвилко издает монографию «Нижнемеловые отложения Северного Кавказа и Предкавказья», где детально рассматриваются вопросы стратиграфии, приведены конкретные разрезы с послонной фаунистической характеристикой, на основании фаунистического анализа дано обоснование геологического возраста и произведена корреляция, выделенных фаунистических слоев, рассматриваются структурно-фациальные особенности разрезов и в заключительной части работы приводятся 2 унифицированные схемы нижнего мела северо-западных, центральных и юго-восточных районов Северного Кавказа и Предкавказья (3).

Расчленением нижнемеловых отложений Дагестана по микрофауне начали заниматься в связи с постановкой проблемы их нефтегазоносности. Джафаров Д.И., Агаларова Д.А.(1949) посетили Дагестан, сняли несколько разрезов и в палеонтологической части своей работы по юго-восточному Азербайджану они описали некоторые виды фораминифер из нижнего мела Дагестанской территории.

Начиная с 1958 г. в печати появляются статьи Самышкиной К.Г. по изучению стратиграфии и микрофауны нижнемеловых отложений Дагестана, приведена схема стратиграфического расчленения нижнемеловых отложений Дагестана на основании изучения фораминифер. В опубликованных работах дан анализ вертикального распространения фораминифер, описание новых видов, изложена стратиграфия нижнего мела по изученным комплексам фораминифер, увязанных с микрофаунистическими исследованиями, освещены вопросы о биомических условиях бассейнов Дагестана в нижнемеловую эпоху. Кроме естественных обнажений были изучены также и разрезы скважин. Особенно хороший материал был получен по разрезам 14 скважин нефтепромысловой площади Дузлак. В работе за 1963 г. Самышкиной К.Г. приведена схема стратиграфического расчленения нижнемеловых отложений Дагестана на основании изучения фораминифер. Выделено 8 зон и 6 подзон (4).

Заканчивая краткий обзор стратиграфического изучения нижнемеловых отложений Дагестана, следует отметить, что до сих пор остается открытым вопрос о границе верхней юры и нижнего мела, нет ясности о выделении берриаса, как самостоятельного яруса, и каков объем отложений берриаса на территории Дагестана. Причиной такой неясности в первую очередь являются единичные, редкие, а чаще отсутствие окаменелостей фауны в разрезах.

Результаты работы и обсуждение: На территории Дагестана берриаские отложения распространены неравномерно. Наибольшие мощности их – от 60 до 113 м – известны в разрезах у сел. Чирката, Аракань, Гергебиль. Сеидкент, наименьшие – от 20 до 25 – наблюдаются у сел. Зубутль и в разрезе Гунибской синклинали. Отсутствуют эти отложения в разрезе у сел. Цудахар, в пределах Мугринской антиклинальной зоны – у сел. Бурдеки, Ванашамахи, Маджалис. В литологическом отношении они представлены в нижней части доломитами и доломитизированными известняками с прослоями гипса. Выше появляются пачки пелитоморфных известняков с окремненными образованиями. Верхние слои берриас-валанжина в большинстве разрезов представлены органогенно-оолитовыми и органогенно-обломочными известняками с маломощными прослоями глин и алевролитов.

В северных разрезах Дагестана, имеющих наибольшие мощности, наблюдается согласное залегание пород берриас-валанжина на подстилающих отложениях верхней юры. В южных разрезах по рр.Цмурчай и Курахчай наблюдается несогласное залегание этих пород на алевролитах и аргиллитах среднего келловоя. В разрезах у с. Герги берриас- валанжин с конгломератами в основании несогласно залегает на батских отложениях средней юры.

В литологическом отношении в основном они представлены в нижней части доломитами и доломитизированными известняками палево-серыми, иногда с маломощными в 2-5 см редкими песчанистыми и мергелистыми прослоями, в разрезе у с.Ботлих эти прослои увеличиваются до 10-15 см. Выше по разрезу встречаются пачки пелитоморфных известняков с кремненными образованиями, верхние слои берриас-валанжина в большинстве разрезов представлены органогенно-оолитовыми и органогенно-обломочными известняками с редкими маломощными прослоями глин. Исключение составляет разрез у с.Хучни, где берриас-валанжин представлен слабо сцементированными зеленоватыми песчаниками с конгломератом в основании. Если судить по литологическому составу и по положению этого разреза с соседними разрезами, то эту пачку скорее всего можно было отнести к готеривскому ярусу. Однако находка *Cardium inornatum* Orb. – валанжинского вида, указывает на исключение в литологической характеристике берриас-валанжинского яруса. В разрезах Северного Дагестана в основании доломитизированных известняков и доломитов прослеживается толща брекчированных известняков. Последние относились к титону верхней юры. Однако, найденные остатки пелеципод и аммонитов из групп *Berriassella subrichteri* Ret. и *B.cortasori* Kill. в доломитах, залегающих в основании этой брекчированной толщи (5), дали возможность пересмотреть границу распространения берриас-валанжина и расширить объем рассматриваемого яруса. В северных разрезах Дагестана эти отложения без признаков несогласия залегают на нижележащих отложениях титона верхней юры (с.с.Чирката, Аракань, Гергебиль, р.Кара-Койсу). Тогда как в южных районах Дагестана в разрезах у с.с. Аликент, Сеидкент по р.р. Цмур-чай и Курах-чай наблюдается несогласное залегание пород берриас-валанжинского яруса на алевролитах и глинах среднего келловоя с фауной *Phaladomya subexultata* Kas., *Ceratomya calloviensis* Kas., *C.cf. calloviensis* Kas.

В разрезе у с.Хучни берриас-валанжин с конгломератом в основании несогласно залегает на байосских отложениях средней юры. У с.Герги этот ярус также с угловым несогласием залегает на байос-батских отложениях средней юры.

Согласно имеющихся фаунистических данных существует следующее мнение относительно полноты берриас-валанжинского разреза в Дагестане.

Самые нижние слои берриас-валанжина охарактеризованы у с.Гергебиль по р.Кара-Койсу следующими представителями фауны: *Nuculana cf. scapha* Orb., *Grammatodom* sp., *Trigonia querassinovi* Mordv., отпечатки *Trigonia loewinsohn-lesingi* Renng., *Trigonia* sp. ex gr. «*duplicata*», *Protocardis*. Остатки пелеципод и аммониты *Berriassella subrichteri* Ret. и *B. cortasori* Kill., найденные на юго-западном крыле Гергебильской антиклинали в доломитах, подстилающих брекчированную известняковую толщу, позволили сделать вывод о присутствии нижнего валанжина на территории Дагестана. Тем не менее, отсутствие достаточного палеонтологического материала не позволяет провести четкую границу между берриасом и нижним валанжином. Микрофауна в отложениях берриас-валанжинского яруса отсутствует во всех изучаемых нами разрезах. Фораминиферы – обитатели бассейнов с нормальной морской соленостью не могли существовать в бассейнах с повышенным солевым режимом, который имел место в начале берриас-валанжинского времени.

Средне-валанжинские отложения фаунистически впервые обоснованы В.П.Ренгартеном (1927) в районе хребта Лес у сел.Бутри, где их мощность равна 69 м. В верхней части известняков были обнаружены песчанистые детритусовые известняки с фауной: *Harpagodes desori* Pict. Et Camp., *Natica alaudiensis* Math., *Pecten cottaldi* Orb., *Requensis* sp. (aff. *R.eurystoma* Pict. Et Camp.), *Rhynchonella multiformis* Roemer, *Terebratula* sp. и *To[aster granosus* Orb., указывающих

на верхневаланжинский возраст включающих их отложений. Средне-валанжинский возраст подтвержден и находками микрофауны в разрезах по р.Цмурчай у с.с.Аликент и Сеидкент, у с.с.Ботлих и Герги. В разрезе по р.Цмурчай мощность среднего и верхнего валанжина определена в 60 м. Залегают он несогласно на алевролитах и глинах среднего келловея. Нижние слои его с галькой в основании представлены доломитизированными известняками, чередующимися с тонкими прослоями известковистых песчаников, выше идет косослоистый песчанистый оолитовый известняк с прослоями черных глин и зеленоватых мергелей, в кровле разрез валанжина заканчивается доломитизированным известняком (6).

В подошве средне-верхневаланжинских отложений обнаружены следующие представители фораминифер: *Tristix acutangulus* (Reuss) – известная форма из верхнего валанжина Северной Германии, *Trocholina molesta* Gorbachik., описана из валанжинских отложений Крыма, где она имеет наибольшее распространение, в готериве этот вид встречается крайне редко. *Lenticulina subalikentensis* subsp. *Longa* (Samyschk.) характерный вид для средне-верхневаланжинских и готеривских отложений Дагестана, *Lenticulina rotulata* subsp. *munsteri* (Roemer), *L.dampelae* Zasp., своим присутствием подтверждают неокомский возраст и не противоречат отнесению рассматриваемых отложений к средне-верхневаланжинскому возрасту.

У с.Ботлих в нижней части средний и верхний валанжин представлен известняками палево-серыми, среднеслоистыми, мощностью 20 м, верхняя часть мощностью 25 м и сложена чередованием доломита палево-серого с песчанистыми прослоями. Микрофаунистические остатки обнаружены в верхней части разреза. Многочисленными представителями оказались *Trocholina molesta* Gorbachik., единично встречаются *Tristix acutangulus* (Reuss), из остракод *Protocythere frankei* Triebel, перечисленные формы подтверждают средне-верхневаланжинский возраст, определенный В.П. Ренгартеном и Т.А. Мордвилко на основании изучения моллюсковой фауны.

Средне-верхневаланжинский возраст микрофаунистически также был обоснован в разрезе у с.Герги. Здесь с угловым несогласием на песчаниках байосс-бата залегают средне-верхневаланжинские отложения в нижней части, представленные полосчатыми прослоями зеленых мергелистых глин (М=2 м), выше идут брекчированные известняки (М=25м), перекрываемые доломитизированными и органогенно-оолитовыми известняками (М=40 м).

Общая мощность среднего и верхнего валанжина здесь определена в 65 м. В верхней части этой толщи в глинистых прослоях органогенно-оолитовых известняков извлечены следующие представители фораминифер: *Trocholina molesta* Gorb., *Lenticulina secans* Reuss, *L. irregularis* (Samyschk.), *Vaginulina rengarteni* (Samyschk.).

Таким образом, обоснование берриас-валанжинского возраста в Дагестане можно производить на основании наличия следующих характерных ископаемых - для берриас-нижнего валанжина *Trigonia loewinson-lessingi* Renng., *Trigonia querassimovi* Mordv., *Nuculana scapha* Orb., *Berriasella subrichteri* Ret., *B. Cortasori* Kill., фораминиферы в этой берриас-валанжинского разреза не обнаружены, возможно существовавшие условия валанжинского бассейна в начале века были не подходящими для их жизни.

Отложения среднего и верхнего валанжина устанавливаются наличием *Harpagodes descry* Pict. et Camp., *Natica alaudiensis* Math., *Pecten cottaldi* Orb., *Requenia* sp.(aff. *Eurystoma* Pict. et Camp.), *Rhynchonella multiformis* Roemer. *Terebratula* sp., *Texaster granosus* Orb., *Cardium inornatum* Orb., *Trigonia loewinson-lessingi* Renng.

Из фораминифер средне-верхневаланжинские отложения характеризуют следующие представители: *Trocholina molesta* Gorb., *Tristix acutangulus* (Reuss), *Lenticulina calliopsis* (Reuss), *L.rotulata* Lam. Subsp. *munsteri* (Roemer), *L.collingnoni* Kapitalie et Sigal., *L.subalikentensis* subsp. *longa* (Samyschk.), *Vaginulina rengarteni* Samyschk. и др.

Из остракод *Protocythere frankei* Triebel, кроме этого здесь многочисленные мшанки, микроскопические гастроподы, членики криноидей, иглы морских ежей.

Перечисленные фораминиферы являются характерными представителями для пород средне- и верхневаланжинского возраста. На таблице 1 представлены характерные виды фораминифер валанжина.

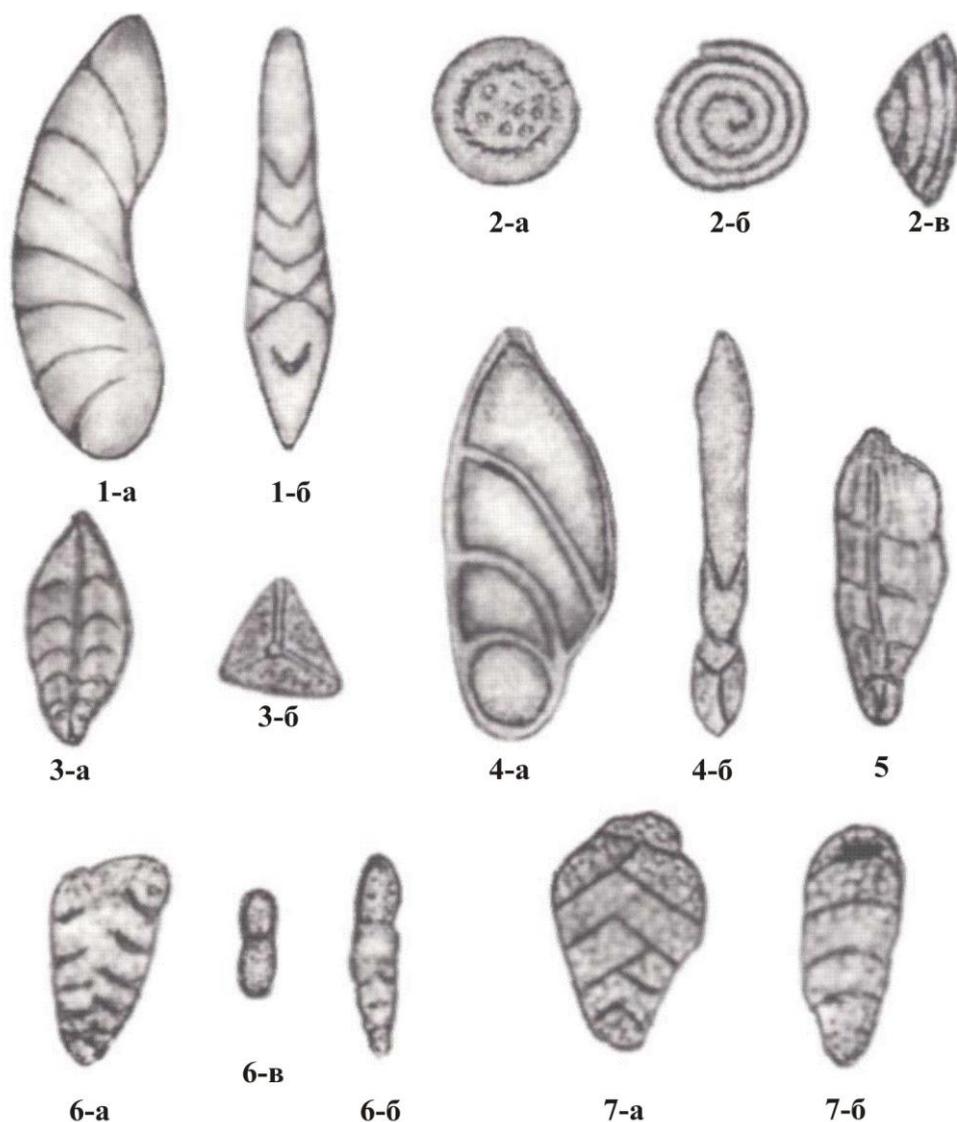


Таблица 1.

ОПИСАНИЕ ВАЛАНЖИНСКИХ ВИДОВ ФОРАМИНИФЕР

Отряд NODOSARIIDAE EHRENBERG, 1839

СЕМЕЙСТВО NODOSARIIDAE EHRENBERG, 1839

Подсемейство Lenticulininae Sigai, 1952

Род Lenticulina Lamarck, 1804

Подрод Astacolus Monfort, 1808

Astacolus longus Samyschkina sp. nov.

Табл. I. рис. 1 а, б.

Голотип №124. Микрофаунистическая коллекция Института геологии ДагФАН СССР валанжинские отложения у сел. Ботлих.

Описание. Раковина удлинённая, полу развёрнутая» заострена в верхней части и округлена в начальной. Периферический край слабо выпуклый, ровный. Ранний отдел имеет спирально-плоскостное строение состоит из 4-5 камер. Начальная камера маленькая, округлая. Развёрнутый отдел представлен 5-6 постепенно увеличивающимися в размерах камерами треугольной формы, с боковых сторон раковина умеренно вздутая в нижнем отделе и постепенно сужающаяся к верхнему устьевому концу. Септальные швы простые, линейные, слабо изогнутые в сторону» противоположную навиванию камер.

Размеры раковины: длина 0,93 мм. ширина спирального отдела 0.33 мм. распрямленного – 0,27 мм. Устье лучистое, расположено в верхнем периферическом углу последней камеры. Стенка известковистая.

Местонахождение. Этот вид обнаружен в валанжинских отложениях у сел. Ботлих и в разрезе по р. Цмурчай.

Род *Vaginulina* Orbigny, 1826
Vaginulina rengarteni Samyschkina
 Табл. 1 рис. 4 а, б.

1958, *Vaginulina rengarteni* Samyschkina. Новые виды фораминифер нижнемеловых отложений Дагестана. Тр. Геологического института, т. I. Академия наук СССР. Дагестанский филиал, табл. I—4 а, б, стр. 92.

Оригинал 199. Микрофаунстическая коллекция Института геологии ДагФАН СССР, валанжинские отложения у сел. Герги.

Описание. Раковина полуразвёрнутая, удлинённая, с боковых сторон уплощена. Начальный отдел округлый и сужен, верхний постепенно расширяющийся. Спинной край у взрослых особей прямой или слабо выпуклый, иногда с пережимами в местах пересечения септальных швов. Внутренний край короче периферического, прямой или слабо вогнутый. Раковина состоит из 4 камер, из них начальная круглая или овальная, диаметром 0,09Х0,09 мм или 0,09Х0,12 мм; последующие камеры, постепенно увеличиваясь в размерах, имеют треугольную форму. Септальные швы слабо изогнуты и слегка углублены.

Размеры раковины: длина 0,39-1,14 мм, ширина 0,21-1,151 мм, наибольшая толщина 0,24 мм. Устье лучистое, расположено в верхнем периферическом углу последней камеры. Стенка не известковистая.

Местонахождение. Этот вид обнаружен в валанжинских отложениях у сел. Герги. Впервые обнаружен и описан из готеривских отложений Дагестана.

Род *Marginulina* Orbigny, 1826
Marginulina pyramidalis (Koch)
 Табл. 1, рис. 5

1851. *Nodosaria pyramidalis* Koch, Hilsthon, S. 173, Ta I. 24, Fig. 8.

1863. *Dentalina inepta* Reuss, Hils u. Gaull. S. 40, Taf. 2, Fig. 13.

1933. *Marginulina costiata* Kasanzev (поп Batsch).

Материалы к познанию фораминифер неокома и юры Эмбенского района. Тр. НГРИ. Сер. В, вып. 56.

1951. *Marginulina pyramidalis* (Koch). Bartenstein H. et Brand E. Mikropaleontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des nordwest-deutschen Valendis. S. 307, Taf. 9, Fig. 221—223.

Оригинал 128. Микрофаунстическая коллекция Института геологии ДагФАН СССР, валанжинские отложения у сел. Ботлих.

Описание. Раковина полуразвернутая, вытянутая. В начальном отделе суженная, в конечном - постепенно расширяющаяся, вздутая с боковых сторон. Всего насчитывается 6 камер, из которых начальная — маленькая, округлая, последующие - низкие, широкие, четырехугольной формы, постепенно возрастающие в размерах. Последняя камера по сравнению с предыдущими резко возрастает и по форме является более округлой. Септальные швы - слабо углубленные, в виде пережимов. Поверхность раковины покрыта продольными ребрышками. Стенка известковистая. Устье лучистое, расположено на слабо вытянутом конце в верхнем периферическом углу последней камеры.

Размеры раковины: длина 0.80 мм, наибольшая толщина 0.24 мм.

Распространение. В Северной Европе известен, начиная с валанжина по альб, в Эмбенском районе в неокоме, в Дагестане обнаружен в отложениях валанжинского яруса.

Род *Tristix* M a cf a dyen, 1941

Tristix acutangulus Reuss

Табл. I. рис. 3 а, б.

1863. *Rhabdognium aeutangulus* Reuss, Hils u. Gault, S. 55, Taf. 4, Fig. 14.

1951. *Irislix aeutangulus* Reuss. Bartenstein H., Brand E. Mikropaleontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des nordwestdeutschen Valendis. Taf. 10, Fig. 257—261.

1948. *Tristix acutangulum* Reuss — Ten Dam, Foraminifera from the Middle Neocomian of the Netherlands. Journ. Pal., vol. 22, N 2, pi. 32, fig. 9, 10.

Оригинал 162. Микрофаунистическая коллекция Института геологии ДагФАН СССР, валанжинские отложения у сел. Ботлих.

Описание. Раковина одноосная, трехгранная, продолговатая. Камеры расположены в один ряд по прямой. Всего их насчитывается 7-8, из них начальная небольшая, округлая, последующие трехгранные, постепенно возрастают по размеру; у некоторых форм, начиная почти с середины раковины, величина камеры не изменяется. Периферические концы камер, сливаясь, образуют тонкие ребра. Грани, заключенные между ребрами, слегка вогнуты внутрь.

Размеры раковины: длина 0,57-0,72 мм, ширина 0,21-0,24 мм. Устье терминальное, лучистое. Стенка известковистая.

Распространение. В Северной Европе известен с валанжина по альб, в Нидерландах характерен для альба, в Дагестане встречается в валанжине и готериве.

СЕМЕЙСТВО SPRILLINIDAE REUSS. 1861.

Род *Trocholina* Paa1zow, 1922.

Trocholma molesta Gorbatchi k.

Табл. I, рис. 2 а, б, в.

1959. *Trocholina molesta* Gorbatchik. Новые виды фораминифер из нижнего мела Крыма и Северо-Западного Кавказа. Палеонтологический журнал № 1, стр. 80, табл. IV, рис. 1, 2.

Оригинал 123. Микрофаунистическая коллекция Института геологии ДагФАН СССР. Валанжинские отложения у сел. Ботлих.

Описание. Раковина имеет форму невысокого конуса. Состоит из 2 камер, начальной округлой и трубчатой, частично подразделенной. Трубчатая камера составляет четыре-семь нисходящих оборотов спирали. Толщина этой камеры постоянна на всем протяжении спирали. Внутренний край камеры последнего оборота зубчатый. Внутренняя полость конуса с брюшной стороны раковины заполнена столбиками, состоящими из известковистого вещества, образующими бугорчатую поверхность. Количество столбиков — от 7 до 18.

Размеры раковины: диаметр последнего оборота спирали 0,33-0,36 мм, высота 0,12-0,15 мм. Устьем служит открытый конец трубки. Стенка известковистая, шероховатая.

Изменчивость. Особи данного вида отличаются друг от друга размерами раковины, количеством оборотов спирали, степенью выпуклости раковины.

Распространение. В валанжине Крыма и Дагестана.

Отряд TEXTULARIIDA

СЕМЕЙСТВО TEXTULARIIDAE ORBIGNY. 1846

Род *Paleotextularia* Schubert, 1920

Paleotextularia valanginiami Samyschkina sp. Nov

Табл. I. рис. 6 а, б, в и 7 а, б

Голотип № 198 Микрофаунистическая коллекции Института геологии ДагФАН СССР, валанжинские отложения у сел. Герги.

Описание. Раковина двухрядная, суженная в нижнем отделе и постепенно расширяющаяся в верхнем; С боковых сторон умеренно вздутая или почти уплощенная. В каждом ряду по 6-7 камер, постепенно увеличивающихся в размерах от начального к периферическому концу, Септальные швы поверхностные, с боковых сторон слабо углубленные.

Размеры раковины: длина 0,42-0,54 мм, ширина 0,30-0,33 мм, толщина 0,12-0,24 мм. Стенка агглютинированная, устье щелевидное, расположено у внутреннего края последней камеры.

Местонахождение. Этот вид обнаружен в валанжинских отложениях у сел. Герги.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Атлас инжнемеловой фауны Северного Кавказа и Крыма. Под редакцией В. В. Друщица и М. П. Кудрявцева. Госгонтехиздат, 1960 г.
2. Ренгартен В.П. Опорные разрезы нижнего мела Дагестана. М., Изд. АН СССР. 1961 г.
3. Мордиилка Г. А. Нижнемеловые отложения Северного Кавказа и Предкавказья, Узд. АН СССР. ч. II. 1962 г.
4. Самышкина К.Г. Новые виды фораминифер нижнемеловых отложений Дагестана. В сб. Тр. Геологического института. ДагФАН СССР. т. I. Махачкала. 1958 г.
5. Леонов Г. П. и Логинова Г. А. Основные черты геологического развития Дагестана в эпоху верхней юры и валанжинна. В сб. Ученые записки МГУ, вып. 176. 1958 г.
6. Дробышев Д., В. Хребет Лес в Даргинском округе Дагестана. Тр. ГГРУ. Вып. 86. 1931 г.
7. Ренгартен В.П. Геологическое описание. Меловая система. В кн.: Геология СССР, т.IX, Северный Кавказ, ч.1. 1947 г.
8. Reuss A. Foraminiferen des norddeutschen Hils und Gault. Sitz. Akad.Wiss. Wien, 1863, Bd 46, S.55
9. Гаврилов Ю.О., Щербинина Е.А., Черкашин В.И. Отображение глобальных и межрегиональных биосферных событий мезозоя и кайнозоя в осадочных комплексах Северо-Восточного Кавказа (Дагестан) // Труды Института геологии ДНЦ РАН, выпуск № 50, Махачкала. 2006. С.15.
10. Исаева Н.А. Этапы развития фораминифер в отложениях позднего мела на территории Восточного Кавказа // Труды Института геологии ДНЦ РАН, №3 (98), 2019г., С.78-80
11. Аркадьев В.В., Богданова Т.Н. Берриас Горного Крыма. Санкт-Петербург, 2012 г., С.3-4

УДК:553.9.550

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-76-79

БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ДАГЕСТАНА

Курбанова Л.М.

Институт геологии ДФИЦ РАН

Дается характеристика минеральных вод Дагестана в связи с их лечебными свойствами, а также их использованием в бальнеологии республики.

Ключевые слова: минеральные воды, бальнеологические свойства, гидрохимические типы.

BALNEOLOGICAL POTENTIAL OF MINERAL WATERS OF DAGESTAN

Kurbanova L.M.

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

The characteristics of the mineral waters of Dagestan are given in connection with their medicinal properties, as well as their use in the balneology of the republic.

Keywords: mineral waters, balneological properties, hydrochemical types.

Минеральные воды – это природные подземные воды, характеризующиеся повышенным содержанием биологически активных минеральных или органических компонентов и обладающие определенным химическим составом и физико-химическими свойствами, и вследствие этого оказывающие лечебное действие на организм человека [2].

В соответствии с ГОСТ 13273-88, к минеральным питьевым водам относятся воды с общей минерализацией не менее 1 г/л или при меньшей минерализации, содержащие биологически активные микрокомпоненты в количестве не ниже бальнеологических норм.

Использование природных минеральных вод является одним из старейших методов лечения различного рода заболеваний. Дагестан, в силу его геолого-тектонического строения, обладает большим разнообразием минеральных лечебных вод: разведано 26 месторождений лечебных минеральных подземных вод, в основном, гидрокарбонатного натриевого состава без специфических компонентов – 15, а также йодо-бромных – 8 и сероводородных – 3.

Всего на территории Дагестана выявлено и детально исследовано 300 источников и несколько десятков месторождений лечебных и лечебно-столовых минеральных вод, полностью соответствующих ГОСТу «Вода минеральная». На базе их функционирует ряд санаторно-бальнеологических учреждений местного значения и заводов розлива минеральных вод. В частности в настоящее время используются 5 скважин Махачкалинского месторождения и по одной-две скважине месторождений Талги, Каякент и Рычалсу. При этом одно только Махачкалинское месторождение обладает 8 типами столовых минеральных вод [3].

Территориальная приуроченность типов минеральных вод также определяется структурно-тектонической зональностью Дагестана. Основная часть минеральных источников расположена в районах Горного и Предгорного Дагестана, а также в полосе Приморской низменности [4,5]. В целом, в горной части преобладают слабо- и среднеминерализованные воды сложного состава, часто сульфатные с низким содержанием микроэлементов или их отсутствием. В центральном горном Дагестане с высокоминерализованными водами соседствуют слабоминерализованные бессульфатные хлоридно-натриево-кальциевые воды. В Приморской низменности в основном распространены высокоминерализованные воды хлоридно-натриевого состава с повышенным содержанием микроэлементов: йода, брома, бора [6].

В Дагестане представлены минеральные воды всех бальнеологических групп. Самая большая из них – это *сероводородные* воды с кондиционным содержанием сероводорода 10

мг/л. Они составляют почти половину от общего количества источников и распространены повсеместно по территории республики. По количественному содержанию сероводорода источники можно разделить на 2 группы: 1). Сульфидные с содержанием H_2S в пределах бальнеологической нормы и выше – от 10 до 100 мг/л и 2). Крепкие сероводородные воды с содержанием H_2S более 100 мг/л. К первой группе можно отнести около 20 источников в третичном Дагестане. Источников крепких сульфидных вод вдвое меньше. Среди них Талгинские источники крепких сульфидных вод, содержание сероводорода в которых одно из самых высоких в мире – до 630 мг/л [2].

Ионно-солевой состав отличается разнообразием, но наиболее широко распространены сероводородные воды хлоридно-натриевого состава.

Сероводородные минеральные воды выделяются по наличию в их составе свободного сероводорода и гидросульфидного иона, которые и определяют их лечебное действие. Воды данного типа обладают очень высоким бальнеологическим потенциалом. При содержании сероводорода до 30 мг/л они показаны для внутреннего применения при хронических интоксикациях тяжелыми металлами (свинец, ртуть, висмут и т.д.). При наружном применении бальнеологический диапазон вод еще более обширен: от гинекологических заболеваний – до кожных. В республике воды этого типа используются лишь в санатории «Талги».

Углекислые воды. К водам этого типа относятся источники с содержанием растворенной углекислоты не менее 500 мг/л. В Дагестане месторождения данного типа сосредоточены в горной части – в верховьях реки Андийское Койсу и представлены Гиндинской, Инхокваринской и Куанской группами вод. Содержание свободной углекислоты в их водах составляет 1,04–1,7 г/л, общая минерализация 7–13 г/л. По гидрохимическому типу эти воды гидрокарбонатно-хлоридные, натриевые с повышенным содержанием бора, брома, кремниевой кислоты, железа и аммония [7].

Лечебное значение углекислых вод определяется наличием больших количеств растворенного углекислого газа. Данные воды показаны как для внутреннего, так и наружного применения в лечебных целях – стимулируют центральную нервную систему, улучшают функции вегетативной нервной системы. Однако в республике они используются лишь как лечебно-столовые.

Соляно-щелочные воды. В республике воды данного состава в процентном соотношении составляют 21% от общего числа минеральных источников. В ионно-солевом составе доминируют хлорид натрия и гидрокарбонат натрия. К источникам этой группы относятся Каракайтские, Истису, Рычал-Су, Гильярские, Заузунбашские, Губденский и др.

Воды этого типа показаны в основном для внутреннего применения при лечении гастритов, желчевыведения и других желудочных заболеваний. Профессор А.П. Нелюбин писал, что «сии воды должны быть полезны при болезнях желудка, кишок, болезнях печени и желчных путей, но особенно при катарактах желудка».

В нашей республике самым крупным представителем этих вод является месторождение Рычал-Су, воды которого разливаются и используются как лечебно-столовые.

Йодо-бромные, борные воды. Это наиболее распространенный тип вод, со значительными запасами. Они приурочены к приморской и предгорной частям Южного Дагестана и в основном расположены в пределах нефтегазоносных площадей.

Воды этого типа делятся на две группы.

Первую группу представляют источники и скважины мезозойских и миоценовых отложений предгорной полосы Восточно-Предкавказского артезианского бассейна. Для них характерно содержанием I и Vг в пределах 1–2 бальнеологических норм. К этой группе относятся воды газонефтяных месторождений Западной и Восточной антиклинальных зон Южного Дагестана, а также термальные воды аномальных участков миоценового комплекса, вскрытые в

прибрежной части Дагестана: Дербент, Манас, Каспийск, Караман. Минерализация их составляет 25-60 г/л и более, содержание I – от 4-5 до 10-15 мг/л, Br – на порядок больше.

Ко второй группе относятся йодо-бромные минеральные воды высокой минерализации и концентрации не только I и Br, но и других ценных элементов, которые представляют собой промышленное гидроминеральное сырье: йод, бром, бор, литий, рубидий, цезий, стронций, калий и др. Эти воды вскрыты в продуктивных нефтегазоносных пластах Платформенного Дагестана.

Влияние этих вод на функциональное состояние организма происходит вследствие фармакологических свойств йода и брома. Они показаны при лечении болезней опорно-двигательной системы, нервных заболеваний. На этих водах в республике функционирует санаторий «Каспий» в п. Манас: вода скважины 9-Т характеризуется как йодо-бромная, борная, термальная, рассольная, хлоридного натриевого состава, с повышенным содержанием органических веществ и железа [1].

Содовые воды. В республике насчитывается около 30 источников этого типа. Организовано в бальнеологии эти воды не используются. Используются местными жителями Приморского Дагестана для выпечки хлеба, мойки шерсти и т.д.

Содово-глауберовые воды имеют значительное распространение в Дагестане. Это так называемый Махачкалинский тип вод. По гидрохимическому типу это воды гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого состава. Используются для внутреннего применения и показаны при лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта. Типичными представителями этого типа вод являются воды источника «Тарнаир» в Махачкале.

Сульфатные воды. В Дагестане насчитывается более 15 проявлений этого типа вод. В основном они сосредоточены в Предгорном и Южно-Горном Дагестане. В Приморской зоне республики отсутствуют. Эти воды имеют большой спектр бальнеологического применения в зависимости от химического состава. Как глауберовые, они обладают выраженным слабительным действием, горькие воды увеличивают перистальтику кишечника. Показаны при заболеваниях печени и желчных путей, а также при нарушении обмена веществ, в частности, при ожирении и диабете.

Доломитово-известковые воды. В республике встречаются довольно редко, но в силу своих бальнеологических возможностей, становятся еще ценнее. Эти воды (гидрокарбонатно-кальциевые, магниевые) показаны при хронических воспалительных и функциональных заболеваниях желудка и печени, язвенных болезнях, циститах.

Кремнистые воды. К водам этого типа относятся минеральные воды, содержание кремниевой кислоты в которых не ниже 50 мг/л. В Дагестане насчитывается более 20 месторождений этих вод. Кремнистые минеральные воды так же как железистые, радоновые, в Дагестане имеют локальное распространение. В горно-складчатом Дагестане различают следующие их виды: слабоминерализованные сульфатно-гидрокарбонатные натриевые щелочные термальные воды, вскрытые в среднемиоценовых отложениях геотермальными скважинами на площадях Герга и Исти-Су; холодные пресные гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые воды (Цудахарский источник и др.).

Наиболее крупным их представителем являются воды Каякентского месторождения в Приморском Дагестане, содержание кремневой кислоты в которых достигает наибольших бальнеологических значений. На базе этих вод функционирует санаторий «Каякент».

Кремнистые воды используются также в курортной местности Ахты.

В бальнеологии эти воды используются как для внутреннего, так и наружного применения. Показаны они при нарушении обмена веществ, атеросклероза, некоторых заболеваниях пищеварительного тракта.

Железистые воды. К этому типу относятся воды, содержание общего железа в которых не ниже 10 мг/л. В республике насчитывается всего 10 месторождений таких вод, в том числе скв. 215 Махачкала, Параульское, Капасерагинское и др.

Минеральные источники с содержанием железа выше бальнеологических норм значительно распространены в пределах предгорного и среднегорного Дагестана. К ним могут быть отнесены (мг/л): Ашарский – 36; Ачису (с. Гостала) – 44, Карадахский – 10, Пираусский (с. Гельбах) – 23,3; Зурамакентские источники – 12,2; Какаюртовский – 11,3.

Железистые воды способствуют окислительно-восстановительным процессам в организме, показаны при анемии, поскольку железо является структурным элементом гемоглобина.

Слаборадоновые воды. К собственно радоновым относят воды с содержанием радона 50 эман и более. В Дагестане такие концентрации радона в подземных водах не обнаружены, однако воды с повышенными его значениями имеются, в основном в Предгорном и Платформенном Дагестане. В горно-складчатом Дагестане встречаются только локально, приурочены к трещинам и разломам, имеют глубинное происхождение.

В Южном Дагестане слаборадоновыми являются хлоридно-натриевые слабоминерализованные (8,2 г/л) термальные воды (35-37°C) площади Аджиноур (35 эман), вскрытые в верхнемеловых отложениях на глубине 337 м. К ним также можно отнести воды источников Миатлинских, Гильярских, Нашун-булак, Казан-булак, Гелли, и воды ряда газонефтяных скважин вблизи селений Параул и Доргели (12,1-13,4 эман).

Питье радоновых вод применяется при подагре, заболеваниях желудочно-кишечного тракта, ванны полезны при отклонениях в работе опорно-двигательного аппарата, заболеваниях кожи, эндокринной системы, в гинекологии. Однако в Дагестане нет типично радоновых вод и соответственно лечебно-профилактических учреждений с их применением.

Таким образом, можно сказать, что в Дагестане имеются все типы минеральных вод и регион этот обладает большим бальнеологическим потенциалом.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР АААА-А17-117021310203-3.

Литература

1. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С., Сулейманов В.К., Мамаев А.С. О результатах переоценки запасов подземных минеральных вод по скважине 9-Т Южноманасского участка минеральных вод // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019 № 2 (77). С. 30-37.
2. Гецеу В.В. Минеральные источники Дагестана. Махачкала, 1964. 144 с.
3. Курбанова Л.М. Экологические проблемы и перспективы Махачкалинского месторождения термоминеральных вод // Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы, актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов – Труды VI Межд. конф-и ИПГВЭ ОИВТ РАН. 2020. С. 494-498.
4. Курбанова Л.М. Минеральные воды Предгорного Дагестана // Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2014. № 63. С. 270-273.
5. Курбанова Л.М. Подземные воды гидрогеологического района Сланцевого Дагестана // Геология, геодинамика и геоэкология Кавказа. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 271-274.
6. Курбанова Л.М. Подземные воды гидрогеологического района Сланцевого Дагестана // Геология, геодинамика и геоэкология Кавказа. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 271-274.
7. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. Москва: Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика». 2001. 260 с.

УДК:553.9.550

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-80-82

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БЕРИКЕЙСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Курбанова Л.М.

Институт геологии ДФИЦ РАН

Рассматриваются проблемы загрязнения окружающей среды на геотермальных месторождениях на примере Берикейского месторождения и возможные способы их разрешения. Приводятся загрязняющие агенты, их количества, показаны результаты их воздействия на различные компоненты природной среды.

Ключевые слова: термальные рассолы, фенолы, углеродосодержащие газы, природная среда, загрязнение.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE BERIKEY GEOTHERMAL DEPOSIT

Kurbanova L.M.

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

The problems of environmental pollution in geothermal deposits and possible ways of solving them are discussed on the example of Berikey deposit. The polluting agents and their quantities are given and their effects on the various components of the natural environment are shown.

Keywords: thermal brines, phenols, carbon gases, natural environment, pollution.

Процессы разработки и эксплуатации месторождений подземных вод всегда связаны с воздействием на окружающую среду. В зависимости от типа подземных вод и их параметров: химического состава, минерализации, температуры, дебита, а также интенсивности эксплуатации воздействие это может быть различным [4,5].

По данным АО ТЭК «Геотермнефтегаз» в Дагестане за период 1966-1989 гг. добыто и сброшено в окружающую среду более 160 млн. м³ термальных вод с минерализацией в среднем 10 г/л, что составляет 160 тыс. тонн минеральных солей. Но главным источником загрязнения окружающей среды являются фенолы, содержащиеся в термальных и попутных водах нефтяных скважин. Не менее важную роль в воздействии на окружающую среду играют и попутные газы: углекислый газ, метан [1].

Берикейское месторождение расположено в 100 км южнее Махачкалы в густонаселенном Дербентском районе в прибрежной полосе Каспийского моря, в 3 км от берега. Впервые о нефтепроявлениях на месторождении Берикей упоминает академик Г.В. Абих в 1960 году. В последующие годы нарастающими темпами пройдены десятки колодцев, сотни неглубоких и глубоких скважин, которые позволили изучить геологическое строение газоконденсатного месторождения площадью 50 км² и эксплуатировать его до полной разработки газовых залежей в 1970-е годы.

В настоящее время месторождение представляет собой совокупность более 150 газофлюидных грифонов редкометалльных промышленных вод с минерализацией 75-80 г/л, температурой 55-60°C, которые образовали озеро диаметром 100-150 м со стоком в Каспийское море посредством дренажного канала.

Озеро грифонов образовалось в 1952 г. в результате аварии и провала скв. №20 и образования огромного фонтана с первоначальным дебитом 40-70 тыс. м³/сут. Грифоны и озеро характеризуются однотипными рассолами, содержащими ряд ценных элементов: лития, рубидия, цезия, йода, бора, магния, стронция и ряда минеральных солей в промышленных кондициях.

Прогнозные эксплуатационные запасы промышленных термальных вод Берикейского месторождения составляют 15 тыс. м³/сут или 5,5 млн. м³/год. Из них 1650 м³/сут или (0,6 млн. м³/год) самопроизвольно выбрасываются на поверхность. Берикейские грифоны вынесли из

недр на поверхность и в Каспийское море следующие ценные элементы (тонн): литий – 5000, рубидий – 550, цезий – 135, йод – 1200, бром – 14250, бор – 12900, стронций – 28000 и 9000000 тонн поваренной соли, свыше 900 тонн фенолов, свыше миллиона тонн минеральных солей, что привело к глубокому загрязнению десятков гектаров прилегающих земель и шельфа Каспийского моря [2].

Помимо рассолов, грифоны выносят около 5 млн.м³ углеводородных и более 1 млн. м³ углекислых газов, что не только отравляет воздух прилегающих районов, но и в целом воздушного пространства [3]. Особенно это актуально сегодня, когда в связи с глобальным потеплением климата мировое сообщество остро ставит вопросы выброса углеродосодержащих газов, и в некоторых странах даже вводится углеродный налог для предприятий и компаний.

В результате сотни гектаров прибрежных земель Каякент-Берикейского курортного района и шельф Каспийского моря интенсивно загрязнены и нуждаются в фундаментальной рекультивации.

Разработаны различные методы очистки подземных вод от вредных примесей. В частности биологический метод, который заключается в выращивании в минеральных водах микроводорослей, участвующих в детоксикации фенолов, нефтепродуктов; метод адсорбционной очистки с выделением фенолов в виде товарной продукции и др. Оптимальным методом решения экологических проблем использования термальных минеральных вод является их комплексная переработка с выделением всех компонентов. Термоминеральные воды – это полезное ископаемое многоцелевого назначения и оптимальное их использование является решением экологического аспекта, как для самих вод, так и для объектов природной среды, подверженной их воздействию.

Институтами геологии и проблем геотермии Дагестанского научного центра Российской Академии наук совместно с рядом научных и производственных организаций страны выполнен комплекс геологических, гидрогеохимических, химико-технологических и технико-экономических исследований, которые показывают крайне отрицательное влияние сброса берикейских рассолов на экологическое состояние Каякент-Берикейской зоны и шельфа Каспия, с одной стороны, и возможности их утилизации с большим экономическим эффектом – с другой. Проведенные технико-экономические расчеты свидетельствуют о высокой рентабельности комплексного освоения геотермальных и гидроминеральных ресурсов месторождения [7].

Согласно составленному Институтом геологии, Институтом проблем геотермии и ООО «Георесурс» бизнес-плану, из Берикейских вод в промышленных масштабах в настоящее время можно добывать карбонат лития, магнезию жженную, пищевую соль (в том числе йодированную, и в брикетах для скота), йод технический, бром технический, гипохлорид кальция, а также углекислый газ и тяжелые углеводороды. Имеются совместные с ВСЕГИНГЕО заделы по извлечению рубидия и цезия. Одновременно представляется возможным использование геотермальных рассолов в лечебно-бальнеологических целях, согласно заключению Пятигорского НИИ курортологии и физиотерапии.

Имеется некоторый практический опыт извлечения химических элементов из рассолов Берикейского месторождения. Так, в 2001-2004 гг. ООО «Георесурс» с участием сотрудников ИПГ и ИГ ДНЦ РАН разработана и смонтирована на месторождении укрупненная пилотная геотехнологическая установка и на этой установке отработана технология получения концентрата лития и магнезии. Было получено 1000 кг концентрата лития и 150 кг магнезии [7]. В 1942-1945 гг. на базе утилизации этих вод даже функционировал небольшой йодный завод в поселке Дагестанские Огни.

На Берикейском месторождении также успешно апробирован опыт очистки и рекультивации прилегающих земель от загрязнения термоминеральными попутными водами, разработанный в Центре государственного экологического мониторинга и контроля РД [6]. Проект состоял из 3 этапов: 1) создание нефтеловушек и дренажной системы для предотвращения

нефтяного загрязнения почвы и воды; 2) внесение специализированных биоорганизмов и подкормок; 3) засев почв сельхозкультурами.

Экологическая проблема на Берикейском месторождении характеризуется остротой и неотложностью и строительство завода по добыче ценных элементов из термоминеральных рассолов одновременно разрешило бы затянувшуюся на 50 лет острейшую экологическую проблему загрязнения природной среды Каякент-Берикейского курортного района, позволив рекультивировать десятки гектаров загрязненных нефтепродуктами и гидроминеральными солями земель, шельфа Каспия, и загазованности прилегающих населенных пунктов.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР АААА-А17-117021310203-3.

Литература

1. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С., Курбанова Л.М. Об использовании и проблемах эксплуатации геотермальных систем в Республике Дагестан // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 2 (81). С. 93-98.
2. Курбанов М.К., Магомедов Г.М., Рамазанов А.Ш., Сафаралиев Г.К. Берикейское месторождение редкометальных рассолов, пути их утилизации и предотвращения процессов загрязнения Прикаспийского Курортного района // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 49. С. 127-130.
3. 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 годы». // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 49. С. 196-209.
4. Курбанова Л.М. Экологические проблемы и перспективы Махачкалинского месторождения термоминеральных вод // Труды VI Международной конференции Института проблем геотермии и возобновляемой энергетики ОИВТ РАН. 2020. С. 494-498.
5. Курбанова Л.М. Геоэкологические проблемы подземных вод (на примере Махачкалинского геотермального месторождения) // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2009. № 55. С. 85-88.
6. Мунгиев А.А. Берикейское нефтяное месторождение: опыт экологического оздоровления территории // Труды географического общества Дагестана. 2004. № XXXI-XXXII. С. 72-74.
7. Исследование и разработка технологии извлечения карбоната лития из геотермальных рассолов Берикейского месторождения Дагестана // Отчет ООО «Георесурс». Отв.исп. М.К.Курбанов. 2003.

УДК 911.6

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-83-90

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕРЕХОДНОГО КОЭФФИЦИЕНТА M_k ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ГЛИН НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА

Кондаков¹ В.М., Мамаев¹ С.А., Ахмедов² С.А., Абдуразакова² З.Ш.

¹Институт геологии ДФИЦ РАН, ²Дагестанский государственный университет

Актуальность работы. Для объектов строительства первого и второго уровня ответственности предусматривается статическое и динамическое зондирование [1,2]. При выполнении лабораторных компрессионных работ [3] рекомендуется пользоваться региональными переходными коэффициентами, в том числе M_k . **Цель работы.** Сделать обзор и анализ инженерно-геологических изысканий с выбором объектов со слабыми грунтами, где было проведено статическое зондирование. **Методика работ.** Полевые испытания грунтов проводились методом статического зондирования в соответствии с ГОСТ 19912 «Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием», СН-448-72 «Указания по зондированию грунтов для строительства, часть 1, общие правила производства работ. Испытания проводились полевым измерительным комплексом аппаратуры для статического зондирования «Пика-19» конструкции НИИОСП им. Герсеванова. **Результаты работ.** Были выбраны отчеты по инженерно-геологическим изысканиям по соответствующим объектам, со слабыми грунтами - мягко – и тугопластичными глинами и суглинками. Коэффициент M_k находился как частное от деления прямых определений модуля деформации на лабораторный модуль деформации. Также показаны промежуточные значения M_k по интерполяции. Статическое зондирование проводилось как минимум по 3 скважинам.

Ключевые слова: статическое и динамическое зондирование, коэффициентом пористости, физико-механических свойств грунта, модули деформации.

TO DETERMINING THE TRANSITIONAL FACTOR OF M_k FOR QUATERNARY CLAYS IN THE TERRITORY OF DAGESTAN

Kondakov¹ V.M., Mamaev¹ S.A., Akhmedov² S.A., Abdurazakova² Z.Sh.

¹Institute of Geology, DPRC RAS, ²Dagestan State University

The relevance of the work. For construction objects of the first and second levels of responsibility, static and dynamic sounding is provided [1,2]. When performing laboratory compression work [3], it is recommended to use regional transition factors, including M_k . Objective. Review and analyze engineering and geological surveys with a selection of objects with soft soils, where static sounding was carried out. Methodology of work. Field tests of soils were carried out using the static sounding method in accordance with GOST 19912 "Soils. Methods of field tests by static and dynamic sounding", СН-448-72 "Instructions for sounding of soils for construction, part 1, general rules for the production of work. The tests were carried out by the field measuring complex of equipment for static sounding "Pika-19", designed by NIIOSP them. Gersevanov. Results of work. Geotechnical survey reports were selected for the relevant sites, with soft soils - soft - and refractory clays and loams. The M_k coefficient was found as a quotient from dividing the direct determinations of the deformation modulus by the laboratory deformation modulus. Interpolated M_k values are also shown. Static sounding was carried out in at least 3 wells.

Keywords: static and dynamic sounding, porosity coefficient, physical and mechanical properties of soil, deformation moduli.

В соответствии с нормативными документами, основания и фундаменты сооружений, возводимых на любых грунтах, следует рассчитывать по двум группам предельных состояний: по первой – по несущей способности, по второй – по деформациям (осадкам, прогибам, и пр.), затрудняющим нормальную эксплуатацию сооружения или снижающим его долговечность. И иногда, при использовании переходных коэффициентов в Дагестане приходится варьировать этот коэффициент для конкретных местных условий. Приводятся многочисленные нормативные и расчетные значения характеристик грунтов для различных грунтов, для того чтобы уточнить переходный коэффициент M_k для слабых четвертичных мягко и тугопластичных глин.

На территории Дагестана слабые грунты четвертичного возраста широко распространены на древних погребенных поймах рек Сулак, Терек, а также в Приморской зоне Каспийского

моря, в лагунных отложениях. Рукав дельты р, Терек протягивается до 100 км по длине и по ширине от 20 до 40 скм. Примерно и такие же размеры имеет древняя пойма р. Сулак.

Так, в районе «Черемушки» (ул. Юрикова) г. Кизляра залегают глины темно-серые илистые мягкопластичные с глубины 2,6м до глубины 5,0-6,0м. Их коэффициент пористости составляет от 1,00 до 1,206. Коэффициент пористости тугопластичных глин составляет более 0,9, что позволяет относить их к 3 категории грунтов по сейсмическим свойствам [4, 5].

Также слабые грунты, как тугопластичные глины, были обнаружены в Каабековском районе, сел. Дылым, при инженерно-геологических изысканиях под 8-ми этажный жилой дом на глубине 10-15м. Их коэффициенты пористости составляли от 0,937 до 1,044.

В районе кемпинга были опробованы – глины серовато-желтые мягкопластичные мощностью до 5,0м. Здесь в районе морской лагуны слабые грунты залегают повсеместно. Мягкопластичные глины и суглинки имеют мощность от 1 до 5м. Их коэффициент пористости составляет более 0,9, что также относится к грунтам 3 категории по сейсмическим свойствам.

Ниже, в табл. 1 приводится сравнительная характеристика физико-механических свойств грунта- мягко – и тугопластичной глины, определяемых по лабораторным работам, по СП 50-101-2004 и по статическому зондированию для инженерно-гелогических изысканий по ул. Юрикова 1, 5, 9а(г. Кизляр), а в табл.2 – для мягко- и тугопластичного суглинков по ул. Ермошкина 117 (г. Махачкала).

С целью определения M_k , модули деформации, определенные статическим зондированием (табл. 1, 2), делились на лабораторные нормативные модули деформации (табл. 3-6) соответствующих грунтов. Например, для глины мягкопластичной (табл. 1-табл.5):

$$M_k = 4,9 : 1,6 = 3,0.$$

Таблица1.

**Рекомендуемые нормативные и расчетные значения характеристик грунтов
(по ул. Юрикова 1, 5, 9а)**

Номер ИГЭ	Наименование характеристик норм.	Значение характеристик				Рекомендуемые характеристики грунтов
		По лабораторным данным	По СП 50-101-2004	Штамповым испытанием	Статическое зондирование	
ИГЭ-2, глина мягкопластичная	Удельное сцепление, кПа Норм.. /0,85/0,95	21/18/17			27/25/24	21/18/17
	Угол внутр. Трения Норм.. /0,85/0,95	11/10/10			15/14/13	15/14/13
	Модуль деформации, МПа Норм.. /0,85/0,95	6			4,9/4,5/4,3	4,9/4,5/4,3
ИГЭ-3, глина тугопластичная	Удельное сцепление, кПа Норм.. /0,85/0,95	30/28/26	39/38/36		35/33/32	30/28/26
	Угол внутр. трения Норм.. /0,85/0,95	15/15/15	15/14/14		18./17/17	18./17/17
	Модуль деформации, МПа Норм.. /0,85/0,95	2.4*5.0 =12 (с учетом M_k)	13,0	11	14/14/13	14/14/13
	Удельное	4/4/3				4/4/3

ИГЭ-4, песок пылеватый.	сцепление, кПа Норм../0,85/0,95					
	Угол внутр. трения Норм../0,85/0,95	30/30/27			31/31/30	30/30/27
	Модуль деформации, МПа Норм../0,85/0,95	18,0			18,4/18,1/18,0	18,0

Таблица 2

(По ул. Ермошкина 117.)

Номер ИГЭ	Наименование характеристик норм.	Значение характеристик				Рекомендуемые характеристики грунтов
		По лабораторным данным	По СП 50-101-2004	Штамповым испытанием	Статическое зондирование	
ИГЭ-2, суглинок тугопластичный.	Удельное сцепление, кПа Норм../0,85/0,95	22/21/20	24/23/23		21/21/20	22/21/20
	Угол внутр. трения Норм../0,85/0,95	19/19/19	20/20/19		21/20/20	20/20/19
	Модуль деформации Норм../0,85/0,95	16	14/13/13		13/12/12	13,0
ИГЭ-3, суглинок мягкопластичный.	Удельное сцепление, кПа Норм../0,85/0,95	16/15/14	17/16/15		19./18/18	16/15/14
	Угол внутр. трения Норм../0,85/0,95	16/15/15	16/16/15		20/19/18	16/15/15
	Модуль деформации, МПа Норм../0,85/0,95	11	9/8/8		8/8/8	9

Таблица 3

Физико-механические свойства грунтов (Ермошкина 117).

№ выработки	Глубина отбора, м	Влажность, %			Число пластичности	Показатель текучести	Плотность, г/см ³			Коэффициент пористости	Степень влажности	Деформационно-прочностные характеристики по СНИП 2.02.01-83*			Деформационно-прочностные характеристики по лабораторным исследованиям	Наименование грунта по ГОСТ 25100-95			
		Естествен. влажность	На границе текучести, W _t	На границе раскатывания, W _p			Г _p	Г _l	Частиц грунта, P _s			Естественного, P	Сухого грунта, P _d	E			S _r	C, кПа	Ф, град.
Скв.1	13,0	32,3	36	22	14	0,73	2,72	1,91	1,44	0,884	0,99	15	15	8	15	17	3,8	Суглинок мягкопл.	
Скв.1	14,0	29,0	35	23	12	0,51	2,72	1,94	1,50	0,809	0,98	18	17	10	20	17	4,0	Суглинок мягкопл.	
Скв.1	15,0	30,1	34	22	12	0,67	2,72	1,91	1,47	0,853	0,96	16	16	8	15	17	4,2	Суглинок мягкопл.	
Скв.1	16,0	28,0	34	20	14	0,57	2,72	1,88	1,47	0,852	0,89	16	16	8	15	14	3,4	Суглинок мягкопл.	
Скв.1	17,0	29,0	35	20	15	0,60	2,73	1,91	1,48	0,844	0,94	16	16	8	11	15	2,9	Суглинок мягкопл.	
Скв.1	18,0	27,6	33	20	13	0,55	2,72	1,96	1,54	0,771	0,97	19	18	11	18	17	3,5	Суглинок мягкопл.	
Нормат. Знач.		29,3	34	21	13	0,60	2,72	1,92	1,48	0,836	0,96	17	16	9	16	16	3,6	Суглинок мягкопл.	
Расчетные значения	a=0,85							1,92				16	16	9	15	15	11*		
	a=0,95							1,91				16	15	8	14	15			
Квадратичное отклонение								0,02				1,5	1,0	1,33			0,47		
Коэффициент вариации								0,01					0,09	0,06	0,14	0,066	0,017	0,13	

Таблица 4.

Физико-механические свойства грунтов (ул.Ермошкина 117)

№ выработки	Глубина отбора, м	Влажность, %			Число плас.	Показатель текуч.	Плотность, г/см ³			Коэффициент пористости	Степень влажности	Деформационно-прочностные характеристики по СниП 2.02.01-83*			Деформационно-прочностные характеристики по лаб след.			Наименование грунта по ГОСТ 25100-2011
		Естествен. влажность	На границе текуч., W _t	На границе раска. W _p			I _p	I ₁	Частиц грунта, P _s			Естественного, P	Сухого грунта, P _d	E	S _r	C, кПа	Ф, град.	
Скв.1	10,5	26,3	36	21	15	0,36	2,72	1,99	1,58	0,726	0,98	24	21	15	23	21	4,7	Сугл. тугопласт.
Скв.1	11,0	28,3	38	24	14	0,33	2,72	1,96	1,53	0,780	0,99	20	20	13	20	19	3,3	Сугл. тугопласт.
Скв.1	11,5	29,5	36	24	13	0,45	2,72	1,93	1,49	0,825	0,97	19	19	12	22	21	4,3	Сугл. тугопласт.
Скв.1	12,0	23,8	32	19	13	0,37	2,72	1,96	1,58	0,721	0,90	25	21	16	35	14	6,1	Сугл. тугопласт.
Скв.2	10,0	27,2	34	23	11	0,39	2,72	1,98	1,56	0,747	0,99	23	21	14	23	21	3,8	Сугл. тугопласт.
Скв.2	11,0	28,4	35	23	12	0,45	2,72	1,96	1,53	0,782	0,99	21	20	13	25	19	3,7	Сугл. тугопласт.
Нормат. Знач.		27,2	35	22	13	0,39	2,72	1,96	1,54	0,764	0,97	22	20	14	25	19	4,3	Сугл. тугопласт.
Расчет. значения	a=0,85a=0,95							1,95				21	20	13	24	19		
								1,94				20	19	13	24	19	16*	
Квадратичное отклонение								0,02				2,4	0,8	1,5			1,00	
коэффициент вариации								0,01				0,11	0,04	0,11	0,017	0,006	0,23	

Таблица 5.

Физико-механические свойства грунтов (ул. Юрикова).

№ выработки	Глубина отбора, м	Влажность, %			Число пластичности	Показатель текучести	Плотность, г/см ³			Коэффициент пористости	Степень влажности	Деформационно-прочностные характеристики по СниП 2.02.01-83*	Деформационно-прочностные характеристики по лаб след.	Наименование грунта по ГОСТ 25100-95			
		Естествен. влажность	На границе текучести, W _t	На границе раскатывания, W _p			Г _p	Г _l	Частиц грунта, P _s						Естественного, P	Сухого грунта, P _d	E
Инженерно-геологический элемент 2																	
Скв. 1.	3,0	39,6	47	24	23	0,68	2,74	1,77	1,27	1,161	0,93			15	9	1,8	Глина мягкопласт
Скв. 1.	4,0	36,0	41	23	18	0,72	2,74	1,88	1,38	0,982	1,00			27	13	1,7	Глина мягкопласт
Скв. 1.	5,0	36,5	42	24	18	0,71	2,74	1,87	1,37	1,00	1,00			30	11	1,4	Глина мягкопласт
Скв. 3.	3,0	42,5	55	27	28	0,55	2,74	1,77	1,24	1,206	0,97			14	11	1,9	Глина мягкопласт
Скв. 3.	4,0	39,4	48	23	25	0,665	2,74	1,77	1,27	1,158	0,93			15	11	1,5	Глина мягкопласт
Скв. 3.	5,0	35,4	42	21	21	0,69	2,74	1,82	1,34	1,038	0,93			10	11	1,3	Глина мягкопласт
Нормат. Знач.		38,2	46	24	22	0,67	2,74	1,81	1,31	1,091	0,96			21	11	1,6	Глина мягкопласт
Расчетные значения	a=0,85 a=0,95							1,78 1,76						18 17	10 10	6*	
Коэффициент вариации								0,03						0,09	0,046	0,15	

Таблица 6

Физико-механические свойства грунтов (ул. Юрикова)

№ выработки	Глубина отбора, м	Влажность, %			Число пластичности	Показатель текучести	Плотность, г/см ³			Коэффициент пористости	Степень влажности	Деформационно-прочностные характеристики по СниП 2.02.01-83*			Деформационно-прочностные характеристики по лаб исслед.	Наименование грунта по ГОСТ 25100-95		
		Естествен. влажность	На границе текучести, W _t	На границе раскатывания, W _p			I _p	I _L	Частиц грунта, P _s			Естественного, P	Сухого грунта, P _d	E			S _r	C, кПа
Инженерно-геологический элемент 3																		
Скв. 1	6,5	33,5	46	23	23	0,46	2,74	1,84	1,38	0,988	0,93	35	13	11	20	14	2,2	Глина тугопласт.
Скв. 1	7,0	30,4	41	21	20	0,47	2,74	1,87	1,43	0,911	0,91	40	15	13	20	14	2,1	Глина тугопласт.
Скв. 1	8,0	35,7	52	27	25	0,35	2,74	1,87	1,38	0,988	0,99	35	13	11	30	17	2,3	Глина тугопласт.
Скв. 1	9,0	31,7	44	22	22	0,44	2,74	1,92	1,46	0,879	0,99	42	16	14	35	14	2,5	Глина тугопласт.
Скв.1	10,0	31,7	44	22	22	0,43	2,74	1,91	1,45	0,889	0,98	42	16	14	40	17	2,6	Глина тугопласт.
Скв.1	12,0	32,0	43	22	21	0,48	2,74	1,90	1,44	0,904	0,97	40	15	13	38	15	2,9	Глина тугопласт.
Нормат. Знач.		32,5	45	23	22	0,44	2,74	1,88	1,42	0,926	0,96	39	15	13	30	15	2,4	Глина тугопласт.
Расчетные значения	a=0,85						1,86					38	14	12	28	16	12*	
	a=0,95						1,85					36	14	12	26	15		
Коэффициент вариации							0,015					0,08	0,09	0,11	0,23	0,11	0,12	

Выводы

1. На основе статистически обоснованных данных статического зондирования были получены модули деформации для слабых четвертичных грунтов – мягко и тугопластичных глин и суглинков в Республике Дагестан, что позволяет определить переходные коэффициенты M_k для компрессионных лабораторных работ.

2. Полученные значения M_k рекомендуем применять для сооружений второго уровня ответственности для слабых грунтов (табл. 7). 3. Для промежуточных значений коэффициента пористости коэффициент M_k определяется по интерполяции.

Таблица 7

Результаты работы определение M_k - по данным статического зондирования

Расчет коэффициента M_k	Значения коэффициента M_k при коэффициенте пористости e , равном									
	0,55	0,63	0,76	0,80	0,84	0,925	0,95	1,00	1,05	1,09
Суглинок			3,0	2,6*	2,2					
Глина						6,0	5,5*	4,6*	3,7*	3,0

* - вычислено по интерпретации

Глина

При $e=0,925$ $M_k = 14,4 : 2,4 = 6,0$

При $e=1,090$ $M_k = 4,9 : 1,6 = 3,0$,

где 4,9 и 14,4 по данным статического зондирования;

1,6 и 2,4 по лабораторным гильзам без M_k

Суглинок

При $e=0,840$ $M_k = 8 : 3,6 = 2,2$

При $e=0,764$ $M_k = 13 : 4,3 = 3,0$.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР АААА-А17-117021310203-3.

Литература

- ГОСТ 19912 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. 2012 -24с.
- ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация. – 22с.
- ГОСТ 12248.4 2020 Грунты. Определение характеристик деформируемости методом компрессионного сжатия. 2020 -19 с.
- СП 11-105-97 ч.1 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. - 47с.
- СП 14 13330 2018 Строительство в сейсмических районах. 2018 -229с.
- СП 22 13330 2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01 -83 2021год.

УДК 911.6

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-91-96

ФОРМИРОВАНИЕ И ВОЗРАСТ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш.
Институт геологии ДФИЦ РАН

Для Терско-Сулакской низменности предполагается значительное влияние аллювиальных отложений. Также получены новые данные подтверждающие позднего лопоченовый возраст аллювия для основной части площади. Выявлено широкое распространение в регионе разновозрастных погребенных и современных почв и поверхностей коррелируемых с выделенными районами низменности. Предложена схема строения голоценовых отложений юга Прикаспийской низменности с выделением маркирующих горизонтов погребенных почв с возможностью ее масштабирования на остальные регионы Прикаспия.

Ключевые слова: Прикаспийская низменность, Терек, Сулак, аллювий, голоцен

FORMATION AND AGE OF SOIL COVER OF THE TERSKO-SULAK LOWLAND

Idrisov I.A., Guseinova A.Sh.
Institute of Geology, DFRC RAS

For the Terek-Sulak lowland, a significant influence of alluvial deposits is assumed. Also, new data were obtained confirming the Late Holocene age of alluvium for the main part of the area. The wide distribution in the region of uneven-aged buried and modern soils and surfaces, correlated with the identified lowland areas, was revealed. Scheme of the structure of Holocene sediments in the south of the Caspian lowland with the identification of marking horizons of buried soils with the possibility of scaling to the rest of the Caspian regions is proposed.

Keywords: Caspian lowland, Terek, Sulak, alluvium, Holocene

Терско-Сулакская низменность представляет собой южную часть Прикаспийской низменности. Для самой низменности ее граница с Каспийским морем весьма условна и быстро меняется. Также при резких изменениях уровня моря (например, при нагонах высотой 4-5м) обширные участки низменности в десятки километров шириной заливаются и на них откладываются принесенные морем отложения. При сгонах обширные участки мелководья осушаются. На эти особенности накладываются многолетние изменения уровня Каспийского моря амплитуда которых за последние 50 лет составила 2,5м. Для больших периодов амплитуда колебаний уровня моря существенно растет, например, для IV-XII вв во время Дербентской регрессии уровень Каспийского моря был порядка -50м и тогда вся площадь Северного Каспия представляла собой сушу, а в начале XIX века уровень достигал около -23м. Подобные изменения уровня с амплитудой в десятки метров проходили в голоцене неоднократно.

Методы. История формирования различных участков региона реконструируется нами на основании изучения природных и искусственных разрезов и изучения кернов (рис.1) [8; 10; 11].

В исследованных разрезах на востоке Терско-Сулакской низменности заметно наличие нескольких слоев различных морских отложений разделенных погребенными почвами. Определенное значение имеют и эоловые перевеянные первично морские пески. По данным бурения скважин в Северном Каспии также установлено аналогичное строение голоценовых отложений. Это подтверждает наши представления об общности развития природы региона как современной суши так и прилегающей акватории.

Также нами исследованы разрезы рек на западе Терско-Сулакской низменности где абсолютно господствуют аллювиальные отложения. Эта определяется следующей особенностью природы низменности. Для всей Прикаспийской низменностью площадью более 0,5 млн.км² широко распространены морские породы. Однако для юго-запада низменности более чем на

порядок возрастает влияние аллювиальных отложений. Это можно подтвердить данными середины XX века (до постройки водохранилищ) по твердому стоку рек втекающих на север (Волга и Урал) и на юг (Терек, Сулак) низменности [15]. На север занимающий большую часть низменности попадает 30 млн. тонн аллювия в год, а на юг – 40 млн. тонн аллювия. Значимость влияния геологических условия на развития почвенного покрова низменности отмечалась и ранее [4]. Исследованные нами разрезы показаны на рис. 1.



Рис. 1. Исследованные разрезы юга Прикаспийской низменности.

Разрезы изученные на западе низменности расположены в долинах рек Терско-Сулакского междуречья (Акташ, Ярыксу, Ямансу, Аксай) здесь исследовано более 20 разрезов, а протяженность полевых маршрутов вдоль долин рек превысила 100км.

Также изучались керны скважин на хвалынских морских террасах, где они приурочены к озерно-болотным отложениям [10; 13].

Дополнительно привлекались данные полученные при изучении голоценовых отложения террас в долине реки Шура-озень [3].

Результаты. В ходе работ получены новые данные по развитию почв и возрасту формирования поверхностей выделенных ранее (рис. 2) геоморфологических районов [9]. Значительно уточнены особенности их строения и развития.

В частности уточнено положение границы районов 13 и 14 и показано что граница между районами располагается существенно южнее показанной ранее. Также показано что район 13 может быть подразделен на два района в зависимости от различия подстилающих пород. Для одного района подстилающими являются лессовые породы. Для второго района подстилающими являются галечники позднего плейстоцена - голоцена. При этом для второго района отмечается почти повсеместное перекрытие галечников разного возраст позднего голоценовым аллювием.

Новые данные позволяют провести деление 14 района на два района. Один юго-западный в междуречье рек Терек и Сулак, который прорезывается долинами рек системы Акташ-Аксай. Здесь распространены подстилающие пески хвалынского яруса позднего плейстоцена, перекрытые суглинистыми породами голоцена с несколькими погребенными почвами. Возраст поверхности также оценивается первыми веками нашей эры и соответствует экспони-

рованной на поверхности палеопочве [12], которая далее на восток перекрыта молодыми породами.



Рис. 2. Геоморфологические районы Терско-Сулакской низменности и прилегающих участков [9].

Важно отметить, что хвалынские пески с прослоями прибрежной гальки [6] повсеместно развиты на траверсе этого района к юго-востоку от долины р. Сулак (район 2, рис. 2). Однако там они непосредственно формируют поверхность и не перекрыты голоценовым аллювием. Обращает на себя внимание и наличие крупного Терского массива песков к северо-западу от рассматриваемых районов. Который по нашим данным является дельтой хвалынского времени [9]. Крупный песчаный массив Сарыкум для которого наиболее вероятен именно хвалынский возраст накопления песков также прямо приурочен к рассматриваемой территории. В целом широкое распространение в регионе песков в отложениях хвалынского времени требует дальнейших исследований.

Второй занимает большую центральную и восточную часть района. Здесь быстро изменяются особенности осадконакопления и характер подстилающих пород. По предварительным данным здесь хвалынские морские породы представлены плотными серыми глинами на глубине порядка 20 м и в естественных разрезах не вскрываются. Голоценовые отложения представлены мощной толщей аллювия. Хорошо врезанные долины отсутствуют. Реки ранее разливались по обширным пространствам, а сейчас широко развита сеть магистральных каналов. Схожее строение характерно и для района 15, но здесь голоценовый аллювий замещен новокаспийскими морскими отложениями. Для района 1 верхняя часть разреза осложнена эоловыми

ми песками. Территория 15 и 1 районов подстилается массивными темно-серыми глинами хвалынского возраста мощностью в несколько метров.

Большое значение приобретает корреляция разрезов по особенностям погребенных почв. В частности по определению их физико-химических особенностей, по радиоуглеродному датированию, палинологическим исследованиям и других. Эти направления работ планируется продолжить в дальнейшем.

Схематичное распределение поверхности низменности по возрасту ее формирования показано на рис. 3.

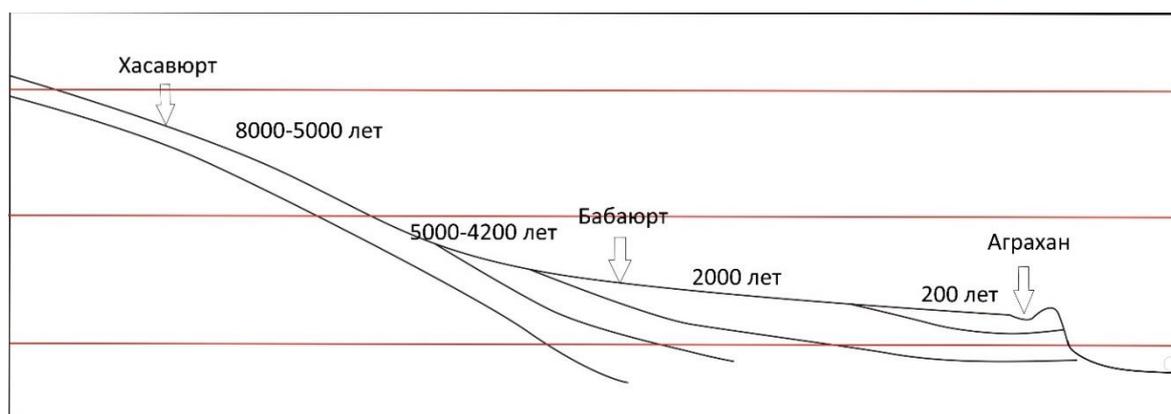


Рис. 3. Схема распределения погребенных почв и возраста поверхности по профилю Хасавюрт-Бабаюрт-Прорезь Аграхан.

Выводы. Предложенная схема распространения палеопочв на Прикаспийской низменности (рис. 3) является первой подобной схемой для низменности. Она безусловно требует доработки в том числе за счет большего объема изученных разрезов и получения новых датировок, а также изучения физико-химических свойств почв. При этом подобные схемы широко применяются для лессовых пород с палеопочвами [2]. Это позволяет проводить дальнейшие корреляции различных разрезов. Важным достижением работы является появление подобной схемы, что может стать примером для разработки подобных схем для других частей Прикаспийской низменности и корреляции истории их формирования.

Анализ схемы позволяет сделать вывод о молодости поверхности большей части Терско-Сулакской низменности. Для большей части районов 13, 14, 15 поверхность и почвы на ней сформированы менее 2000 лет назад (рис. 3). При этом подобный возраст поверхности распространен практически до центральной части района 16. Эти данные существенно отличаются от представлений о позднеплейстоценовом (хвалынском) возрасте большей части площади как дельты р. Терек так и для Терско-Сулакской низменности [15], что отражено в том числе и на геологической карте района лист L-38 XXXV, XXXVI (рис. 4).

Полученные данные позволят на более высоком научно-методическом уровне составить геологические карты региона и могут быть использованы в практике работы смежных дисциплин, в частности для выявления археологических объектов различных периодов.

Также следует отметить, что сама Прикаспийская низменности в районе работ имела иной характер речной сети для различных периодов голоцена. Предполагается наличие погребенной долины реки Сулак в магистральном направлении на север в сторону реки Терек [7] соответственно показанное не схеме (рис. 3) непрерывное распространение почв может быть значительным допущением. Однако общий уровень поверхностей в целом вероятно соответствовал показанным на схеме.

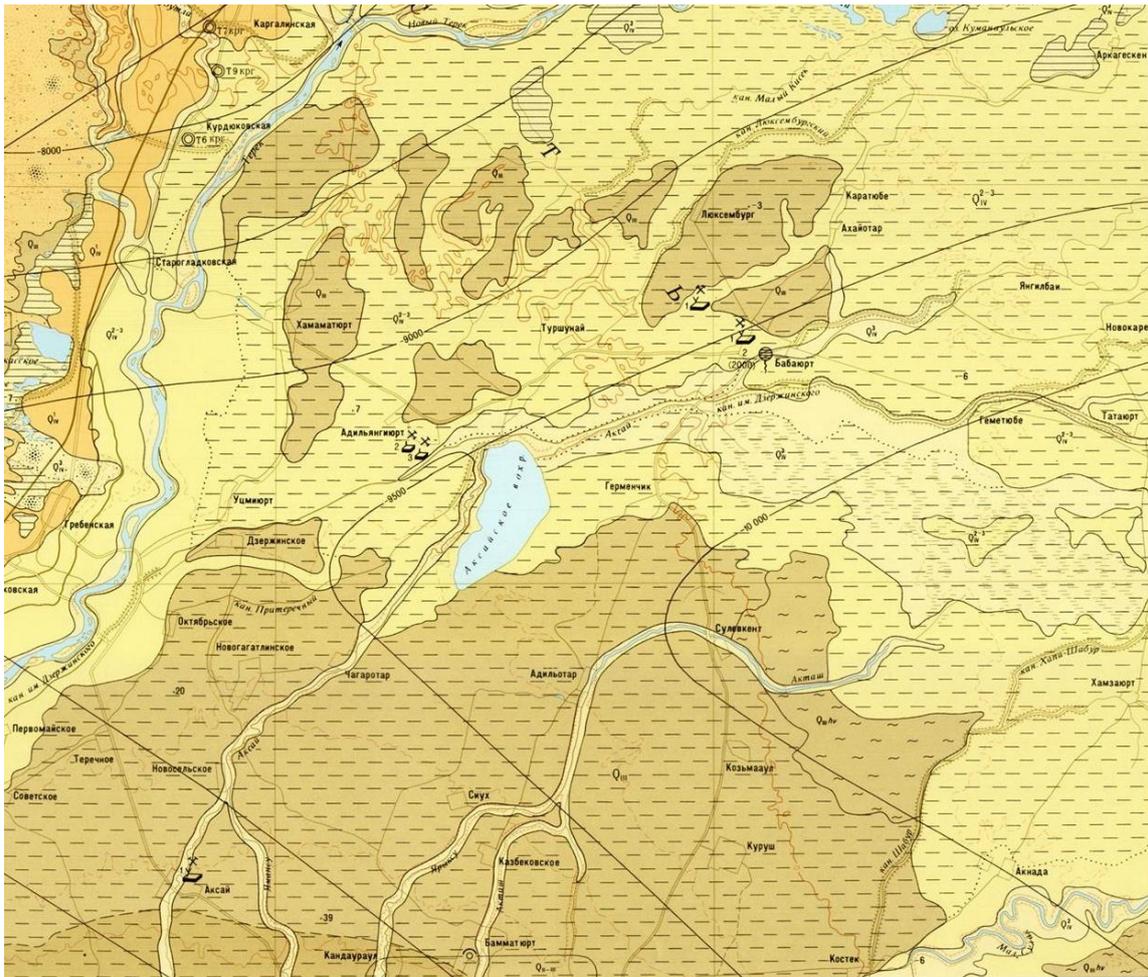


Рис. 4. Фрагмент геологической карты Терско-Сулакского междуречья (М1:200000).

Одним из важных результатов является то, что для большей части Терско-Сулакской низменности показано, что почвы изначально формировались как гидроморфные луговые. Для почв дельты Терека также предполагается первично луговой генезис [14] даже для почв в настоящее время схожих со светло-каштановыми. Ранее нами также сообщалось о значительной неоднородности времени формирования почв разных частей Прикаспийской низменности (Идрисов, 2009) и существенно разной истории их развития.

На основании особенностей строения исследованных разрезов вероятны три состояния природной среды юга Прикаспийской низменности [11].

Первое – стабильный рельеф с незначительной аккумуляцией аллювия и формированием почвенного покрова. Возможны два варианта: высокий уровень Каспийского моря и широкое развитие гидроморфных (луговых) почв, аналог современных условий; низкий уровень моря и широкое развитие автоморфных (светло-каштановых) почв.

Второе – сильная эрозия и расчленение территории, размыв почв в долинах рек и на водоразделах, например, в мангышлакскую регрессию [1], позднюю бронзу [16] и Дербентскую регрессии.

Третье – интенсивное лавинообразное накопление аллювия, почвообразование не успева-ет за накоплением аллювия и четко выраженных почв не образуется, например, первые века нашей эры для запада низменности и последние века для востока низменности.

Полевые работы выполнены в рамках темы НИР АААА-А-17-117021310199-9, лабораторные исследования в рамках гранта РФФИ №19-29-05205-мк.

Литература

1. Безродных Ю.П., Делия С.В., Романюк Б.Ф., Федоров В.И., Сорокин В.М., Лукша В.Л. Мангышлакские отложения (голоцен) Северного Каспия // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22. № 4. С. 88.
2. Величко А.А., Катто Н.Р., Тесаков А.С., Титов В.В., Морозова Т.Д., Семенов В.В., Тимирева С.Н. Особенности строения плейстоценовой лёссово-почвенной формации юга Русской равнины по материалам Восточного Приазовья // Доклады Академии наук. 2009. № 6. С. 815-819.
3. Гусаров А.В. Строение долины реки Шура-озень на участке эолово-аккумулятивного комплекса «Сарыкум» (Республика Дагестан) // Геоморфология. 2018. № 3. С. 52-72.
4. Залибеков З.Г., Черкашин В.И. О геологических аспектах формирования почв и закономерностей их развития // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2012. № 61. С. 138-142.
5. Идрисов И.А. Динамика почв на террасах новокаспийского возраста // Труды V Международной конференции «Эволюция почвенного покрова: история идей и методы, голоценовая эволюция, прогнозы». Секция: Разнообразие природной эволюции почв. Пушино. 2009. С. 197-198.
6. Идрисов И.А. Особенности формирования рельефа Северного Дагестана // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. 2011. №2. С.102-107.
7. Идрисов И.А. О структуре рельефа юго-запада Прикаспийской низменности // Аридные экосистемы. №1. 2013. С.36-43.
8. Идрисов И.А. Разрезы голоценовых отложений востока Терско-Сулакской низменности // Труды государственного природного заповедника «Дагестанский». Махачкала, Вып.9. 2014. С.40-47.
9. Идрисов И.А., Борисов А.В. Геоморфологические районы юга Прикаспийской низменности // Геология и ресурсы Кавказа. Труды Института геологии ДНЦ РАН. №4 (71). 2017. С.52-59.
10. Идрисов И.А., Борисов А.В., Магомедов Б.А. Болота юга Прикаспийской низменности // Геология и ресурсы Кавказа. Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. №2 (73). 2018. С.13-19.
11. Идрисов И.А., Пинской В.Н., Борисов А.В. Развитие речных долин юга Прикаспийской низменности в голоцене // Материалы конференции Пути эволюционной географии. М., 2021. С.121-125.
12. Макеев А.О. Поверхностные палеопочвы лессовых водоразделов Русской равнины. М., 2012. 260 с.
13. Рябогина Н.Е., Идрисов И.А., Борисов А.В., Афонин А.С., Зазовская Э.П. Болота Восточного Кавказа как высокоразрешающие архивы палеогеографической информации // География и природные ресурсы. 2019. № 2. С. 85-94.
14. Стасюк И.В. Луговые почвы дельты реки Терек. Автореферат дисс. к-та биол. наук. М., 1966. 34с.
15. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития. М.: ГЕОС, 2007. 405 с.
16. Leroy, Suzanne A.G., López-Merino, Lourdes, Tudryn, Alina, Chalié, Françoise. Late Pleistocene and Holocene palaeoenvironments in and around the middle Caspian basin as reconstructed from a deep-sea core // Quaternary Science Reviews. Volume 101. 2014. Pages 91-110.

УДК 504

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-97-102

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ В СВЕТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

*Майсурадзе М.В.**Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, РСО-Алания, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: mshikomb@mail.ru*

Развитие городов, рост промышленных предприятий, увеличение автотранспорта негативно сказываются на экологической обстановке во всем мире. Сокращение зеленых насаждений (ЗН), которое происходит под влиянием вышеперечисленных факторов, также влечет за собой побочные эффекты: загрязнение атмосферного воздуха, шумовое загрязнение и др. **Цель работы.** Промышленная деятельность человека не самым лучшим образом отражается на окружающей природной среде. Озеленение – пожалуй, основное средство для оздоровления окружающей антропогенной среды и облагораживания городского ландшафта. Поэтому необходимо максимально большие территории мегаполисов использовать под скверы, парки и прочие виды ЗН, которые выполняют важные экологические и эстетические функции. **Результаты работы.** Растительность обеспечивает благоприятные микроклиматические условия, регулируя газовый состав воздуха, выделяя фитонциды, которые замедляют рост микроорганизмов. Зеленые насаждения благотворно влияют на температуру, влажность и скорость движения воздуха, на солнечную радиацию и температуру почвы.

Ключевые слова: зеленые насаждения, озеленение, загрязнение атмосферного воздуха, окружающая среда.

THE PROBLEMS OF MODERN URBAN GREENING IN TERMS OF THE ENVIRONMENTAL TASKS

*Maysuradze M.V.**Geophysical Institute of the Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 93a Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation, e-mail: mshikomb@mail.ru*

Relevance. The development of cities, growth of industrial enterprises and the increase of vehicles has a negative impact on the environmental situation around the world. Reduction of green spaces (GS), which occurs under the influence of the above factors, also entails side effects, such as air pollution, noise pollution, etc. Aim. Human industrial activity does not have the best effect on the natural environment. Greening is perhaps the main tool for improving the anthropogenic environment and beautifying the urban landscape. Therefore, it is necessary to use the largest areas of megalopolises for public gardens, parks and other types of GS, which perform important ecological and aesthetic functions. Results. Vegetation provides favorable microclimatic conditions by regulating the gas composition of the air, releasing phytoncides, which slow down the growth of microorganisms. Green spaces have a good effect on temperature, humidity and air velocity as well as on solar radiation and soil temperature.

Keywords: green spaces, urban greening, air pollution, environment.

Введение

Одной из главных экологических проблем являются вырубка лесов, уничтожение растительного покрова в урбанизированных территориях. Это неблагоприятно сказывается как на человеке, так и на животном мире. Рост городов, интенсивное развитие промышленности создает все больше сложности в плане охраны окружающей среды.

Состояние зеленых насаждений в городах определяется, в первую очередь, экологической обстановкой. Немаловажными факторами, отрицательно сказывающимися на ЗН, являются значительный рост автотранспорта и увеличение городского населения [Юскевич, Лунц, 2010; Хомич, 2006].

Основная доля в техногенной нагрузке на окружающую среду принадлежит автомобильному транспорту: каждая единица выбрасывает в атмосферный воздух до 200 компонентов отработавших газов. Также автотранспорт поднимает в воздух частицы пыли. Таким образом, растительность оказывается под серьезным давлением от городского автопарка.

Материалы и методы работы

Атмосферный воздух в пределах города регулярно загрязняется отходами промышленного производства, пылью, выхлопными газами автомобилей, что увеличивает количество бактерий и микробов. Уровень атмосферного загрязнения зависит от направления и скорости ветра, температуры и влажности воздуха, рельефа местности и характера растительности.

В мегаполисах в безветренную погоду частым явлением является смог высокой концентрации вредных выбросов. В свою очередь, смог может вызвать у людей аллергические реакции [Майсурадзе, Дзобелова, 2019; Мокшина, 2017; Черненко, 1993]. Главной причиной смога являются выхлопные газы автомобилей. На 1 км легковой автомобиль выделяет до 10 г окиси азота.

Помимо этого в воздух попадают двуокись серы, фтористый водород, окислы азота, тяжелые металлы, различные аэрозоли, соли и пыль. Вдоль центральных магистралей, как правило, отмечается частичное усыхание крон деревьев.

Данные «Обзора состояния и загрязнения окружающей среды РФ» (<http://www.meteor.ru/product/infomaterials/90/>) Росгидромета за 2020 год (табл. 1), показали, что в воздухе г. Владикавказ, как и в предыдущие годы, наблюдались загрязняющие вещества, среднегодовая концентрация которых превышала предельно допустимую (ПДК). Впрочем, начиная с 2019 года Владикавказ перестал относиться к городам РФ с высоким уровнем загрязнения воздуха [Доклад..., 2020].

Таблица 1 / Table 1

Значения показателей качества атмосферного воздуха г. Владикавказ [Доклад..., 2020] / Values of atmospheric air quality indicators in Vladikavkaz [The report ..., 2020]

Год	ИЗА > 7	Q > ПДК	СИ > 10	НП > 20	Население в городах с высоким и очень высоким уровнем ЗВ, %
2018	-	+	-	-	68
2019	-	+	-	-	-
2020	-	+	-	-	-

Примечание: ИЗА – комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей. Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций. Показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха. Q – средняя за год концентрация любой примеси. СИ – стандартный индекс – наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на ПДК_{м.р.} (предельно допустимая максимальная разовая концентрация). НП – наибольшая повторяемость, %, превышения ПДК_{м.р.} одной из примесей по данным наблюдений на всех станциях города за год.

В 2020 году (<https://rpn.gov.ru/activity/reports-receiving/air/>) в атмосферу РСО-Алания стационарными источниками выброшено **более 10 000** тонн. В таблицах 2–4 представлены выбросы стационарных источников: суммарно и в отраслевом разрезе [Доклад..., 2020].

Таблица 2 / Table 2

Выбросы стационарных источников по группам загрязняющих веществ, тонн [Доклад..., 2020] / Emissions from stationary sources by groups of pollutants, tons [The report ..., 2020]

Количество объектов, имеющих выбросы загрязняющих веществ	Количество источников выбросов загрязняющих веществ	Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ за отчетный период всего, тонн
189	4 371	10 075

Таблица 3 / Table 3

Выбросы стационарных источников по группам загрязняющих веществ в отраслевом разрезе, тонн [Доклад..., 2020] / Emissions from stationary sources by groups of pollutants in the industrial section, tons [The report ..., 2020]

Вид экономической деятельности	Всего	в том числе твердых	в том числе газообразные и жидкие	диоксид серы	оксид углерода	оксид азота (в пересчете на NO ₂)	углеводороды (без ЛОС)	летучие органические соединения (ЛОС)	прочие газообразные и жидкие
Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях	250	20	230	0	51	24	74	57	25
Добыча прочих полезных ископаемых	315	261	54	2	22	19	0	8	3
Производство пищевых продуктов	398	32	366	0	173	152	0	41	0
Производство напитков	2 324	185	2 139	0	1 109	760	35	219	16
Производство текстильных изделий	6	0	6	0	4	2	0	0	0
Производство одежды	153	94	59	2	19	4	0	2	31
Производство химических веществ и химических продуктов	59	0	59	0	0	0	0	0	58
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	155	97	58	3	32	12	2	8	2
Производство металлургическое	29	7	22	0	2	1	0	9	10
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий	2	1	1	0	1	0	0	0	0
Производство прочих транспортных средств и оборудования	31	8	23	0	10	5	0	8	0
Производство мебели	14	9	5	0	1	2	0	2	0
Производство прочих готовых изделий	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	1 291	0	1 291	7	728	296	247	6	9
Сбор и обработка сточных вод	42	0	42	0	0	1	31	9	1
Сбор, обработка и утилизация отходов; обработка вторичного сырья	1 167	2	1 165	2	9	3	1 122	28	0
Строительство зданий	58	27	31	0	4	4	16	5	2
Строительство инженерных сооружений	56	24	33	1	16	6	0	8	2
Работы строительные специализированные	52	24	28	0	8	11	5	1	2
Торговля оптовая и розничная автотранспортными средствами и мотоциклами и их ремонт	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Торговля оптовая, кроме оптовой торговли автотранспортными средствами и мотоциклами	103	6	97	2	16	11	0	67	1
Торговля розничная, кроме торговли автотранспортными средствами и мотоциклами	121	5	116	0	2	1	18	96	0
Деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта	3 325	0	3 325	0	4	3	3 318	0	0

Складское хозяйство и вспомогательная транспортная деятельность	13	0	13	0	2	1	0	10	0
Деятельность в области телевизионного и радиовещания	4	1	2	0	2	1	0	0	0
Деятельность в сфере телекоммуникаций	2	0	2	0	2	1	0	0	0
Деятельность в области информационных технологий	4	4	0	0	0	0	0	0	0
Операции с недвижимым имуществом	105	0	105	0	85	17	0	0	3
Научные исследования и разработки	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Деятельность органов государственного управления по обеспечению военной безопасности, обязательному социальному обеспечению	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Образование	11	0	11	0	11	0	0	0	0
Деятельность в области здравоохранения	5	0	5	0	4	1	0	0	0

Весомый вклад в состояние атмосферного воздуха в г. Владикавказ вносит автотранспорт. Основными загрязнителями являются взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота [Бекузарова и др., 2020; Кебалова, 2017].

Для нормальной жизнедеятельности зеленых насаждений важную роль играет вода. В городах растения чаще всего испытывают недостаток влаги из-за того, что вода стекает в канализационные сети.

Между тем, твердые частицы пыли вступают во взаимодействие с водными парами и оказывают вредное влияние на органы дыхания человека.

Основной водной артерией РСО-Алания является р. Терек. Водный режим р. Терек обусловлен наличием в его истоках и основных притоков ледников и вечных снегов. Таяние их вызывает высокое и продолжительное половодье в теплое время года – с конца апреля до конца сентября. Ливневые паводки накладываются на половодье [Доклад..., 2020].

Мониторинг реки Терек показывает, что химический состав бассейна главной реки РСО-Алания формируется под влиянием сбросов сточных вод коммунальных предприятий, деятельности промышленной отрасли, перерабатывающих предприятий, а также поверхностных и ливневых стоков.

При этом концентрации наиболее распространенных загрязняющих веществ (органические и биогенные вещества, соединения металлов) стабильно превышали допустимые нормы [Доклад..., 2020].

Общий объём сбросов в поверхностные водные объекты в 2020 году составил 151,24 млн.м³. Из них было сброшено загрязнённых сточных вод – 91,25 млн. м³. Из общего количества сбрасываемых сточных вод наибольшее количество загрязнённых сточных вод поступило от объектов жилищно-коммунального хозяйства. Показатели водоотведения приведены в таблице 4 [Доклад..., 2020].

Существенным отрицательным фактором, влияющим на среду обитания человека в городах, является шум. Очень часто уровень городского шума на много превышает допустимые нормы, что плох влияет на состояние здоровья населения. Уровень шума в мегаполисах постоянно растёт, и этот процесс в будущем будет только продолжаться [Калинина, 1999; Тарбева, Байкин, 2020].

К функциям зеленых насаждений относятся: санитарно-гигиеническая, рекреационная, структурно-планировочная и декоративно-художественная.

Таблица 4 / Table 4

Объёмы сброшенных сточных вод в поверхностные водные объекты в 2016-2020 гг. (млн. м³) [Доклад..., 2020] / Volumes of wastewater discharged into surface water bodies in 2016-2020 (mln m³) [The report ..., 2020]

№ п/п	Наименование показателей	Годы					2020/2019, %
		2016	2017	2018	2019	2020	
1	Водоотведение в поверхностные водные объекты	122,94	122,69	131,04	146,25	151,24	103
1.1	Из них:						
	Загрязненных всего:	90,71	89,08	94,73	95,72	91,25	95
	В том числе:						
	- без очистки	2,64	2,65	2,77	3,7	3,79	102
	-недостаточно очищенные	85,1	83,75	89,4	92,02	87,46	95
1.2	Нормативно-чистых (без очистки)	2,97	2,69	2,56	2,23	2,53	113
1.3	Нормативно-очищенных	32,23	33,61	36,31	54,23	51,67	95

Наблюдаемая в наше время застройка типовыми домами создает ощущение однообразия архитектурного облика города. Наличие ЗН различного вида в жилых кварталах позволяет создать в них более благоприятную обстановку как с экологической, так и с эстетической точек зрения.

Результаты работы и их обсуждение

Важнейшие требования, относящиеся к озеленению – равномерность и непрерывность. Основными элементами системы озеленения города являются парки, сады, зеленые насаждения жилых и промышленных районов, набережные, бульвары, скверы.

Зеленые насаждения позволяют улучшить микроклимат урбанизированных территорий. С их помощью можно добиться благоприятных условий для отдыха на открытом воздухе. ЗН предохраняют от чрезмерного перегревания почву, здания и тротуары [Бобрецова, 2018; Pargenyuk et al., 2021].

Зеленые насаждения имеют важное значение в очистке атмосферного воздуха. Так, дерево средней величины за 24 часа восстанавливает столько кислорода, сколько необходимо для дыхания трёх человек.

С 1 м² газона испаряется до 200 г/ч воды, тем самым увлажняя воздух. Газон задерживает заносимую ветром пыль и обладает фитонцидным действием. В последнее время в озеленении 60% благоустраиваемой территории отводится под газоны.

Эффективным средством борьбы с вредными выбросами автомобильного транспорта являются полосы зеленых насаждений, эффективность которых может варьироваться в довольно широких пределах.

Качество воздушных масс значительно улучшается, если они проходят над лесопарками и парками. Количество взвешенных примесей в них снижается на 10–40% [Морозова, Бабурин, 2013; Пугачева и др., 2018].

Выводы

1. Необходимо значительно улучшать уход за насаждениями. Для развития экологической культуры среди жителей городов можно через массовые субботники приобщать к уходу за зелеными насаждениями жилых районов, поощряя их снижением платы за услуги ЖКХ.

2. На местах парковок автомобилей будет целесообразным обустроить покрытие с устойчивым к таким нагрузкам газоном (экопарковки). На детских площадках хорошим вариантом станет посадка кустарников и небольших деревьев для создания тени. Травяной покров вместо встречаемой сегодня очень часто резиновой крошки будет намного полезнее для детей.

3. Необходимо проводить систематическую обрезку деревьев, осуществлять подкормку удобрениями.

4. Увеличение количества ЗН в жилых и промышленных районах городов, в виде парков, скверов, бульваров и других типов зеленых насаждений, значительно снижают антропогенную нагрузку.

Литература

1. Бекузарова С.А., Тебиева Д.И., Бекмурзов А.Д., Кебалова Л.А., Корбесова К.В. Фиторемедиация токсичности воздуха автомобильных дорог. // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – Т. 10. №2. – С. 127-136.

2. Бобрецова В.М. Решение проблем экологии путем современных систем озеленения. // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – №5. – URL: <https://eduherald.ru/article/view?id=18803> (дата обращения: 27.12.2021).

3. Доклад об экологической ситуации в Республике Северная Осетия-Алания в 2020 году. // Министерство природных ресурсов и экологии Республики Северная Осетия-Алания. – Владикавказ. – 2021. – 49 с.

4. Калинина А.Н. История управления городскими зелеными насаждениями. // Лесной вестник (1997–2002). – 1999. – №3. – С. 74-76.

5. Кебалова Л.А. Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха города Владикавказ. // Географический вестник. – 2017. – Т. 3. №42. – С. 71-77.

6. Майсурадзе М.В., Дзобелова Л.В. О способах реабилитации городской атмосферы (на примере г. Владикавказ). // В сборнике: Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. Под редакцией А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2019. – С. 729-734.

7. Мокшина Д.Д. Концентрация межевания территории зеленых насаждений города. // В сборнике: Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на дальнем востоке в XXI веке. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 275-278.

8. Морозова Г.Ю., Бабуринов А.А. Охрана и развитие системы зеленых насаждений города. // В сборнике: Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона. Материалы Международного научно-практического форума. – 2013. – С. 537-541.

9. Пугачева Т.Г., Гапоненко А.В., Пугачева В.В. Особенности произрастания зеленых насаждений в неблагоприятных условиях городской среды. // В сборнике: Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 18-24.

10. Тарбеева Д.А., Байкин Ю.Л. Роль зеленых насаждений в формировании экологически благополучной городской среды // В сборнике: Актуальные направления развития АПК. Сборник материалов конференции. – 2020. – С. 39-44.

11. Хомич В.А. Экология городской среды: учебное пособие. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 240 с.

12. Черненькова Т.В. Тяжелые металлы в растениях и почве большого города. // Биоиндикация в городах и пригородных зонах. – М. – 1993.

13. Юскевич Н.Н., Лунц Л.Б. Озеленение городов России. – М.: Россельхозиздат, 2010.

14. Parfenyuk T.A., Strakhova K.A., Martsinevskaya L.V. The role of green spaces in improving the environmental conditions of cities and towns. // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2021. – No.5-2(56). – pp. 36-38.

УДК 551.583

DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-103-111

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР: ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Забураева Х.Ш., Керимов И.А., Романова О.С., Широкова В.А.
ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный

В статье представлен аналитический обзор представлений о глобальных изменениях климата в контексте обеспечения национальной, международной и геоэкологической безопасности на основе отечественных и зарубежных источников с 1990 по 2021 годы. Обоснована актуальность и выявлен междисциплинарный характер проблемы глобальных изменений климата с присущими ей организационными, технологическими, техническими, нормативно-правовыми, политическими и межгосударственными очертаниями. Зачастую возможные разрушительные воздействия глобального изменения климата для человечества интерпретируются как более катастрофичные, чем вооруженные конфликты и столкновения, поскольку они могут привести к значительным социальным, экологическим и экономическим ущербам. **Цель** работы – анализ, обобщение и систематизация современных научных представлений по вопросам глобального изменения климата. **Методы.** Использовались методы сравнительного анализа и контент-анализа в качестве одной из разновидностей форм экспертного анализа по исследуемой научной проблеме. **Результаты.** Проблема глобального изменения климата относится к числу наиболее острых и дискуссионных проблем современности, как в вопросах причин изменения климата, так и в прогнозных оценках. Большинство исследователей указывает на усиление парникового эффекта вследствие антропогенной деятельности, тогда как их оппоненты считают, что роль антропогенного фактора в данном процессе, по сравнению с природными, ничтожна. Контент-анализ литературных источников также демонстрирует раскол научного сообщества на сторонников теории глобального потепления, с одной стороны, и неминуемого ледникового периода, с другой. Показаны возможные последствия глобального потепления на территории России, в том числе и на Северном Кавказе. С учетом современных реалий совершенно необходимой и насущной задачей видится выработка единой мировой стратегии развития человеческого общества в условиях меняющегося климата, включая совершенствование нормативной правовой базы.

Ключевые слова: глобальное потепление, изменение климата, парниковый эффект, адаптация, моделирование, антропогенное воздействие.

POLICY REVIEW: CAUSES AND CONSEQUENCES OF GLOBAL CLIMATE CHANGE

Zaburaeva Kh.Sh., Kerimov I.A., Romanova O.S., Shirokova V.A.
GGNTU them. acad. M.D. Millionshchikova, Grozny

The article presents an analytical review of the concept of global climate change in the context of ensuring national, international and geoecological security based on domestic and foreign sources from 1990 to 2021. The urgency is substantiated and the interdisciplinary nature of the problem of global climate change with its inherent organizational, technological, technical, regulatory, political and interstate outlines is revealed. Often, the possible destructive effects of global climate change for humanity are interpreted as more catastrophic than armed conflicts and clashes, since they can lead to significant social, environmental and economic damage. The aim of this work is to analyze, generalize and systematize modern scientific concepts on global climate change. **Methods.** Methods of comparative analysis and content analysis were used as one of the varieties of forms of expert analysis on the scientific problem under study. **Results.** The problem of global climate change is one of the most acute and controversial problems of our time, both in terms of the causes of climate change and in forecast estimates. Most researchers point to the strengthening of the greenhouse effect due to anthropogenic activity, while their opponents believe that the role of the anthropogenic factor in this process, in comparison with natural ones, is negligible. Content analysis of literary sources also demonstrates the split of the scientific community into supporters of the theory of global warming, on the one hand, and the inevitable ice age, on the other. Possible consequences of global warming on the territory of Russia, including the North Caucasus, are shown. Taking into account modern realities, the development of a unified world strategy for the development of human society in a changing climate, including the improvement of the regulatory legal framework, seems to be an absolutely necessary and urgent task.

Keywords: global warming, climate change, greenhouse effect, adaptation, modeling, anthropogenic impact.

Введение. Изменение климата – комплексная междисциплинарная проблема, охватывающая экологические, экономические и социальные аспекты устойчивого развития страны (ре-

гиона). Данная проблема не новая: климат менялся естественным путем на протяжении миллионов лет, о чем свидетельствуют накопленные палеоданные [6, 30 и др.]. Положительные аномалии температуры, превышавшие аналогичные аномалии XX в., были зафиксированы и в XV в., однако в последнее время процессы изменения климата в значительной степени ускорились [10]. Кроме того, современные реалии указывают на совершенно новые очертания проблемы изменения климата – от сугубо организационных, технологических, технических до нормативно-правовых, политических и межгосударственных.

Проблема глобального изменения климата давно не интерпретируется сквозь исключительно научную призму и все чаще характеризуется политическим измерением. Как полагают некоторые исследователи, в перспективе возможные разрушительные воздействия глобального изменения климата могут представлять для человечества наибольшую угрозу, нежели вооруженные конфликты и столкновения, поскольку аномалии погоды (засуха, наводнения, ураганы, пожары, таяние мерзлоты и др.) способны привести к значительному социальному, экологическому и экономическому ущербу [18].

Проблеме глобального изменения климата посвящено множество зарубежных и отечественных работ [11, 12, 17, 19, 30, 31, 34 и др.]. Она занимает ключевые позиции в деятельности ООН, экологических организаций (международных, правительственных, национальных, региональных и др.), а также в программах наиболее влиятельных и авторитетных дискуссионных площадок международного и российского уровня. В ноябре 2021 г. в г. Глазго (Шотландия) прошел саммит ООН по климату. Координация вопросов глобальных изменений климата осуществляется Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) или Intergovernmental panel on climate change (IPCC).

Обсуждение и результаты. Под изменением климата понимают колебания климата Земли в целом либо ее регионов с течением времени - от десятилетий до миллионов лет, которые выражаются в статистически достоверных отклонениях параметров погоды от многолетних значений [9].

Впервые о проблеме глобального потепления и парниковом эффекте заговорили в 1960-х годах, а на уровне ООН вопрос об изменении климата был рассмотрен в 1980 г. [10], что, в свою очередь, стало отправной точкой для продолжающихся по сей день научных дискуссий, с выдвижением и взаимным опровержением теорий и гипотез.

По некоторым данным первые инструментальные замеры приземной температуры воздуха были произведены в 1980 г. [3]. С того времени на Земле отмечается неуклонный рост температуры. По данным Национального агентства США по аэронавтике и исследованию космического пространства за столетний период температура увеличилась на 0,8 градуса. Причем темпы глобального потепления в северных широтах опережают среднемировые в 2 раза [21]. За счет ускоренных темпов потепления Арктический регион позволяет мировому сообществу в некотором смысле предвидеть возможные последствия глобального потепления, с которыми человечество может столкнуться в будущем, осознать их глубину и переосмыслить свои взгляды, ценности и действия.

В глобальных изменениях климата за последние 140 лет на фоне сложившегося тренда прослеживаются цикличность, скачки и паузы [13]. Современные модельные расчеты глобальных и региональных климатических изменений и модификаций циклов углерода выявили их существенные отличия от аналогичных изменений в предыдущие столетия и тысячелетия, что авторы связывают с возросшей антропогенной нагрузкой на природные геосистемы [16].

Согласно Парижскому соглашению по климату 2016 г., чтобы гарантированно избежать катастрофических последствий глобального потепления, человечеству нужно ограничить рост среднемировой температуры именно пределом в 1,5 °C относительно 1850–1900 годов. На сегодняшний день глобальная температура поднялась примерно на 1,1 °C по сравнению с доиндустриальной эпохой (рис.1). Основные тенденции изменения климата на территории России

соответствуют общемировым: до 1940-х годов наблюдался рост средней температуры, затем относительное похолодание до начала 1970-х и быстрый подъем в конце XX-начале XXI вв.[6]. Однако в России, как в северной стране, потепление происходит значительно быстрее, чем на Земле в целом. За последние десятилетия скорость повышения приповерхностной температуры воздуха в целом в России превышала общепланетарные значения в 2 раза[17]. При этом за всю историю метеорологических наблюдений самым теплым в России оказался 2020 г. [7]. На Северном Кавказе с 1960-х годов отмечается устойчивая тенденция роста среднегодовой температуры воздуха на 0,01 °C[1].

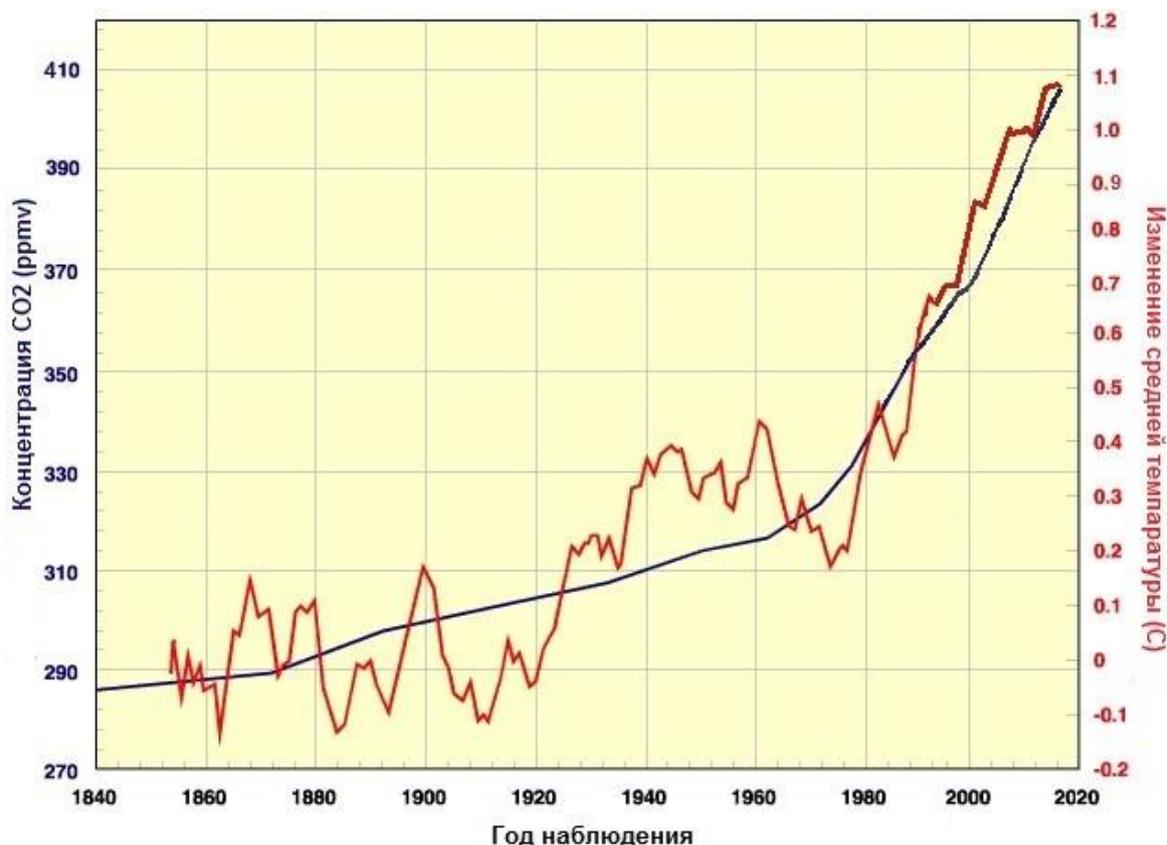


Рис.1. График изменения температуры в приповерхностном слое Земли и содержания CO₂ в атмосфере.

Анализ пространственно-временных особенностей глобального изменения климата свидетельствует о его сезонных особенностях в разные годы[12, 29]. Так, в 1870-е – начале 1890-х годов потепление имело зимне-весенний характер, а в 1920-е - начале 1940-х – летне-осенний. В последние годы потепление вновь стало более выраженным в летне-осенний период [14].

В разных странах потери от изменения климата крайне неоднозначны. В наибольшей степени негативные последствия отражаются на малых островных государствах, а также государствах, расположенных в низких широтах, включая Африку, Азию и Центральную Америку [20].

На фоне глобального потепления происходят и аномальные процессы. В период 2012–2017 гг. в России число аномальных метеорологических явлений превысило почти в три раза аналогичный показатель за период 1998–2002 гг., а в 2017 г. их частота увеличилась почти в 4 раза по сравнению с 2000 г. [32].

В целях обоснования научных теорий климатических изменений исследователи используют комплекс методов, подходов и обращаются к историческим летописям и хроникам; метеорологическим наблюдениям и данным дистанционного зондирования Земли, в частности,

данным о площадях льдов, включая древние льды Арктики и Антарктиды, и растительного покрова; палеонтологическим и археологическим сведениям; наблюдениям за изменением скорости таяния ледников и вечной мерзлоты; морскими течениями Земли, химическим составом атмосферы и океана и многим другим измерениям.

В числе крупнейших международных программ, используемых в современных исследованиях в области климата, следует отметить (Конючко, 2017):

- Всемирную программу исследования климата (ВПИК или WCRP);
- Международную программу исследований геосферы и биосферы IGBP;
- Международную программу исследования роли человека в глобальном изменении окружающей среды IHDP;
- Международную программу исследований биоразнообразия DIVERSITAS;
- Партнерство в области наук о Земле ESSP, в частности, Инициатива партнерства в области наук о Земле в Северной Евразии NEESPI и др.

Некоторые механизмы современных климатических изменений (антропогенный эффект парниковых газов, увеличение потока приходящей солнечной радиации, уменьшение вулканической активности, внутренняя изменчивость климатической системы и изменения в циркуляции атмосферы и океана) можно считать общепризнанными [6]. Они проявляются как на глобальном, так и региональном уровне, самостоятельно либо в сочетании друг с другом.

В целях планирования и реализации превентивных мер, направленных на предотвращение либо смягчение катастрофических природных, геоэкологических и социально-экономических последствий дальнейшего глобального потепления климата, необходимо выявить их причины.

Анализ большого массива современных отечественных и зарубежных публикаций в области глобального изменения климата демонстрирует значительные расхождения в мнениях исследователей относительно причин, обуславливающих эти изменения. Одни исследователи полагают, что доминирующая роль в климатических изменениях принадлежит антропогенному фактору, как катализатору парникового эффекта [7, 10, 18, 19, 29, 39 и др.]. За последние три десятилетия Межправительственной группой экспертов по изменению климата опубликовано пять оценочных докладов, систематизирующих результаты многочисленных национальных наблюдений по изменению климата. В первом докладе влияние человека на климат оценивалось как вероятное, в следующем – более чем вероятное, в последнем – несомненно связанное с деятельностью человека.

В то же время некоторые ученые опровергают гипотезу парникового эффекта, обосновывая свои воззрения тем, что данная гипотеза не нашла подтверждения ни по математическим законам, ни по законам теоретической физики и указывая на отсутствие ее связи с изменением климата Земли [31].

Сторонники другой теории причину глобального изменения климата видят в самих природных процессах и явлениях. Они считают, что пространственно-временные особенности климатических изменений не могут быть объективно исследованы не выходя за рамки теории парникового глобального потепления и введут в тупик [2, 8, 22, 24, 26, 35 и др.]. Существенная климаторегулирующая роль ими отводится естественным факторам.

Другие исследователи в области изменения климата причину глобального изменения климата видят в совокупности комплекса факторов, включающих как природные явления и процессы, так и антропогенные факторы, обуславливающие эмиссию парниковых газов [6, 9 и др.]. Данная причина, на наш взгляд, более вероятная в контексте понимания системного устройства природных комплексов и мира в целом.

Некоторые исследователи убеждены в отсутствии неопровержимых доказательств, указывающих на причинно-следственные связи современных глобальных климатических изменений [13].

Глобальные изменения климата в контексте отражения их последствий на мировой экономике можно охарактеризовать в качестве масштабной природной опасности. В последние десятилетия в нашей стране и в целом в мире участились катастрофы природного и техногенного характера, а вместе с тем и возросли масштабы ущерба, обусловленные ими. Глобальное потепление может существенным образом отразиться на специфике опасных природных явлений, прежде всего, экзогенных гидрометеорологических и геокриологических процессов. Изменения климата также могут внести значительные, порой разнонаправленные коррективы, во многие отрасли хозяйственной деятельности [3].

Особо ощутимо воздействие глобального потепления климата на сельскохозяйственное производство [34]. Даже незначительное изменение климата в сторону его потепления может способствовать росту сельскохозяйственной продуктивности в странах высоких широт негативно отразиться на урожайности стран низких широт вследствие изменения гидрологического режима. Значительное потепление уже скажется на всех странах: повышение температуры до 1°C может привести к падению урожайности пшеницы, риса и кукурузы на 10% [20].

Изменение климата в разных частях мира породило ряд экзистенциальных угроз, включая повышение глобальных температур, таяние ледников и полярных ледяных шапок, повышение уровня моря, сокращение биоразнообразия, экстремальные погодные явления и вспышки многочисленных заболеваний [29].

Увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере и климатические изменения неизбежно сопряжены с изменением видового разнообразия животного и растительного мира и в целом негативно отражаются на биопродуктивности наземных экосистем [12].

В горных регионах проблема глобального изменения климата приобретает ряд особых очертаний. В частности, она проявляется в последние годы в виде недостатка естественного снега для подготовки трасс, вследствие чего горнолыжные курорты в большинстве стран мира вынуждены прибегать к производству снега и оснежению горнолыжных склонов [23].

На Северном Кавказе повсеместно отмечается сокращение площадей современного оледенения, что в ряде работ интерпретируется в качестве ответной реакции на колебания климатических условий [15, 32]. По некоторым оценкам современное оледенение Центрального Кавказа сократилось на 26 % [1], что, в свою очередь, в совокупности с другими факторами (изменение температуры, режима осадков и др.) обуславливает активизацию селевых процессов на данной территории. По оценкам экспертов, данная тенденция сохранится и в будущем по всему Кавказскому региону. При этом наихудшую участь (в плане сокращения оледенения и увеличения стока рек) предрекают для западных и восточных частей Большого Кавказа [15].

По некоторым оценкам [26], дальнейшее повышение глобальной температуры приземного слоя воздуха может привести к неоднозначным последствиям на национальном, региональном и локальном уровнях. В частности, это проявится на увеличении неравенства в доходах не только между странами, но и внутри одного государства, а также приведет к еще большему разрыву между развитыми и развивающимися странами [20].

Большинство современных отечественных и зарубежных исследователей в области изменения климата подчеркивают необходимость разработки глобальных и региональных климатических моделей, позволяющие «спроектировать» альтернативные будущие климатические условия, что в последующем позволит соответствующим органам на всех уровнях власти адекватные им стратегии развития [18, 24, 33, 35, 39 и др.]. Моделирование климата, в свою очередь, требует наличия достаточной базы климатических данных [28]. Это достаточно сложный и трудоемкий процесс [36].

К настоящему времени разработано множество климатических моделей и на их основе даны прогнозные оценки дальнейших изменений климата. Большинство данных указывает на то, что к середине XXI в. глобальная температура может повыситься на 1,5-2,7°C, а уровень мирового океана к 2030 г. может подняться на 14-24 см [3].

В работе A.D. King и D.J. Karoly[27] сделана попытка прогноза возможных экстремальных климатических явлений в Европе при повышении температуры на 1,5 °C и 2 °C и сделан вывод о том, что глобальное потепление до 1,5 °C будет иметь для Европы более оптимистичные прогнозы нежели более высокие значения.

Взгляды современных исследователей на проблему глобальных изменений климата порой достаточно противоречивые: от крайне пессимистичных, предрекающих экологическую катастрофу общепланетарного масштаба [19], до вполне оптимистичных [20]. По мнению В.Ф. Логинова с соавторами [11], значительный разброс сценарных оценок климата будущего связан с отсутствием убедительных доказательств причин и следствий современных климатических изменений.

Ряд ученых утверждает, что человечеству следует бояться не глобального потепления, а последующего ледникового периода, полагая, что климат на Земле вновь будет меняться в сторону похолодания [2, 5, 8, 18 и др.].

Выводы.

Проблема глобального изменения климата относится к числу наиболее острых и дискуссионных проблем современности, как в вопросах причин изменения климата, так и в прогнозных оценках.

Большинство исследователей указывает на усиление парникового эффекта вследствие антропогенной деятельности, тогда как их оппоненты считают, что роль антропогенного фактора в данном процессе, по сравнению с природными, ничтожна. Также контент-анализ литературных источников демонстрирует раскол научного сообщества на сторонников теории глобального потепления, с одной стороны, и неминуемого ледникового периода, с другой.

Каким бы в дальнейшем ни был сценарий будущих глобальных изменений климата, приоритетной задачей остается поиск путей адаптации мирового сообщества к данным изменениям [11, 24, 25, 37, 38]. Она часто подменяется изучением важных, но второстепенных вопросов: поиск чистых источников энергии, защита окружающей среды прибрежных районов и др. [18]. Необходима выработка единой мировой стратегии развития человеческого общества в условиях меняющегося климата.

В большинстве стран либо приняты национальные стратегии адаптации к изменениям климата, либо они включены в климатические планы действий. В Российской Федерации еще 2009 г. принята Климатическая доктрина, согласно которой одна из стратегических целей страны заключается в обеспечении безопасного и устойчивого развития хозяйства и общества в условиях меняющегося климата. Однако специалисты в области права указывают на хаотичность и фрагментарность действующего российского экологического права и необходимость его корректировки с учетом современных реалий. По мнению Л.И. Брославского [4], в качестве акта текущего законодательства следует принять специальный закон о глобальном потеплении и мерах по адаптации к изменяющимся климатическим условиям с тем, чтобы в дальнейшем поручить правительству страны разработку и внедрение соответствующих программ. Важная роль отводится формированию коллективной системы мониторинга и оценки эффективности результата реализации мероприятий по адаптации экономики и гражданского общества к изменению климата и смягчению их последствий [18].

13 ноября 2021 г. завершилась двухнедельная Конференция сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата в Глазго (COP26), в которой принимали участие почти 200 государств. По результатам конференции был принят итоговый документ — Климатический пакт-Глазго (GlasgowClimatePact). Как заявил спецпредставитель президента РФ по климату Р.Эдельгериев: "Основным достижением COP26 стало завершение разработки правил реализации Парижского соглашения, включая правила по общим временным срокам для определяемых на национальном уровне вкладов, рыночным и нерыночным механизмам статьи 6 и транспарентности. Российская Федерация приветствует этот результат, который позволит в полной

степени операционализировать Парижское соглашение спустя 6 лет после его принятия". Он также подчеркнул, что РФ на конференции удалось добиться нужных условий относительно лесных климатических проектов. Р. Эдельгериев также отметил: "Позиция нашей страны заключается в необходимости создания надежных, предсказуемых и эффективных инструментов международного сотрудничества для предотвращения изменения климата. По правилам реализации статьи 6 нам удалось обеспечить приемлемые условия для лесных климатических проектов с учетом необходимости предоставления им продолжительного зачетного периода" [40].

Работа выполнена в рамках госзадания ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова FZNU-2021-0002 «Оценка изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа в связи с глобальными изменениями климата»

Литература

1. Аджиева А.А., Кондратьева Н.В. Изменение климата и гидрометеорологические явления в горных районах Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. 2009. № 1. Т. 1. С. 68-72.
2. Большаков В.М. Причины глобального изменения климата на Земле // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы Всероссийской научно-технической конференции (Самара, 07-11 апреля 2014 г.). Самара: СГАСУ, 2014. С. 674-675.
3. Бондаренко Л.В., Маслова О.В., Белкина А.В., Сухарева К.В. Глобальное изменение климата и его последствия // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2018. № 2(98). С. 84-93.
4. Брославский Л.И. Экологическая безопасность: глобальное потепление и изменение климата (правовые проблемы) // Бизнес, менеджмент и право. 2019. № 4. С. 15-20.
5. Вакуленко Н.В., Нигматулин Р.И., Сонечкин Д.М. К вопросу о глобальном изменении климата // Метеорология и гидрология. 2015. № 9. С. 89-97.
6. Григорьева Е.А. Изменения климата: причины, тенденции и последствия для здоровья человека в глобальном и региональном аспектах // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы II Международного научно-практического форума (Хабаровск, 04 мая 2017 г.). Хабаровск: ТГУ, 2017. С. 23-28.
7. Зиновьева О.А., Пшеунова Л.Ю. Изменение климата как глобальная экологическая проблема: возможности правового воздействия // Дальневосточная весна – 2021: материалы Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности (Комсомольск-на-Амуре, 30-31 марта 2021 г.). Комсомольск-на-Амуре: КнАГУ, 2021. С. 44-48.
8. Картунова Л.С., Цветков Г.С. Глобальные изменения климата Земли: потепление или похолодание? // Наука, образование и культура. 2019. № 2 (36). С. 53-63.
9. Катаева А.А., Воронова И.А., Нурутдинов А.А. Проблема глобального изменения климата // Экология и безопасность жизнедеятельности: материалы XVII Международной научно-практической конференции (Пенза, 21-22 декабря 2017 г.). Пенза: ПГАУ, 2017. С. 78-81.
10. Конючко А.А., Омельченко Е.В. Анализ причин глобального изменения климата // Экология и безопасность жизнедеятельности: материалы XVII Международной научно-практической конференции (Пенза, 21-22 декабря 2017 г.). Пенза: ПГАУ, 2017. С. 82-85.
11. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины, последствия и адаптация хозяйственной деятельности // География и природные ресурсы. 2014. № 1. С. 13-24.
12. Логинов В.Ф., Лысенко С.А., Бондаренко Ю.А., Бровка Ю.А. Глобальные и региональные изменения климата и их связь с биопродуктивностью наземных экосистем // Природопользование. 2019. № 2. С. 20-31.
13. Логинов В.Ф., Лысенко С.А., Бровка Ю.А., Микуцкий В.С. Пространственно-временные особенности изменений глобального климата // Природные ресурсы. 2019. № 1. С. 79-88.
14. Логинов В.Ф., Микуцкий В.С., Бровка Ю.А. Тренды и паузы в изменении глобального климата в различные сезоны года // Природопользование. 2014. № 25. С. 5-15.
15. Лурье П.М., Панов В.Д. Влияние изменения климата на современное оледенение и сток рек северного склона Большого Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. 2013. № 2. Т. 5. с. 70-77.

16. Мохов И.И., Елисеев А.В., Гурьянов В.В. Модельные оценки глобальных и региональных изменений климата в голоцене // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. № 1. Т. 490. С. 27-32.
17. Мохов И.И., Семенов В.А. Погодно-климатические аномалии в российских регионах и их связь с глобальными изменениями климата // Метеорология и гидрология. 2016. № 2. С. 16-28.
18. Назаров В.П., Афиногенов Д.А. Глобальные изменения климата как угроза национальной безопасности: американская и российская политические практики // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4: история, регионоведение, международные отношения. 2021. № 1. Т. 26. С. 107-122.
19. Пименова Л.Е. Глобальное изменение климата: причины и последствия // Научный электронный журнал Меридиан. 2020. № 3 (37). С. 510-512.
20. Подвигина Н.Ю. Глобальное изменение климата и его влияние на экономическую сферу жизни в развивающихся странах // Научно-практические исследования. 2020. № 11-4 (34). С. 21-22.
21. Сердитова Н.Е. Изменение климата в Арктике: локальное и глобальное воздействие на окружающую среду // Вестник Тверского государственного университета. Серия: география и геоэкология. 2020. № 1 (29). С. 7-16.
22. Снакин В.В. Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность // Жизнь Земли. 2019. № 2. Т. 41. С. 148-164.
23. Фролов Д.М., Киселева Т.Д. Экологические аспекты глобального изменения климата для горных территорий // Экологические проблемы. Взгляд в будущее: материалы IX Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 22-23 октября 2020 г.). Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2020. С. 661-663.
24. Чередыко Н.Н., Тартаковский В.А., Волков Ю.В. Региональные климатические кластеры на территории Евразии на фоне изменения глобального климата // CITES 2019: Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде (Москва, 27 мая-06 июня 2019 г.). Томск: Томский центр научно-технической информации. 2019. С. 68-71.
25. Berrang-Ford L., Siders A. R., Lesnikowski A., Fischer A. P., Callaghan M., Haddaway N., Mach K., Araos M., Shah M.A. R., Wannowitz M., Doshi D., Leiter T. et al. A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change // Nature Climate Change. 2021. Vol. 11. Iss. 11. P. 989–1003.
26. James R., Washington R., Schleussner C.-F., Rogelj J., Conway D. Characterizing half-a-degree difference: a review of methods for identifying regional climate responses to global warming targets // WIREs Climate Change. March/April 2017. Iss. 2. Vol. 8. P. 1-23. URL: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wcc.457> (дата обращения: 02.12.2021).
27. King A.D., Karoly D.J. Climate extremes in Europe at 1.5 and 2 degrees of global warming // Environmental Research Letters. 2017. Vol. 12. No. 11. P. 1-9. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa8e2c/pdf> (дата обращения: 10.12.2021).
28. Kondratyev K.Y., Cracknell A.P. Observing global climate change. 1st edition. London, 1998. 576 p.
29. Kumar A., Nagar S., Anand S. Climate change and existential threats. Global Climate Changy. Ed. by Suruchi Singh, Pardeep Singh, S. Rangabhashiyam, K.K. Srivastava. Publisher: Elsevier, 2021. P. 1–31. URL: https://www.researchgate.net/profile/Pratichi-Singh/publication/350217935_Link_between_air_pollution_and_global_climate_change/links/60a4a1cfa6fdccb2cc2151f9/Link-between-air-pollution-and-global-climate-change.pdf#page=18 (дата обращения: 25.11.2021).
30. Letcher T.M. Climate Change: observed impacts on Planet Earth. Third edition. Publishing: Elsevier, 2021. 848 p.
31. Miatello A. Refutation of the «greenhouse effect» theory on a thermodynamic and hydrostatic basis. Principia Scientific International. 2012. № 6. 41 p. URL: https://principiascientific.com/publications/PSI_Miatello_Refutation_GHE.pdf (дата обращения: 20.11.2021).
32. Mokhov I.I. Contemporary climate changes: anomalies and trends. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 231. P. 1-10. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/231/1/012037/pdf> (дата обращения: 27.11.2021).
33. Mokhov I.I., Eliseev A.V., Guryanov V.V. Model estimates of global and regional climate changes in the Holocene. Doklady Earth Sciences. 2020. Vol. 490. Iss. 1. P. 23–27.

34. Parry M. Climate change and world agriculture. 1st ed. London, 1990. 157p.

35. Roe G.H., Baker M.B., Herla F. Centennial glacier retreat as categorical evidence of regional climate change // Nature Geoscience. 2017. No.10. P. 95-99.

36. Scinocca J.F., Kharin V.V., Jiao Y., Qian M.W., Lazare M. et al. Coordinated global and regional climate modeling // Journal of climate. 2016. Vol. 29. Iss. 1. P. 17-35. URL: [file:///C:/Users/hp/Downloads/\[15200442%20-%20Journal%20of%20Climate\]%20Coordinated%20Global%20and%20Regional%20Climate%20Modeling%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/[15200442%20-%20Journal%20of%20Climate]%20Coordinated%20Global%20and%20Regional%20Climate%20Modeling%20(3).pdf) (дата обращения: 15.12.2021).

37. Scheelbeek P.F.D., Dangour A.D., Jarmul S., Turner G., Sietsma A. J., Minx J. C. et al. The effects on public health of climate change adaptation responses: A systematic review of evidence from low- and middle-income countries // Environmental Research Letters. 2021. Vol. 16. Iss. 7. P. 1-14. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac092c/pdf> (дата обращения: 22.11.2021).

38. Ulibarri N., Ajibade I., Galappaththi E. K., Joe E. T., Lesnikowski A., Mach K. J. et al. A Global Assessment of Policy Tools to Support Climate Adaptation // Climate Policy. 2021. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14693062.2021.2002251?needAccess=true> (дата обращения: 22.11.2021).

39. Weyant J. Some Contributions of Integrated Assessment Models of Global Climate Change // Review of Environmental Economics and Policy, 2017. Vol. 11. No 1. P. 115-137. URL: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1093/reep/rew018> (дата обращения: 13.12.2021).

40. <https://tass.ru/obschestvo/12918671> (дата обращения: 28.12.2021).

ПАМЯТЬ



1941 – 2021

9 ноября 2021 года на 81 году жизни после тяжелой и продолжительной болезни скончался ведущий научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук

Института геологии ДФИЦ РАН
МАЦАПУЛИН ВЛАДИМИР УСТИМОВИЧ

Мацапулин Владимир Устимович родился 4 января 1941 г в с. Натырбово Кошехабльского района Адигейской АССР Краснодарского края в семье служащего. В 1945 г. семья переехала в Дагестан (Хасавюртовский район). После окончания средней школы в 1957 г. поступил в Северо-Кавказский горно-металлургический институт. После окончания института в 1962 г. был распределен в Северо-Восточное территориальное геологическое управление - Магаданская область. По личной инициативе был направлен на крайний север в Чаунское районное геологическое управление - техником геологом. В 1964 г. переведен горным мастером в Пильхинкульскую ГРП, где и проработал вплоть до 1970 г став главным геологом вышеназванной экспедиции. В 1970 году переезжает в Дагестан и с января 1971 г работал на различных должностях в Институте геологии Даг. ФАН СССР, в последующем преобразованный в Институт геологии ДФИЦ РАН. По результатам научно-исследовательских работ в 1984 г. защитил кандидатскую диссертацию (КИМС, Тбилиси). В период его производственной и научной деятельности написано более 200 научных работ, а также геологических и научных отчетов, проектов и рекомендаций.

Мацапулин Владимир Устимович за успешное выполнение научных и научно-производственных работ государственными наградами - медалью "За доблестный труд", "Почетными грамотами Союзного и Регионального значения". За открытие месторождения россыпного золота р. Рывесли (Магаданская область) награжден нагрудным знаком "Первооткрыватель месторождения". В 2018 г. награжден Правительством Дагестана почетным знаком "За любовь к Земле".

Мы чтим и будем помнить Владимира Устимовича, как замечательного человека, отличного сотрудника, грамотного специалиста. Светлая память о нем навсегда сохранится в наших сердцах, и в памяти тех, кто его знал.

Мы глубоко скорбим о кончине Владимира Устимовича и выражаем искренние соболезнования его родным и близким.

Руководитель ИГ ДФИЦ РАН Мамаев С.А.
Зав. лабораторией Черкашин В.И.

Информация для авторов

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

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

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

Правила оформления рукописи в журнале

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

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

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

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

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

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

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

6. Основные структурные элементы статьи:

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

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

Технические требования

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

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

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

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

Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

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

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

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

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

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

Рукописи, оформленные с нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.

Адрес редакции:

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

© Институт геологии ДФИЦ РАН

© Коллектив авторов

ISSN: 2541-9684

Научное издание

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

ПИ № ФС77-67725 от 10 ноября 2016 года

Ежеквартальный научный журнал
"Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН"
Выпуск № 4 (87) 2021

Издаются по решению ученого совета ИГ ДФИЦ РАН

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

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

Подписано в печать 20.12.2021 г. Формат 60×84¹/₈.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 13,5. Уч.- изд. л. 7,4. Тираж 200 экз. Заказ №21-10-386.



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