



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт геологии
Дагестанского научного центра

ISSN:2541-9684

№ 4(75), 2018
Ежеквартальный
научный журнал

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

Издается по решению Ученого совета
Института геологии ДНЦ 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
д.г.-м.н., профессор ИГиГ НАН Азербайджана
д.ф.-м.н., профессор, Геофизический институт ВНЦ РАН,
д.г.-м.н., профессор, ИГиИС НАН Армении
министр природных ресурсов и экологии РД
д.ф.-м.н., Чеченской академии наук
член-корреспондент РАН, ОНЗ РАН
д.ф.-м.н., профессор, ДГУ
академик РАН
академик РАН, ГИН РАН
член-корреспондент НАН Азербайджана

Редакционная коллегия:

д.г.-м.н., г.н.с. ИГ ДНЦ РАН,

к.т.н., с.н.с.

д.т.н., г.н.с.

к.ф.-м.н, с.н.с.

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.ф.-м.н., профессор

к.г.-м.н. с.н.с.

д.г.-м.н., г.н.с.

д.б.н., г.н.с., профессор

к.ф.-м.н.

д.ф.-м.н., в.н.с.

к.г.н., с.н.с.

д.ф.-м.н., профессор

к.г.-м.н., с.н.с., (технический редактор)

д.г.-м.н., г.н.с., профессор

к.г.-м.н., с.н.с.

к.ф.-м.н.

к.г.-м.н.

д.т.н., г.н.с., профессор

к.г.-м.н.

к.ф.-м.н., доцент

н.с., (ответственный секретарь)

м.н.с., (составитель)

Алхасов А.Б.

Асхабов А.М.

Богуш И.А.

Гаврилов Ю.О.

Глико А.О.

Гусейнов Д. Д.

Заалишвили В.Б.

Каратетян Д.К.

Карачаев Н.А.

Керимов И.А.

Морозов Ю.А.

Рабаданов М.Х.

Рундквист Д. В.

Федонкин М.А.

Алиева Э.Г-М

Черкашин В.И.

(главный редактор)

Мамаев С.А.

(зам. главного редактора)

Абдуллаев Ш.-С.О.

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.

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.

Абдулмуталимова Т.О.

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 ДНЦ 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

КОНЦЕНТРАЦИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ МЕЗОЗОЯ И КАЙНОЗОЯ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА (ДАГЕСТАН) <i>Юсупов А.Р.</i>	4
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗНЫЙ МОНИТОРИНГ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ <i>Заалишвили В.Б., Певнев А.К., Мельков Д.А.</i>	7
ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА <i>Харегов К.С., Баскаев А.Н., Майсурадзе М.В.</i>	13
ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ОСАДОЧНОГО ПОКРОВА ДНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ <i>Черкашин В.И., Сабанаев К.А., Гаджиева Т.Р., Исаева Н.А., Меликов М.М.</i>	25
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ И СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ <i>Козырев Е.Н., Симакин А.Г., Алборов И.Д.</i>	31
ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЛЕЙСТОЦЕНА НА ВОСТОЧНОМ КАВКАЗЕ <i>Идрисов И.А., Черкашин В.И.</i>	40
СЕЙСМИЧНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА ЗА ПЕРИОД 1960–2006 гг. <i>Идармачев Ш.Г., Быкова В.В. Идармачев А.Ш.</i>	47
АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ РЯДАМИ ВАРИАЦИЙ КАЖУЩЕГОСЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПОЛУЧЕННЫХ НА СЕТИ СТАНЦИЙ ИГ ДНЦ РАН <i>Алиев И.А., Мусаев М.А.</i>	54
ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫЕ ГОРИЗОНТЫ ДАГЕСТАНСКОГО СЕКТОРА ЮГА ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ <i>Шалбузова Л.В., Меликов М.М.</i>	63
СТРАТИГРАФИЯ СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА (ВОПРОСЫ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ) <i>Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С.</i>	69
АНАЛИЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ <i>Бериев О.Г., Козырев Е.Н., Закс Т.В., Комжа А.Л., Харегов К.С., Джусоева Н.Г.</i>	74
ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ЦЕНТРАЛЬНОМ КАВКАЗЕ И СТРУКТУРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА ГЛУБИННОМ РАЗРЕЗЕ ГЕНАЛДОНСКОГО ПРОФИЛЯ <i>Чотчаев Х.О., Рогожин Е.А., Голик В.И., Чернов Ю.К., Шемпелев А.Г.</i>	79

УДК 552.2

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-4-6

КОНЦЕНТРАЦИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ МЕЗОЗОЯ И КАЙНОЗОЯ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА (ДАГЕСТАН)

Юсупов А.Р.

Институт геологии ДНЦ РАН

Проведены аналитические работы по определению содержаний благородных металлов в пробах отобранных по различным осадочным толщам мезозоя-кайнозоя Дагестана. Дается предположение о возможном генезисе повышенных концентраций этих элементов в различных породах. Также дается предполагаемая связь концентраций золота и платины с различными минералами.

Ключевые слова. Золото, платина, повышенные концентрации, сидериты, глины, доломиты, глинисто-песчаные породы.

CONCENTRATION OF PRECIOUS METALS IN DIFFERENT SEDIMENTARY THICKNESSES OF THE MESOSOUS AND CENINOSE OF THE EAST CAUCASUS (Dagestan)

Yusupov A.R.

Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS

Analytical work has been carried out to determine the content of noble metals in samples taken from various sedimentary sequences of the Mesozoic-Cenozoic of Dagestan. An assumption is made about the possible genesis of elevated concentrations of these elements in various rocks. It also provides a suggested relationship between the concentrations of gold and platinum with various minerals.

Keywords: gold, platinum, elevated concentrations, siderite, clays, dolomites, clay-sandy rocks.

Полученные в последнее время данные позволяют существенно уточнить металлогенический потенциал благородных металлов Восточного Кавказа. Установленные в Mz-Kz толщах россыпные эндогенные и осадочные точечные аномалии свидетельствуют о существовании благороднометалльного оруденения и возможности обнаружения его на значительной площади Восточного Кавказа [6].

В осадочных комплексах Дагестана выделены многочисленные участки рудопроявлений благородных металлов (золото, металлы платиновой группы), в различных типах осадочных пород (сидериты, черносланцевая толща, известняки, доломиты, глины, песчаники), различного возраста [5].

Концентрация золота и платины в глинисто-песчаных породах и аргиллитах юры измеряется тысячными и сотыми долями г/т при более высоком содержании того и другого элемента в аргиллитах, характеризующихся повышенным содержанием органического углерода, пирита и значений восстановительного режима среды формирования отложений в условиях более медленного темпа седиментации.

Работа автора имеет целью рассмотреть распределение концентраций этих элементов в различных горизонтах в зависимости от состава пород, темпа седиментации с учетом возможного влияния наложенных процессов. Настоящая заметка отражает начальный этап этих исследований. Отобранный материал анализировался на содержание основных породообразующих компонентов рентгено-структурным и минералогическим методами. Определение содержания золота и платины проводилось методом атомной абсорбции. Анализы выполнялись в аналитических лабораториях Института геологии и Института физики ДНЦ РАН. Для анализа было отобрано 16 проб по восемь по каждому типу пород (глинисто-песчаные и аргиллиты).

Среднее содержание золота по проанализированным пробам в глинисто-песчаных породах юры составило 0,04-0,06 г/т, в аргиллитах – 0,03 - 0,2 г/т, содержание платины, соответственно 0,02-0,05 и 0,02-0,16 г/т. А.Ф. Коробейников определяет среднее содержание золота в

черных сланцах как $19,70 \times 10^{-7} \%$, т.е. как 0,0197 г/т. Это значение не отвечает нашему содержанию элемента в аргиллитах. В золотоносных черных сланцах оно измеряется не ниже, чем десятными долями грамма и граммами на тонну, т.е. в общем виде на один–два порядка превышая наши значения, достигая и существенно более высоких величин. Содержания платины в платиноносных черных сланцах колеблются от десятых долей до первых граммов на тонну [3], т.е. так же, как и золото, на один–два порядка превышая его содержание в изучаемых нами отложениях

Можно думать, таким образом, что глинисто-песчаная порода представляется менее активным концентратором платины, чем аргиллит. Поскольку аргиллиты сложены главным образом реликтами рассеянного органического материала, нельзя исключить, что платина интенсивнее захватывалась биогенными формами, чем золото, т.е. она в большей степени привносилась в бассейн седиментации в растворах, тогда как для золота можно скорее допустить самородную форму, которая, однако, и здесь не являлась преобладающей, имея в виду пониженное содержание элемента в глинисто-песчаных породах. Факторами концентрации золота и платины в черных сланцах, по данным различных авторов, могут выступать катагенез и метаморфизм, эндогенная деятельность разного рода, метасоматоз. В породах изучаемой территории на большей части площади ее развития какие-либо реальные эндогенные проявления отсутствуют, и соответствующий вопрос здесь снимается. Некоторые авторы [1] в качестве единственной движущей силы концентрации благородных металлов в черных сланцах рассматривают катагенез, не указывая, однако, какой интенсивности, по общепринятым шкалам, он для этого должен достигать.

Содержания золота и платины в сидеритах юры выше чем во вмещающих аргиллитах на порядок и более и составляют золота 0,02 – 1,5 г/т, платины 0,01 – 0,7 г/т. Для сравнения, в более молодых отложениях мела и палеоген неогена сидеритовые конкреции по содержанию золота и платины не отличаются от вмещающих глинистых пород. В сидеритах данных отложений часто содержания этих элементов ниже чем во вмещающих породах. Из вышесказанного следует, что содержания золота и платины в сидеритах зависит от степени метаморфизма отложений и для концентраций элементов видимо играют роль процессы метасоматоза. Юрские сидериты составляют прогнозные запасы около 4 млрд. тонн, простираясь с юга на север Дагестана по всей полосе распространения ааленских и байосских отложений.

Поведение золота и платины в доломитах верхней юры изучалось результатами анализов более 200 проб. Были опробованы доломитовые толщи мощностью 50-150 м в зоне разломов и в разной удаленности от них. Содержания золота в приразломной зоне достигают 0,2 – 1,7 г/т, платины 0,07 – 0,9 г/т. По мере удаления от зоны разломов содержания уменьшаются и составляют соответственно золота 0,02 – 0,3 г/т и платины 0,01 – 0,2 г/т.

На сегодняшний день имеется целый ряд сведений о влиянии тектонических факторов – разломов, надвигов, сдвигов и других дислокаций, на геохимию горных пород и почв [2]. Повышенная мобильность природных компонентов в зонах разрывных дислокаций установлена рядом авторов.

По результатам проведенного исследования были обнаружены различия в показателях содержания анализируемых химических элементов в приразломных зонах, что свидетельствует о значимой роли тектонического фактора в формировании микроэлементного профиля среды. Обнаружено статистически значимое увеличение концентрации целого ряда элементов-примесей в зоне, близкой к разлому, в большинстве случаев с высокой степенью достоверности.

Полученные результаты согласуются с данными исследований о повышении содержания химических элементов в зоне тектонических дислокаций

Результаты исследования геохимии местности в пределах Унцукульского района Республики Дагестан в зависимости от дальности разлома свидетельствуют о важности тектонического фактора в формировании микроэлементного профиля среды. Установлено повышение концентрации Au, Pt и ряда других элементов в приразломной зоне, что, по-видимому, обусловлено увеличением доступности химических элементов в зоне тектонических дислокаций.

Более 160 проб было проанализировано по третичным образованиям Дагестана, представленным песчано-глинистыми отложениями. Концентрации золота и платины в этих отложениях не равномерные. В глинах майкопа, чокрака и карагана содержания золота составляют 0,02 – 3,0 г/т, платины 0,02 – 2,0 г/т. В песчаных разностях этих отложений золото содержится в пределах 0,005 – 2,4 г/т, платина 0,002 – 1,3 г/т. Повышенные содержания этих компонентов устанавливаются по единичным точечным аномалиям.

Высокие содержания золота и платины в глинах видимо связаны сорбционными свойствами этих минералов [7]. Повышенные содержания благородных металлов связаны с гидрослюдисто-монтмориллонитовыми глинами по сравнению с глинами каолинитового состава. Содержания платины коррелирует с содержаниями хрома в глинах.

В песчаных разностях отложений неогена поведение накопления золота и платины различные. В этих породах золото накапливается в самородном виде от единичных знаков до 2,4 г/т с размером зерен от 0,05 до 0,5 мм. Наличие самородного золота в песчаниках характерно северной части изучаемой территории. Для этой территории также характерны наличия редких единичных знаков платины. На южной части территории самородные знаки благородных металлов отсутствуют. Здесь в песках отмечается высокие содержания платины. Среди других минералов нехарактерных северной части здесь отмечается в тяжелой фракции большое количество хромшпинелидов. Видимо высокие концентрации платины в песках южной территории связаны с наличием в них хромшпинелидов.

Из вышесказанного можно сделать вывод о существовании различных питающих провинций для неогена юга и севера территории Дагестана.

Литература

1. Гарьковец В.Г. О выделении кызылкумского типа сингенетично-эпигенетических месторождений // Докл. АН. СССР, 1973. Т. 208. № 1. С. 163–165.
2. Ворошилов В.Г. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 103 с.
3. Гурская Л.И. Платинометальное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб: ВСЕГЕИ, 2000. 262 с.
4. Мацапулин В.У., Юсупов А.Р. Терригенная минералогия тяжелой фракции юрских флишоидов восточной части Большого Кавказа. Докл. РАН, 1994 г. Том. 337, № 6. С. 4-9.
5. Черкашин В.И., Мацапулин В.У., Юсупов А.Р., Тулышева Е.В., Хлопкова М.В. Условия формирования и закономерности локализации повышенных концентраций драгоценных металлов в мезо-кайнозойских отложениях Восточного Кавказа и перспективы их промышленного освоения // Проблемы минерагении России. Издание ГЦ РАН, Москва. 2012 г. С. 127-141.
6. Юсупов А.Р. Золотоносность рыхлых отложений Дагестана // Тр. Географического общества Дагестана, вып. 24. 1996 г. С. 38-41.
7. Юсупов А.Р., Гаджиева Т.Р., Абдуллаев М.Ш., Магомедов Р.А. Платиноиды в глинистых отложениях олигоцена и миоцена Дагестана и условия их накопления // Тр. Института геологии ДНЦ РАН, № 1, 2017 г, С. 4-7.

УДК 550.34:551.243:528

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-7-12

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗНЫЙ МОНИТОРИНГ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ

Заалишвили¹ В.Б., Певнев² А.К., Мельков¹ Д.А.

¹ *Геофизический институт ВНЦ РАН*

² *Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН*

Характеристики современных движений и деформаций являются одними из основных при исследовании развития геодинамических процессов геологической среды. На Северном Кавказе одной из наиболее сейсмоопасных для населения городов является столица Северной Осетии – г. Владикавказ. Наибольшую опасность в силу своей близости к территории г. Владикавказа представляет Владикавказский разлом, максимальный сейсмический потенциал которого оценивается $M=7.1$ – рис. 1 (Рогожин Е.А., 2007). Развитие Северо-Кавказской деформационной сети позволит создать систему контроля за современными движениями и деформациями земной коры.

Ключевые слова: мониторинг, прогнозный полигон, геодезические наблюдения, GPS/ГЛОНАСС, Владикавказский разлом.

GEODESIC FORECAST MONITORING ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA

Zaalishvili¹ V.B., Pevnev² A.K., Melkov¹ D.A.

¹ *Geophysical Institute of VSC RAS*

² *Institute of Physics of the Earth RAS*

The characteristics of modern movements and deformations are the main ones in the study of the development of geodynamic processes in geological medium. In the North Caucasus, one of the most earthquake-prone cities is the capital of North Ossetia - the city of Vladikavkaz. The greatest hazard due to its proximity to the territory of the city of Vladikavkaz is the Vladikavkaz fault, the seismic potential of which is estimated as $M = 7.1$. Development of the North Caucasus deformation network will allow creating a monitoring system of modern movements and deformations of the Earth's crust.

Keywords: monitoring, forecast polygon, geodetic observations, GPS/GLONASS, Vladikavkaz fault

Создаваемая Северо-Осетинская сеть пунктов GPS является органическим развитием Северокавказской геодинамической сети, которая включает пункты GPS созданные и использованные для измерений по разным проектам предыдущих эпох.

Первая эпоха измерений GPS относится к июлю-августу 1991 г., когда сотрудниками ИФЗ АН СССР совместно с американскими специалистами были выполнены измерения по Международному проекту Кавказ-1991 (Галаганов О.Н. и др. 2007).

В 1992-1993 гг. была выполнена закладка сети пунктов на северном Кавказе по международному проекту «Вегенер», в том числе пункта Мацута в Северной Осетии. Измерения проводились совместно с немецкими специалистами в 1993 г. и в 1994 г.

Проект RUSEG был разработан и впервые осуществлен в 1995 г. совместно российскими и американскими учеными для изучения современной геодинамики Европейской части России с помощью спутниковой геодезической технологии. Повторные измерения по проекту RUSEG были выполнены в 1999 г.

В 1999 г. и 2000 г. Федеральной геодезической службой России при научном руководстве ЦНИИГАиК при участии сотрудников ИФЗ РАН на Европейской части России выполнены высокоточные GPS измерения на пунктах государственной высотной и триангуляционной сети.

С целью развития Северо-Кавказской региональной сети стационарных станций наблюдения спутников GPS/ГЛОНАСС в 2008 г. ГАИШ МГУ согласно Договору с Владикавказским научным Центром РАН и Геофизическим институтом ВНЦ РАН с на базе последнего основал новую базовую (стационарную) станцию «Владикавказ» (код станции VLAD).

На Северном Кавказе одной из наиболее сейсмоопасных для населения является столица Северной Осетии – г. Владикавказ. Это обусловлено тем, что южная граница города находится всего лишь в нескольких километрах от Владикавказского сейсмогенного разлома (рис. 1) [Zaalishvili, Rogozhin, 2011; Заалишвили и др., 2011a]. Хотя инструментальными наблюдениями в этом разломе зарегистрированы землетрясения с магнитудами до пяти, однако в действительности его потенциальные возможности гораздо больше. Согласно выполненным в последние годы детальным сеймотектоническим исследованиям с применением т.н. тренчинг метода установлено, что этот разлом порождал в прошлом землетрясения с магнитудами около семи [Zaalishvili, Rogozhin, 2011]. В связи с тем, что разлом и в настоящее время является сейсмоактивным, то и теперь велика вероятность порождения им сейсмических катастроф.

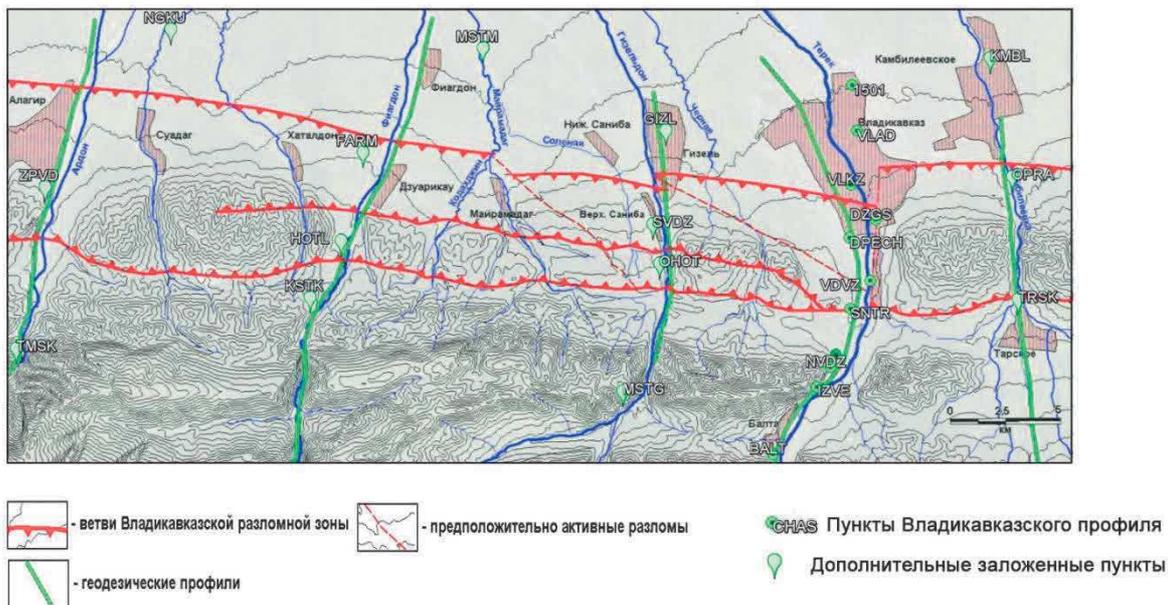


Рис. 1. Схема расположения геодезических прогнозных профилей Владикавказского прогнозного полигона

В то же время необходимо отметить, что в последнее время сейсмическая активность Владикавказского разлома несколько уменьшилась и поэтому можно полагать, что это снижение сейсмической активности разлома означает возникновение здесь «зоны затишья», которая, как правило, формируется при подготовке достаточно крупного сейсмического события.

С учетом изложенных обстоятельств: расположение г. Владикавказа в опасной близости от сейсмогенного разлома и возможное наличие в этом разломе зоны сейсмического затишья, являются более чем достаточным обоснованием для создания на Владикавказском разломе системы наблюдений, способной ответить на вопрос готовится или нет в этом разломе очаг, способный породить сильное землетрясение.

Основными элементами такой системы являются деформационно-геодезические прогнозные профили, ортогонально пересекающие сейсмогенный разлом. Длины таких профилей согласно современным воззрениям должны быть сопоставимы с шириной очагов сильных землетрясений – первые десятки километров. С целью достоверного определения вида измеряемых деформаций профили должны быть оснащены достаточным для этой цели количеством пунктов наблюдений [Певнев, 1988, 2003, 2009, 2016]. Есть основания считать, что максимальное расстояние между смежными пунктами профиля не должно превышать один километр. Однако вблизи центральной части разломной зоны, где при подготовке очага землетрясения накопление упругих сейсмогенных деформаций упругого изгиба происходит наиболее интенсивно (по экспоненциальному закону), расстояния между пунктами наблюдений целесообразно сокращать до 500 м.

Мониторинг таких профилей позволит однозначно ответить на вопрос – накапливаются ли в исследуемом участке сейсмогенной зоны упругие сейсмогенные напряжения, т.е. готовится или нет в этом месте очаг землетрясения. Предлагаемое размещение профилей показано на рис. 1.

Как было отмечено выше, исследования на полигоне должны быть комплексными; это крайне необходимо для поиска путей решения проблемы прогноза времени землетрясения.

В настоящее время в рассматриваемом районе проводятся наблюдения за сейсмическими процессами, а также другими опасными процессами природно-техногенного характера (Кармадонский параметрический полигон) [Заалишвили и др., 2013, Заалишвили, Бергер и др., 2016]. В результате исследований методом микросейсмического зондирования [Рогожин и др., 2013], удалось проследить поведение по глубине и простирацию ветвей разломной зоны, установленных на поверхности по данным геолого-геоморфологических методов и составить трехмерное представление о строении изучаемой системы тектонических нарушений. Показано, что в приповерхностной части разломная зона имеет вид листрического складко-надвига, а в глубоких горизонтах земной коры представлена хорошо оформленной контрастной структурой субвертикального падения. Эти исследования будут дополнены гравиметрическими измерениями вдоль намеченных профилей, а также изучением других предвестников землетрясений [Заалишвили и др., 2016].

С учетом различных объективных обстоятельств создание деформационно-геодезической сети Владикавказского прогнозного полигона начато с профиля «Терек». Геодезическая деформационная сеть профиля «Терек» Владикавказского прогнозного полигона представлена на рисунке 1. [Заалишвили и др., 2011б]. В качестве основы деформационной сети основного ряда взяты девять уже существующих пунктов GPS (включая и постоянно действующий пункт во Владикавказе), расположенные вдоль шоссейной дороги. Все они являются пунктами сгущения на трассе уже существующих пунктов. Такое сгущение пунктов необходимо по следующим соображениям. При подготовке очага землетрясения максимальные упругие смещения испытывают участки земной поверхности, примыкающие к сейсмогенному разлому и поэтому с целью более достоверного определения вида и величины упругого деформирования на этих участках расстояния между геодезическими пунктами должны быть сравнительно небольшими. Так как ширина зоны максимальных упругих смещений (в обе стороны от разлома) составляет примерно 10–15 км, то с целью уверенного определения вида и параметров сейсмогенной упругой кривой можно считать достаточным располагать геодезические пункты примерно через 1 км на первых 5–7 км в обе стороны от разлома. Можно полагать, что данные о смещениях примерно 12 пунктов позволят установить действительный вид сейсмогенной кривой (деформация упругого изгиба). Именно эта идея реализована при проектировании сети сгущения для Владикавказской сейсмогенной зоны [Певнев, Заалишвили, 2014; Певнев и др., 2014].

В том случае, если на исследуемом участке сейсмогенной зоны будет установлен факт накопления упругих сейсмогенных деформаций (упругий изгиб), то с целью определения всей ширины зоны накопления таких деформаций длину прогнозного профиля необходимо будет увеличить до 20–30 км.

На рис. 2 представлены результаты измерений за период 2014-2016 гг. в системе ITRF2008 [Заалишвили, Гусева и др., 2016]. Скорости и направления горизонтальных движений не изменяются при пересечении зоны разлома. Аналогичные результаты получены за период 2015-2016 гг. в работе [Рогожин, Милюков, 2016]. В соответствии с северо-восточной ориентировкой направления смещений пунктов и близширотным простиранием дизъюнктивной зоны следует предполагать наличие левосторонних сдвиговых подвижек по ветвям активного разлома. Однако никаких свидетельств активизации движений в зоне разлома не наблюдается. Большие скорости на пункте CHAS, вероятно связаны со сползанием массива не связанным с тектоническим процессом, тем не менее, исследования будут продолжены в южном направлении с целью мониторинга Кармадонского разлома.

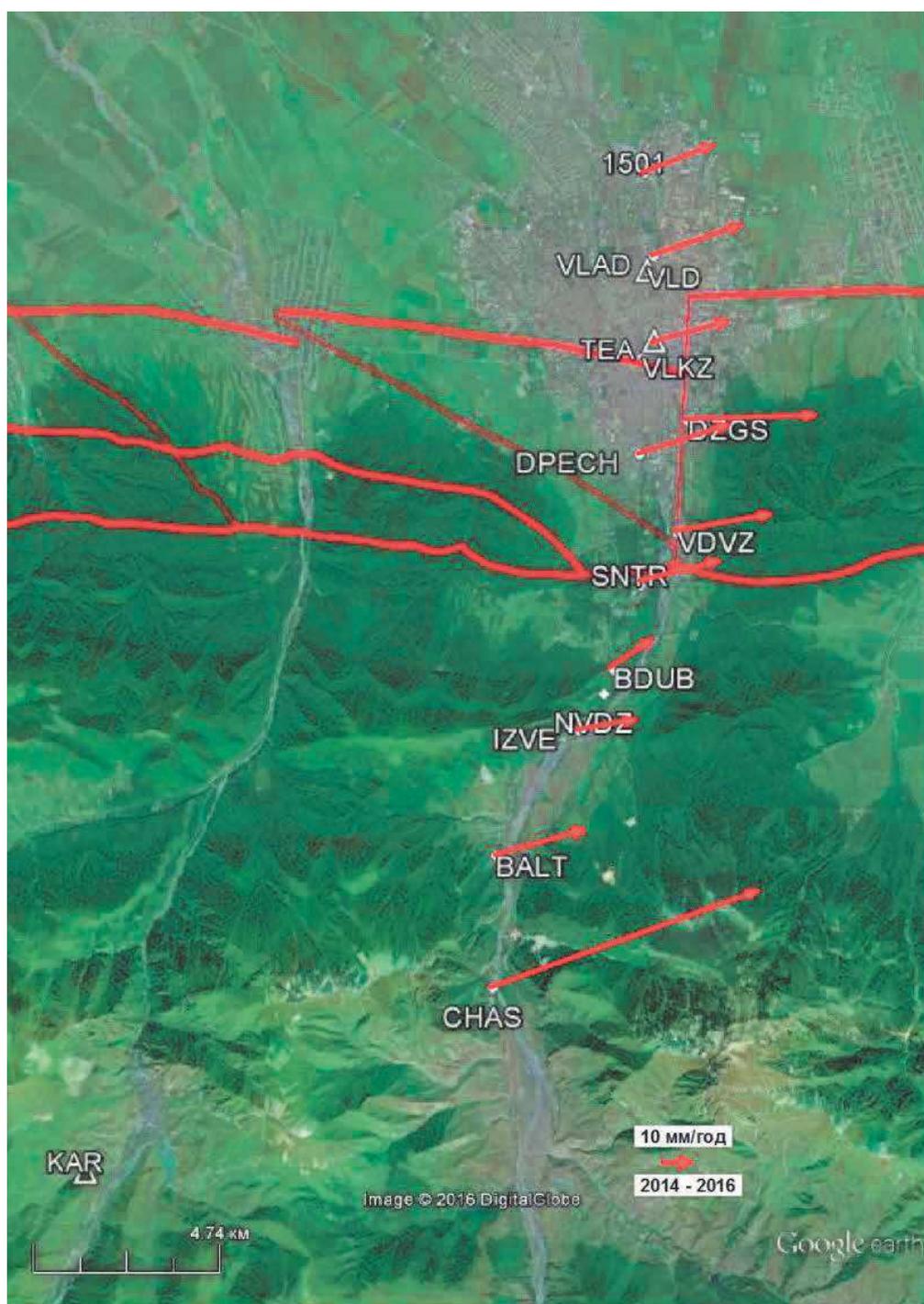


Рис. 2. Вектора скоростей горизонтальных движений пунктов Владикавказского геодинимического прогнозного полигона в системе ITRF2008

Выводы

Подготовка и разрушение очага землетрясения являются процессами механическими – накопление и сброс упругих сейсмогенных деформаций (напряжений). Это прямые указатели, прямые предвестники, как подготовки, так и разрушения очага землетрясения, и поэтому в решении проблемы прогноза землетрясений изучение именно этих процессов должно быть определяющим. Все остальные методы, рассматриваемые как предвестники, не являются обязательными в этих процессах, и поэтому они могут иметь место, а могут и не иметь.

Геодезический метод можно с успехом использовать для прогноза как коровых, так и сильных глубокофокусных землетрясений.

Геодезические прогнозные системы, рассчитанные на точный прогноз места готовящегося очага землетрясения и максимальной силы, которую он может породить, описаны в [Певнев, 2003]. Следует отметить, что такая прогнозная система уже создана в Мексике вблизи города Мехикали на разломе Империял (южное продолжение разлома Сан-Андреас).

С целью развития Северо-Кавказской региональной сети стационарных станций наблюдения спутников GPS/ГЛОНАСС в 2008 г. в здании Геофизического центра ВНИЦ РАН и РСО-А заложена стационарная станция «Владикавказ» (код станции VLAD). В стационарном режиме станция работает с 2008 г.

Результаты измерений за период 2014-2016 гг. показывают, что скорости и направления горизонтальных движений не изменяются при пересечении зоны разлома.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 17-45-150549».

Литература

1. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф. Оценка сейсмической опасности территории и построение вероятностных карт // Геология и геофизика Юга России. 2011а. №1. С. 48–59.
2. Заалишвили В.Б., Певнев А.К., Рогожин Е.А. О геодезическом мониторинге для прогноза землетрясений на Северном Кавказе (на примере Владикавказского прогнозного полигона) // Геология и геофизика Юга России. 2011б. № 2. С. 33-40.
3. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Мониторинг опасных природных и техногенных процессов на территории РСО-Алания // Геология и геофизика Юга России. 2013. № 1. С. 17-27.
4. Заалишвили В.Б., Гусева Т.В., Розенберг Н.К., Мельков Д.А. Вопросы практической реализации геодезического мониторинга на примере Владикавказского геодинимического прогнозного полигона // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 3. С. 58-64.
5. Заалишвили В.Б., Кануков А.С., Мельков Д.А. О возможной взаимосвязи изменения гравитационного поля и уровня микросейсмических колебаний с сейсмическими событиями // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 2. С. 20-26.
6. Заалишвили В.Б., Бергер М.Г., Малиев И.Н., Мельков Д.А., Кануков А.С., Макиев В.Д. Развитие системы инструментального мониторинга Казбекского вулканического центра // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 4. С. 44-51.
7. Певнев А.К. Прогноз землетрясений – геодезические аспекты проблемы //Иzv. АН СССР. Физика Земли. – 1988. – № 12. – С.88-98.
8. Певнев А.К. Пути к практическому прогнозу землетрясений. М.: ГЕОС, 2003. – 153 с.
9. Певнев А.К. О причинах кризиса в проблеме прогноза землетрясений и месте геодезического мониторинга в ее решении // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2009. №8. С. 79–87.
10. Певнев А.К., Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. О модернизации геодезических исследований на Владикавказском геодинимическом прогножном полигоне // Геология и геофизика Юга России. 2014. № 4-2. С. 84-90.
11. Певнев А.К., Заалишвили В.Б. О причинах коровой сейсмичности и возможности прогноза землетрясений методами решения прямых задач // Геология и геофизика Юга России. 2014. № 4-2. С. 91-99.
12. Певнев А.К. О реальном пути к осуществлению прогноза землетрясений // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 1. С. 102-131.
13. Рогожин Е.А., Горбатиков А.В., Заалишвили В.Б., Степанова М.Ю., Харазова Ю.В., Андреева Н.В., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Дзедобоев Б.А., Габараев А.Ф. Новые представления о глубинном строении Осетинского сектора Большого Кавказа //Геология и геофизика Юга России. 2013. № 4. С. 3-7.
14. Рогожин Е.А., Милоков В.К. Спутниковый геодезический мониторинг и сейсмические проявления зоны Владикавказского активного разлома // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 4. С. 102-110.
15. Zaalishvili V.B., Rogozhin E.A. Assessment of Seismic Hazard of Territory on Basis of Modern Methods of Detailed Zoning and Seismic Microzonation // The Open Construction and Building Technology Journal, 2011, 5. pp. 30–40.

УДК 550.34

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-13-24

ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Харегов К.С., Баскаев А.Н., Майсурадзе М.В.

Геофизический институт ВНЦ РАН

В работе рассмотрена ситуация сложившаяся при формировании направлений геолого-геофизических исследований в горных регионах в последние годы. Проведен системный анализ проведенных исследований. Показано, что в основе большей части исследований лежат изучение свойств массива и грунтов слагающих территорию. Целью исследования является изучение влияния скорости распространения продольных V_p , поперечных V_s волн, а также плотности ρ в грунтах, на параметры реального сейсмического воздействия: интенсивность воздействия, пиковое ускорение, частоты. Для достижения этой цели в Геофизическом институте ВНЦ РАН была разработана база данных, содержащая 63478 трехмерных записей всех землетрясений, начиная с 11/05/1996 по 31/12/2017 включительно, среди них все KNET записи с эпицентральной расстоянием до 50 км с интенсивностью свыше 0,5 JMA. Записи были любезно предоставлены для некоммерческого использования системой KNET. В базе данных скорости распространения продольных и поперечных волн в грунтах, а также плотности грунтов содержатся в виде таблиц и графиков по грунтам станций вплоть до глубины 20 м. Мы рассматривали интервалы эпицентральных расстояний 0–10, 5–15, 10–20, 15–25, 20–30, 25–35, 30–40, 35–45, 40–50 км и находили в этих интервалах средние значения скорости распространения продольных и поперечных волн в грунтах, плотности грунтов, а также параметров сейсмического воздействия для различных магнитуд: $M > 6$, $5 < M < 6$, $4 < M < 5$, $M < 4$. Исходя из гистограмм распределения средние значения скорости распространения продольных и поперечных волн в грунтах, а также плотности грунтов, весь диапазон изменения параметров разделен на четыре интервала с равным количеством отсчетов в каждом интервале. Границы четырех интервалов были определены в соответствии с расчетом медианы, нижней и верхней квартилей.

Показано, что для грунтов с высокими значениями V_s интенсивности значительно падают по сравнению с грунтами с низкими скоростями распространения поперечной волны при эпицентральных расстояниях менее 50 км и магнитудах менее 6. Для магнитуд более 6 подобный эффект статистически не достоверен что обусловлено недостаточным количеством записей при малых эпицентральных расстояниях. Показано, что при сравнении двух грунтов, в одном из которых $V_s > 244$ м/с, а в другом $V_s < 244$ м/с, то PNA на 5–10 гал выше на грунтах с высоким V_s при прочих равных условиях, при этом $p < 0,05$. Исследование поведения PVA показало, что такая характеристика грунта как V_s не влияет на пиковое вертикальное ускорение с $p < 0,05$.

Для грунтов с различными значениями V_p интенсивность на грунтах с высокими значениями V_p достоверно ниже, чем на грунтах с низкими значениями V_p . Отметим, что данный эффект не имеет места для событий с высокими значениями магнитуды свыше 6, где доверительные интервалы перекрываются вследствие малого количества учтенных событий. Результаты показали, что для грунтов с высокими и низкими значениями V_p разница между средними значениями PNA и PVA между грунтами с различными значениями V_p не достоверна ($p > 0,05$) для всех диапазонов изменения магнитуды и при эпицентральных расстояниях не выше 50 км.

Ключевые слова: база данных сильных движений, KNET, землетрясение, эпицентральное расстояние, скорость продольной волны, скорость поперечной волны.

INFLUENCE OF SOILS ON IMPACT PARAMETERS OF THE SEISMIC EFFECT

Kharebov K.S., Baskaev A.N., Maisuradze M.V.

Geophysical Institute of VSC RAS

The paper considers the current climate during formation of areas of geological and geophysical investigations in mountain regions in recent years. A systematic analysis of investigations was performed. It is shown that most part of the investigations is based on the properties of the massif and soils that form the territory. The aim of the article is to study the effect of the propagation velocity of longitudinal V_p and transverse V_s waves as well as the density ρ of the soil, on the real seismic effects parameters: intensity, peak acceleration, frequency. To achieve this goal, the Geophysics Institute of the VSC RAS developed a database containing 63478 three-dimensional records of earthquakes from 11/05/1996 to 31/12/2017 inclusive, including all KNET records with epicentral distance up to 50 km and intensity above 0,5 JMA. Records were kindly provided for non-commercial use by the KNET system. In the database V_p , V_s , ρ are contained in the form of tables and graphs of the sites soil up to depth of 20 m. We considered the intervals of epicentral distances 0–10, 5–15, 10–20, 15–25, 20–30, 35–45, 40–50 km and found in these intervals the mean values of V_p , V_s , ρ and seismic parameters for different magnitudes: $M > 6$, $5 < M < 6$, $4 < M < 5$, $M < 4$. Based on the distribution histograms of the mean values of V_p , V_s , ρ the entire

range of V_p , V_s , ρ was divided into four intervals with an equal number of samples in each interval. The limits of the four intervals were determined according to the calculation of the median, lower and upper quartiles.

It is shown that for soils with high values of V_s intensity significantly fall compared with soils with low propagation velocity of transverse wave at epicenter distances less than 50 km and magnitudes less than 6. This effect is statistically classed as not due to an insufficient number of entries when small epicenter distances and magnitudes over 6. It is shown that when comparing two soils, one $V_s > 244$ m/s and another $V_s < 244$ m/s, the *PHA* on 5-10 gal above on soils with high V_s *ceteris paribus*, while $p < 0,05$. The study showed that V_s does not affect peak vertical acceleration *PVA* while $p < 0,05$.

For soils with different V_p values, the intensity on soils with high V_p values is significantly lower than on soils with low V_p values. Note that this effect does not occur for events with high magnitudes greater than 6, where confidence intervals overlap due to a small number of recorded events. The results showed that for soils with high and low V_p values, the difference between the average *PHA* and *PVA* values between soils with different V_p values is not reliable ($p > 0,05$) for all magnitude ranges and for epicentral distances not exceeding 50 km.

Keywords: Strong Motions Data Base, KNET, earthquake, epicentral distance, longitudinal wave velocity, transverse wave velocity, intensity, peak vertical acceleration, peak horizontal acceleration.

Введение

Горный регион Большого Кавказа традиционно характеризуется целым рядом природно-техногенных опасностей. Здесь в последнее десятилетие произошли мощные землетрясения, сходы ледника, селей, обвалов и др. [Папалашвили и др., 1997; Заалишвили, Невская, 2003; Бергер, 2014; Заалишвили и др., 2014в, 2014ж]. Это обусловило изучение региона с самых различных сторон. Так в 2012-2014 гг. были проведены совместные исследования сотрудников Геофизического института по изучению особенностей глубинного строения и современной тектоники Большого Кавказа в Осетинском секторе по комплексу геофизических данных [Горбатиков и др., 2015]. Изучалось состояние вулкана Казбек и было проведено сопоставление его с вулканом Эльбрус на основе исследования строения и особенностей вулканических природных построек [Zaalishvili et al., 2015]. Важнейшей целью подобных исследований является возможность использования огромного потенциала вулканов. Так, специально исследовалась оценка возможности использования тепла, накопленного магматическим очагом вулкана Эльбрус во вмещающих его породах, для производства электроэнергии [Федотов и др., 2011].

Оценка сейсмической опасности грунтов при сильных землетрясениях в условиях пересеченного рельефа в горных районах представляет важнейшую составляющую таких исследований [Заалишвили, 2006; Габеева, Заалишвили, 2009]. Логическим продолжением исследований по оценке сейсмической опасности является изучение особенностей формирования сейсмической уязвимости и сейсмического риска территории, включая застройку и население урбанизированной территории [Заалишвили и др., 2008а, 2014е]. Понятно, что разработка конкретных мероприятий по защите той или иной территории является действенной основой снижения уязвимости и риска. Здесь необходимо отметить, что уже имеются предпосылки по разработке полноценной геофизической основы инженерной сейсмозащиты ответственных объектов строительства [Заалишвили, Кранцфельд, 2014д]. Другой стороной проблемы является разработка геофизической основы страхования и формирования рейтинга составляющих его элементов, позволяющих значительно снизить или, точнее, восстановить экономические потери для территорий с умеренной сейсмической активностью [Заалишвили и др., 2001; Заалишвили, 2013г]. Наконец, как показывают результаты анализа последствий сильных и разрушительных землетрясений особое внимание должно быть уделено экологическим аспектам современной урбанизированной территории при сильных землетрясениях [Бурдзиева и др., 2012].

Необходимо отметить, что в процессе сейсмического микрорайонирования или в процессе оценки уровня сейсмической опасности грунтов, когда выявляются те или иные проблемы их обоснованной дифференциации [Заалишвили, 2004, 2014а, 2014б], приходится рассматривать целый ряд тех или иных характеристик присущим последним: от показателей поглощения и спектральных характеристик, в том числе, динамических свойств грунтов, до проявляемой ими существенной физической нелинейности и их корреляционных рядов при сильных движениях

различной природы [Габеева, Заалишвили, 2006; Заалишвили и др., 2001, 2008а, 2008б; Заалишвили, 2014г]. В этой связи необходимо отметить, что важнейшей составляющей таких исследований является необходимость создания карт инженерно-геологического районирования населенных пунктов Республики Северная Осетия-Алания, как основы сейсмического микрорайонирования [Заалишвили и др., 2011; Заалишвили, 2013в].

Мониторинг тех или иных опасных событий, включая сейсмические, является важнейшей основой оценок интенсивности и особенностей их проявления [Заалишвили и др., 2012а, 2014]. При этом мониторинг может иметь разные глубины исследования и, собственно, содержание проводимых исследований: от инструментальных до описательно-информационных [Заалишвили и др., 2012б, 2012в, 2013а]. При этом основу подобных исследований в горных регионах составляют геофизические методы исследования сейсмичности природных и техногенных массивов [Заалишвили, Голик, 2013б]. Именно результаты подобных исследований позволяют с той или иной степенью обоснованности моделировать опасные природно-техногенные процессы [Еналдиев, Заалишвили, 2003; Заалишвили и др., 2008в].

Ситуация сложившаяся при формировании направлений геолого-геофизических исследований в горных регионах в последние годы показывает широкий спектр изучаемых проблем. Одним из основополагающих результатов является то обстоятельство, что в основе большей части исследований свойства массива и грунтов слагающих территорию.

В процессе формирования направлений первых научных исследований, переводящих Геофизический институт в научные учреждения РАН, была сформирована идея о разработке базы данных современных трехмерных записей реальных сейсмических событий для исследования взаимосвязей параметров сильных сейсмических движений и свойств грунтов, как и их последующий анализ [Заалишвили и др., 2002, 2013д]. При этом планировалось, что будущая база данных будет содержать стандартные характеристики землетрясения, характеристики сейсмического воздействия, зафиксированные приборами на сейсмических станциях, пространственное расположение станций и распределение характеристик грунтов по глубине или инженерно-геологическое строение площадки. Работа проводилась в течение ряда лет и в настоящее время в Геофизическом институте создана, отвечающая современным требованиям, база данных сильных движений [Харегов и др., 2016], которая ежегодно пополняется.

В последнее время в мире большое внимание уделяется изучению вариаций скоростей распространения продольной (V_p) и поперечной (V_s) сейсмической волны, а также их отношения (V_p/V_s). Исследования ведутся способами трехмерной сейсмической томографии [Zhang, Qiong, 2014]. Исследование вариаций V_p , V_s и V_p/V_s позволяет судить о наличии под землей магматического материала, воды и др. особенностей, имеющих большое значение для рассматриваемого региона.

В исследовании изучается влияние таких свойств грунтов, как: V_p , V_s , V_p/V_s , ρ на параметры проявления сейсмической активности на данной местности. Используется выборка из разработанной одним из авторов в Геофизическом институте ВНИЦ РАН база данных сильных движений [Харегов и др., 2016]. В выборке содержится 63478 записей с 11/05/1996 по 31/12/2017, среди них все записи японской системы инструментального мониторинга KNET с эпицентральной расстоянием до 50 км с интенсивностью свыше 0,5 JMA (2,17 MSK-64). Записи были любезно предоставлены для некоммерческого использования системой KNET [Kinoshita, 2003].

1. БАЗА ДАННЫХ СИЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

В базе данных Геофизического института (БГИ) величины V_p , V_s , V_p/V_s и ρ присутствуют в виде таблиц и графиков по грунтам станций вплоть до 20 м глубины (рис. 1).

Для исследования использовались средние значения V_p , V_s , V_p/V_s и ρ для каждого грунта, которые рассчитывались до глубины 20 м. Предполагалось, что последнее по глубине значение V_p , V_s , V_p/V_s и ρ соответствует основанию грунтовой толщи, и это значение распространялось до глубины 20 м. Необходимо, при этом, отметить, что разброс данных и ошибка при определении среднего достаточно велики. Например для грунта станции А1С006 средние значения, стандарт-

ное отклонение и стандартная ошибка среднего для различных параметров (скорости распространения продольных и поперечных волн, их отношение и плотности грунтов) - достаточно заметные величины (таблица 1):

Параметры проявления сейсмического события рассчитывались на основе инструментальных записей созданной базы данных БГИ [Харегов и др., 2016].

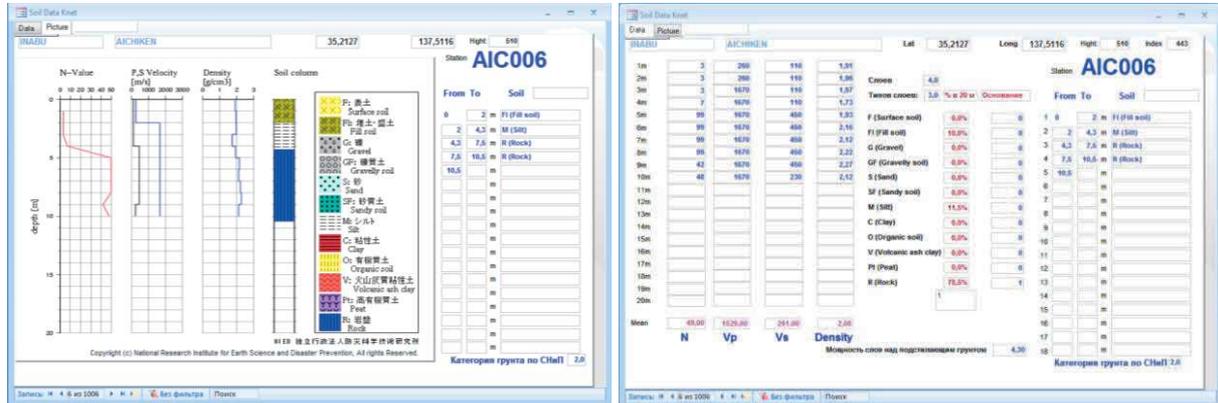


Рис. 1. Сведения о грунтах станции AIC006.

Таблица 1

Описательные статистики V_p , V_s , V_p/V_s , ρ

№	Параметр	Среднее	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка от среднего
1	V_p , М/с	1529	434,0	99,6
2	V_s , М/с	261	121,5	27,9
3	V_p/V_s	5,866	4,7780	0,9238
4	ρ , Т/М ³	2,080	0,1218	0,0279

Расчеты проводились в статистической системе «Statistica-13». Были исследованы средние величины, минимальные и максимальные значения, стандартные отклонения и стандартная ошибка среднего следующих параметров: пиковое ускорение, частота максимума спектра Фурье, средняя частота спектра Фурье, сдвиг частоты (разность между частотой максимума спектра Фурье и средней частотой спектра Фурье) – для вертикальной и горизонтальной компоненты; эпицентральное и гипоцентральное расстояние, интенсивность, V_p , V_s , ρ , отношение пикового вертикального к пиковому горизонтальному ускорению. Тест на нормальность «The tests of normality (Normal expected frequencies, Kolmogorov-Smirnov & Lilliefors test, and Shapiro-Wilk's W test)» показал нормальность выборки по представленным компонентам и, таким образом, имеются основания для проведения полноценных статистических исследований. В этой связи можно рассмотреть, например, гистограммы распределения V_s и V_p , которые имеют следующий вид (рис. 2.1 и 2.2)

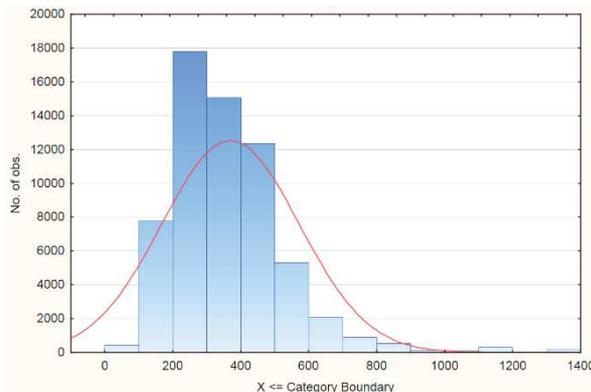


Рис. 2.1. Гистограмма распределения V_s .

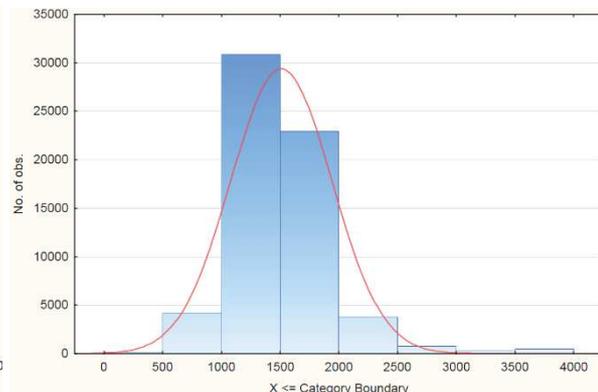


Рис. 2.2. Гистограмма распределения V_p .

2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчеты проводились в статистической системе «Statistica-13». Было проведено исследование зависимости сейсмической интенсивности; пиковых ускорений, частот максимума спектра, сдвига частоты (для горизонтальной и вертикальной компоненты) от эпицентрального расстояния при различных магнитудах. Исследована выборка для эпицентральных расстояний до 50 км.

Рассматривались интервалы эпицентральных расстояний 0–10, 5–15, 10–20, 15–25, 20–30, 25–35; 30–35; 35–45, 40–50 км и находили в этих интервалах средние для различных магнитуд: $M > 6$, $5 < M < 6$, $4 < M < 5$, $M < 4$.

Диапазон изменения величин V_s , V_p , V_p/V_s , ρ был разделен на четыре интервала, с равным количеством отсчетов в каждом интервале. Границы интервалов были определены в соответствии с расчетом нижней и верхней квартилей, а также медианы (табл. 2).

Таблица 2

Значения нижней и верхней квартилей, а также медианы для эпицентральных расстояний до 50 км

Параметр	N	Мин	Макс	Нижн. квартиль	Медиана	Верхн. квартиль	Ст. отклонение	Ст. ош. среднего
INT	63478	0,55	11,46	2,99	3,47	4,09	0,92	0,004
V_p	63478	256,0	3971,5	1271,0	1467,0	1684,0	430,73	1,710
V_s	63478	81,0	1676,00	244,0	341,0	447,0	202,29	0,803
V_p/V_s	63478	1,35	19,11	3,25	4,31	5,68	2,37	0,009
ρ	63478	1,11	2,53	1,74	1,84	1,96	0,19	0,001

3. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ ВОЛНЫ В ГРУНТАХ НА ПАРАМЕТРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Интенсивность.

В среднем, для любых магнитуд, V_p , V_s , ρ зависимость интенсивности от эпицентрального расстояния имеет вид, представленный на рис. 3.1, где представлены средние значения интенсивности (Среднее) в интервалах эпицентрального расстояния, средние значения \pm стандартная ошибка среднего (Среднее \pm S.E.), линейный тренд среднего (Линейная (Среднее)). Аналогичные результаты в виде рисунков и таблиц получены для магнитуд в интервалах: >6 , $5 \div 6$, $4 \div 5$, <4 ; и V_s : 81 м/с \div 244 м/с, 244 м/с \div 341 м/с, 341 м/с \div 447 м/с, 447 м/с \div 1700 м/с. Из рисунка можно сделать достаточно банальные выводы о том, что вблизи эпицентра интенсивность, как правило, выше, чем дальше от эпицентра. Зависимость интенсивности от эпицентрального расстояния близка к линейной с R^2 около 0,86.

Зависимость интенсивности воздействия от эпицентрального расстояния при различных магнитудах для V_s от 81 м/с до 244 м/с представлена на рисунке 3.2. Аналогичные результаты в виде рисунков и таблиц получены для V_s : 81 м/с \div 1700 м/с, 244 м/с \div 341 м/с, 341 м/с \div 447 м/с, 447 м/с \div 1700 м/с.

При рассмотрении рисунка 3.2 видно, что повышение магнитуды события ведет к росту интенсивности проявления, кроме случая с высокими магнитудами $M > 6$, когда среднее значение интенсивности падает при малых эпицентральных расстояниях. Это связано с малым количеством учтенных в БД случаев проявления события с большими магнитудами. Расчеты показывают, что допустимые интервалы интенсивности при малых эпицентральных расстояниях (0–10 км) расширяются; для грунтов с низким значением $V_s < 244$ м/с интенсивность равна $7,39 \pm 1,01$; количество случаев $N=4$, а при расстоянии 40–50 км допустимые интервалы сужаются, интенсивность равна $6,56 \pm 0,18$; $N=51$. Если рассмотреть грунты с высоким $V_s > 447$ м/с, то для эпицентральных 0–10 км интенсивность равна $8,12 \pm 0,66$; $N=7$. Допустимые интервалы для малых эпицентральных расстояний совмещаются для грунтов с малой и высокой V_s . Откуда следует, что

разница в интенсивности не значима, что обусловлено недостаточным количеством записей при малых эпицентральных расстояниях.

Статистический анализ показал, что для грунтов с высокими скоростями распространения поперечной волны ($V_s > 447$ м/с) интенсивности значимо падают по сравнению с грунтами с низкими скоростями распространения поперечной волны ($V_s < 244$ м/с), что можно увидеть из таблицы 3.

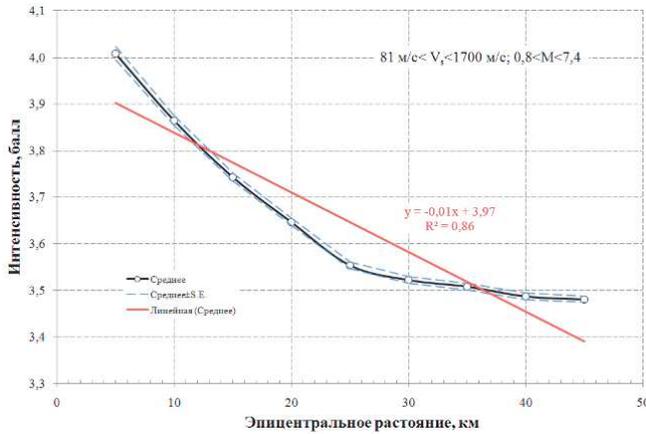


Рис. 3.1. Зависимость средней интенсивности от эпицентрального расстояния для $81 \text{ м/с} < V_s < 1700 \text{ м/с}$.

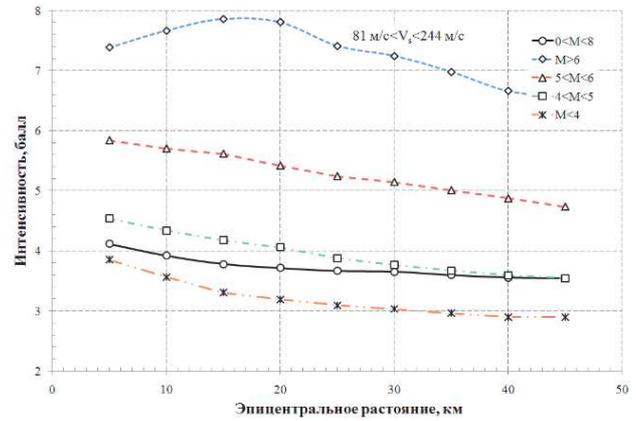


Рис. 3.2. Зависимость средней интенсивности от эпицентрального расстояния грунты с $81 \text{ м/с} < V_s < 244 \text{ м/с}$.

Таблица 3

Величины средних значений интенсивности \pm стандартная ошибка среднего и количество случаев (N) в интервалах эпицентральных расстояний для различных V_s в полном диапазоне изменения магнитуды.

V_s , м/с	81-1700	81-244	244-341	341-447	>447	
Эпицентрального расстояния, км	0-10	4,008 \pm 0,014; N=5414	4,118 \pm 0,023; N=1673	4,214 \pm 0,032; N=1138	3,972 \pm 0,030; N=1322	3,702 \pm 0,028; N=1247
	5-15	3,864 \pm 0,010; N=9143	3,922 \pm 0,020; N=2429	3,964 \pm 0,021; N=2182	3,889 \pm 0,022; N=2218	3,672 \pm 0,019; N=2204
	10-20	3,742 \pm 0,008; N=11997	3,782 \pm 0,016; N=3312	3,795 \pm 0,016; N=3073	3,729 \pm 0,018; N=2791	3,643 \pm 0,017; N=2691
	15-25	3,646 \pm 0,007; N=13582	3,717 \pm 0,015; N=3735	3,661 \pm 0,015; N=3322	3,614 \pm 0,016; N=3200	3,570 \pm 0,016; N=3231
	20-30	3,553 \pm 0,007; N=14361	3,668 \pm 0,016; N=3327	3,573 \pm 0,015; N=3508	3,532 \pm 0,015; N=3455	3,440 \pm 0,013; N=3937
	25-35	3,521 \pm 0,007; N=14787	3,651 \pm 0,016; N=3248	3,590 \pm 0,014; N=3717	3,497 \pm 0,014; N=3612	3,363 \pm 0,012; N=4074
	30-40	3,508 \pm 0,007; N=14906	3,596 \pm 0,015; N=3569	3,582 \pm 0,014; N=3803	3,486 \pm 0,014; N=3681	3,363 \pm 0,013; N=3779
	35-45	3,486 \pm 0,006; N=16047	3,555 \pm 0,014; N=3769	3,551 \pm 0,013; N=4089	3,479 \pm 0,012; N=4194	3,355 \pm 0,013; N=3931
40-50	3,480 \pm 0,006; N=16747	3,546 \pm 0,014; N=3869	3,537 \pm 0,013; N=4040	3,498 \pm 0,012; N=4577	3,339 \pm 0,012; N=4175	

Пиковые горизонтальное и вертикальное ускорения PHA, PVA.

Значения средних величин PHA и PVA (табл. 4) в четырех интервалах V_s составляют:

Таблица 4

Величины средних значений \pm стандартная ошибка среднего для различных V_s в полном диапазоне изменения магнитуды.

V_s , м/с	81-244	244-341	341-447	>447
V_s , м/с	190,66 \pm 0,3	285,88 \pm 0,22	392,11 \pm 0,26	612,01 \pm 1,98
<i>INT</i> , MSK	3,7 \pm 0,01	3,66 \pm 0,01	3,58 \pm 0,01	3,45 \pm 0,01
<i>PNA</i> , гал	19,7 \pm 0,3	23,17 \pm 0,36	22,94 \pm 0,37	23,61 \pm 0,34
<i>PVA</i> , гал	9,18 \pm 0,13	10,78 \pm 0,17	10,01 \pm 0,16	9,19 \pm 0,14

Среднее пиковое горизонтальное ускорение *PNA* приблизительно в 2,2 раза превышает *PVA* на одних и тех же грунтах (табл. 4), а *PNA* на грунтах с низким V_s (<244 м/с) значительно ниже, чем на грунтах с высоким V_s (>447 м/с). Для проверки этого эффекта была проверена зависимость *PNA* от эпицентрального расстояния на грунтах с различными значениями V_s . На рисунках 4.1 и 4.2 представлены зависимости *PNA* от эпицентрального расстояния при всех магнитудах. Результаты изучения зависимостей показали, что для всего диапазона магнитуд средние значения *PNA* для грунтов с высокими значениями V_s (>447 м/с) значительно выше, чем для грунтов с низкими значениями V_s (<244 м/с) для эпицентральных расстояний от 10 до 50 км. Для эпицентрального расстояния от 0 до 10 км разница между аналогичными значениями *PNA* не значима, как следует из рисунка 4.1 ($PNA=40,1\pm 2,1$) во всем диапазоне изменения магнитуды. Для значений V_s свыше 244 м/с и менее 447 м/с разница между средними значениями *PNA* не значима (рис. 4.2).

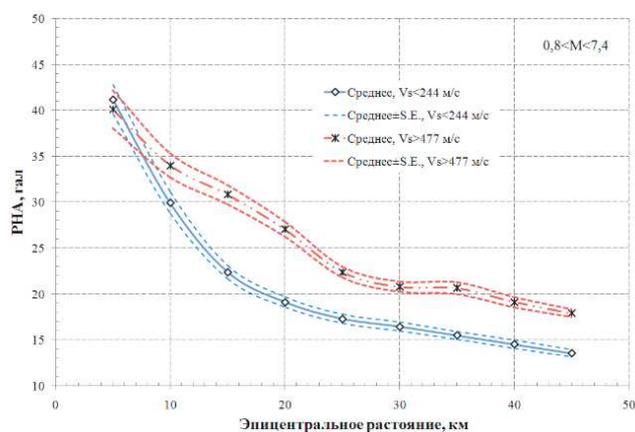


Рис. 4.1. Зависимость *PNA* от эпицентрального расстояния для $V_s < 244$ м/с и $V_s > 447$ м/с.

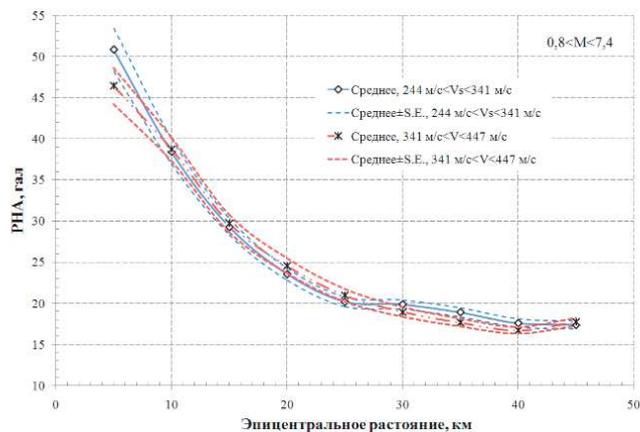


Рис. 4.2. Зависимость *PNA* от эпицентрального расстояния для 244 м/с < $V_s < 341$ м/с и 341 м/с < $V_s < 447$ м/с.

Таким образом, разница между средними значениями *PNA* для значений V_s свыше 244 м/с незначима. Разница между средними значениями *PNA* для значений V_s ниже и выше 244 м/с значима при эпицентральных выше 15 км. Если же сравнивать два грунта, в одном из которых скорость распространения поперечной волны превышает 244 м/с, а в другом менее 244 м/с, то *PNA* на 5–10 гал выше на грунтах с высоким V_s при прочих равных условиях, при этом $p < 0,05$. Расчет показал, что такая же разноречивая картина наблюдается и для интервалов магнитуд: $>6, 5 \div 6, 4 \div 5, <4$ (рис. 5). При малых эпицентральных расстояниях (<15 км) разница между средними значениями *PNA* в четырех интервалах магнитуд незначима. Таким образом, можно утверждать, что различие между грунтами в том случае, когда скорости распространения поперечной волны превышают 244 м/с не влияет на *PNA*.

Для $M < 6$ зависимость P/A от эпицентрального расстояния весьма схожа на рисунке 4.1, а при $M > 6$ разница в зависимости от эпицентрального расстояния средних значений P/A зависимость не значима, хотя ускорения и превышают 500 гал ($\text{см}/\text{с}^2$).

Исследование поведения PVA показало, что такая характеристика грунта как V_s не влияет на пиковое вертикальное ускорение с $p < 0,05$.

Также было рассмотрено отношение $PVA/P/A$ (рис. 5). Результаты расчета показали, что на грунтах с высокой скоростью V_s отношение $PVA/P/A$ ниже, чем на грунтах с низкой V_s . При этом для магнитуд свыше 5 различие в $PVA/P/A$ для грунтов с высоким и низким значением V_s статистически не значимо. Также было обнаружено, что с ростом магнитуды отношение $PVA/P/A$ значимо падает для грунтов с низким значением V_s , в то время как на грунтах с высоким значением V_s магнитуда не влияет на $PVA/P/A$.

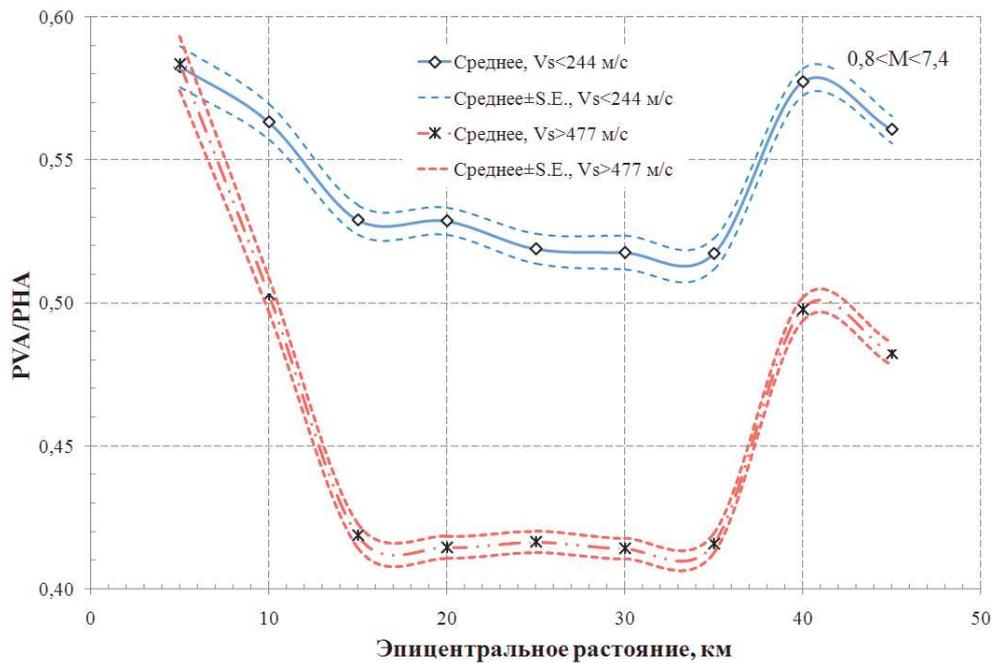


Рис. 5. Зависимость $PVA/P/A$ от эпицентрального расстояния для грунтов с различными V_s .

4. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ ВОЛНЫ В ГРУНТАХ НА ПАРАМЕТРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Рассматриваются четыре интервала скорости распространения продольной волны в грунтах V_p : 256 м/с ÷ 1271 м/с, 1271 м/с ÷ 1467 м/с, 1467 м/с ÷ 1684 м/с, 1684 м/с ÷ 3972 м/с.

Интенсивность

Для средних величин (табл. 5) в четырех интервалах V_p значения INT , V_p , P/A и PVA составляют:

Таблица 5

Величины средних значений интенсивности ± стандартная ошибка среднего для различных V_p в полном диапазоне изменения магнитуды.

V_p , м/с	<1271	1271 - 1467	1467 - 1684	>1684
INT , MSK	3,7±0,01	3,59±0,01	3,57±0,01	3,53±0,01
V_p , м/с	1050,63±1,60	1383,60±0,44	1571,12±0,54	2037,96±3,40
P/A , гал	23,09±0,34	20,54±0,32	22,11±0,38	23,64±0,32
PVA , гал	10,59±0,16	9,65±0,15	9,65±0,17	9,24±0,13

Из таблицы 5 следует, что средняя интенсивность проявления значимо ниже на грунтах с высокими значениями V_p .

На рисунках 6.1 и 6.2 можно сравнить результаты расчетов влияния грунтов с различными V_s и V_p на среднюю интенсивность по всему интервалу изменения магнитуд.

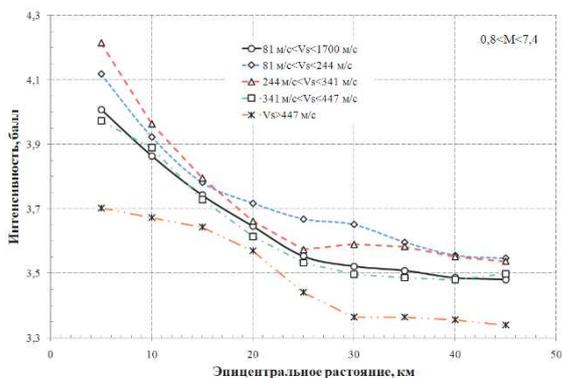


Рис. 6.1. Зависимость средней интенсивности от эпицентрального расстояния для грунтов с различной V_s .

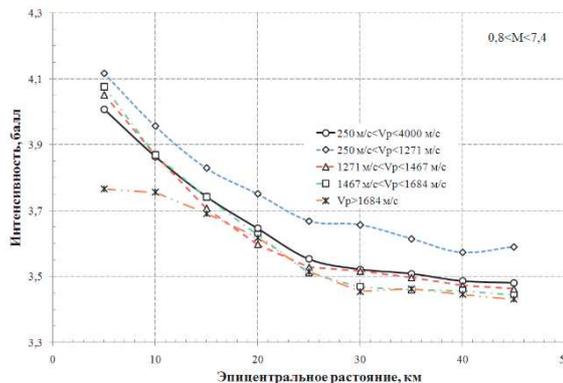


Рис. 6.2. Зависимость средней интенсивности от эпицентрального расстояния для грунтов с различной V_p .

Значения интенсивности на рисунке 6.1 в интервале эпицентральных расстояний 0-50 км находятся между кривой соответствующей грунтам с высокой скоростью распространения поперечных волн — $V_s > 447 \text{ м/с}$ и кривой соответствующей грунтам с низкой скоростью — $V_s < 244 \text{ м/с}$. Весьма схожая картина наблюдается для скорости распространения продольных волн (рис. 6.2), с той разницей, что значения интенсивности ограничены кривой с $V_p > 1467 \text{ м/с}$ и кривой с $V_p < 1271 \text{ м/с}$. Наблюдается достоверное увеличение средней интенсивности для грунтов с низкими значениями V_s и V_p и наоборот: наблюдается достоверное уменьшение средней интенсивности для грунтов с высокими значениями V_s и V_p . Аналогичные расчеты были проделаны для грунтов с различными значениями V_p и для интервалов магнитуд: $>6, 5 \div 6, 4 \div 5, <4$. Результаты показали, что интенсивность на грунтах с высокими значениями V_p достоверно ниже, чем на грунтах с низкими значениями V_p . Отметим, что данный эффект не имеет место для событий с высокими значениями магнитуды свыше 6, где доверительные интервалы перекрываются вследствие малого количества учтенных событий.

PNA, PVA.

В полном диапазоне изменения магнитуды среднее пиковое горизонтальное ускорение *PNA* приблизительно в 2,2 раза превышает *PVA* на одних и тех же грунтах (табл. 5). Наблюдается значимое уменьшение среднего значения *PVA* на грунтах с высоким V_p . Изменение среднего значения *PNA* на грунтах с разными V_p незначимо.

Было проведено подробное исследование зависимости *PNA* от эпицентрального расстояния на грунтах с различными значениями V_p и рассматривая события с различными магнитудами. Результаты показали, что разница между средними значениями *PNA* и *PVA* между грунтами с различными значениями V_p не достоверна ($p > 0,05$) для всех диапазонов изменения магнитуды и при эпицентральных не выше 50 км. Соответствующие графики и таблицы не приводятся, чтобы не загромождать текст статьи, но они имеются у авторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для исследования использовалась выборка из базы данных сильных движений Геофизического института ВНИЦ РАН содержащая 63478 трехмерных записей землетрясений начиная с 11/05/1996 по 31/12/2017 включительно, среди них все *KNET* записи с эпицентральной расстоянием до 50 км с интенсивностью свыше 0,5 *JMA*. Выборка содержит скорости распространения

продольных и поперечных волн, плотности в грунтах станций вплоть до 20 м глубины, а также рассчитанные параметры проявления сейсмического события на станции.

В процессе исследования рассматривались интервалы эпицентральных расстояний: 0–10, 5–15, 10–20, 15–25, 20–30, 35–45, 40–50 км. В этих интервалах находили средние значения амплитудных параметров проявления сейсмических событий – интенсивности и ускорений. Рассмотрены интервалы магнитуд: $M > 6$, $5 < M < 6$, $4 < M < 5$, $M < 4$. Исходя из гистограмм распределения диапазоны изменения скорости распространения продольных и поперечных волн в грунтах, а также плотности грунтов разделены на четыре интервала с равным количеством отсчетов в каждом интервале. Границы интервалов были определены в соответствии с расчетом медианы, нижней и верхней квартилей.

Показано, что для грунтов с высокими значениями V_s интенсивности значительно падают по сравнению с грунтами с низкими скоростями распространения поперечной волны при эпицентральных расстояниях менее 50 км и магнитудах менее 6. Для магнитуд более 6 подобный эффект статистически не достоверен что обусловлено недостаточным количеством записей при малых эпицентральных расстояниях. Показано, что при сравнении двух грунтов, в одном из $V_s > 244$ м/с, а в другом $V_s < 244$ м/с, то PNA на 5–10 гал выше на грунтах с высоким V_s при прочих равных условиях, при этом $p < 0,05$. Исследование поведения PVA показало, что такая характеристика грунта как V_s не влияет на пиковое вертикальное ускорение с $p < 0,05$.

Для грунтов с различными значениями V_p интенсивность на грунтах с высокими значениями V_p достоверно ниже, чем на грунтах с низкими значениями V_p . Отметим, что данный эффект не имеет место для событий с высокими значениями магнитуды свыше 6, где доверительные интервалы перекрываются вследствие малого количества учтенных событий. Результаты показали, что для грунтов с высокими и низкими значениями V_p разница между средними значениями PNA и PVA между грунтами с различными значениями V_p не достоверна ($p > 0,05$) для всех диапазонов изменения магнитуды и при эпицентральных не выше 50 км.

Влияние V_p/V_s , ρ на параметры реального сейсмического воздействия а также характер зависимости частотных характеристик от V_s , V_p , V_p/V_s , ρ будет рассмотрен в наших следующих статьях.

Литература

1. Бергер М.Г., Заалишвили В.Б. Об эволюции и современном состоянии представлений некоторых гляциологов о катастрофе на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 г. Список л. В. Десинова: факты и артефакты //Геология и геофизика Юга России. 2014. № 4. С. 110-121.
2. Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Об экологических аспектах современной урбанизированной территории при сильных землетрясениях //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012. № 3. С. 62-67.
3. Габеева И.Л., Заалишвили В.Б. Анализ колебаний нелинейной, поглощающей грунтовой среды по данным интрузионального метода сейсмического микрорайонирования // В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе Труды I Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А, Заалишвили В.Б. (редактор), Владикавказский научный центр РАН и РСО-А. 2006. С. 205-211.
4. Габеева И.Л., Заалишвили В.Б. Определение влияния рельефа на формирование интенсивности землетрясения с учетом типа грунтов, слагающих толщу //В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе Труды III Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А; редакторы: Николаев А.В., Заалишвили В.Б.. 2009. С. 105-107.
5. Горбатиков А.В., Рогожин Е.А., Степанова М.Ю., Харазова Ю.В., Андреева Н.В., Передерин Ф.В., Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Дзобоев Б.А., Габараев А.Ф. Особенности глубинного строения и современной тектоники Большого Кавказа в Осетинском секторе по комплексу геофизических данных // Физика Земли. 2015. № 1. С. 28.

6. Еналдиев А.Ф., Заалишвили В.Б. Моделирование процессов природных катастроф //В сборнике: Информационные технологии и системы: новые информационные технологии в науке, образовании, экономике Материалы Международной научно-технической конференции. 2003. С. 168-174.
7. Заалишвили В.Б., Тимченко И.Э., Джавришвили И.А., Отинашвили М.Г. Расчет нелинейных колебаний грунтовой толщи с помощью численного способа МКЭ "Limit-1" сейсмического микрорайонирования //В книге: IV Российская национальная конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию с международным участием. 2001. С. 44.
8. Заалишвили В.Б., Гогмачадзе С.А., Отинашвили М.Г., Заалишвили З.В. Метод рейтинговой оценки территории для целей страхования //В книге: IV Российская национальная конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию с международным участием. 2001. С. 166.
9. Заалишвили В.Б., Харебов А.К., Харебов К.С. Комплекс вычислительных программ «НСВ-2» для обработки инструментальных записей природных и техногенных катастроф //Труды Международной конференции «Информационные технологии и системы: наука и практика». – Владикавказ. – 2002. – С. 399–401.
10. Заалишвили В.Б., Невская Н.И. Сход ледника Колка 20 сентября 2002 года и задачи информационных технологий изучения природных систем //В сборнике: Информационные технологии и системы: новые информационные технологии в науке, образовании, экономике Материалы Международной научно-технической конференции. 2003. С. 175-180.
11. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование при изменяющемся уровне сейсмического воздействия //В сборнике: Будівельні конструкції Міжвідомчий науково-технічний збірник. Будівництво в сейсмічних районах України. Збірник наукових праць. Київ, 2004. С. 149-156.
12. Заалишвили В.Б., Габеева И.Л., Гогмачадзе С.А. Оценка сейсмической опасности грунтов при сильных землетрясениях в условиях пересеченного рельефа в горных районах //В книге: Системные исследования современного состояния и пути развития Юга России (природа, общество, человек) Тезисы докладов международной научной конференции. 2006. С. 135-136.
13. Заалишвили В.Б., Мажиев Х.Н., Габеева И.Л. Сейсмический риск существующей застройки на территории г.Владикавказа //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. № 4. 2008а. С. 40-43.
14. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В. Особенности динамического поведения грунтов территории г. Владикавказа //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. № 2. 2008б. С. 67-71.
15. Заалишвили В.Б., Музаев И.Д., Туаева Ж.Д. Математическое моделирование сейсмических колебаний грунтовой толщи в основании застройки //В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А, Заалишвили В.Б. (редактор), Владикавказский научный центр РАН и РСО-А. 2008в. С. 290-298.
16. Заалишвили В.Б., Короткая Н.А. Управление сейсмическим риском и уязвимость территории при сейсмическом воздействии //В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе Труды III Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А; редакторы: Николаев А.В., Заалишвили В.Б.. 2009. С. 159-165.
17. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Габараев А.Ф., Дзэбоев Б.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шемпелев В.Д. Использование микросейсм при уточнении карт инженерно-геологического районирования территории, являющихся основой сейсмического микрорайонирования //В сборнике: Наука и образование в Чеченской республике: состояние и перспективы развития Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 10-летию со дня основания КНИИ РАН. Ответственный редактор: Батаев Дена Карим-Султанович. 2011. С. 335-342.
18. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Трофименко С.Н., Шемпелев А.Г. Глубинные геофизические исследования в северо-кавказском федеральном округе: проблемы глубинной геологии и геофизики в региональных исследованиях. О зоне предполагаемого Ардонского межглыбового разлома //Геология и геофизика Юга России. 2012а. № 2. С. 11-20.
19. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Шемпелев А.Г. Мониторинг опасных геологических процессов в зоне предполагаемого Ардонского разлома и на участке трассы

- газопровода от сел. Дзуарикау до границы РСО-Алания //Геология и геофизика Юга России. 2012б. № 4. С. 25-32.
20. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С. Информационная система обеспечения градостроительной деятельности на основе информационной базы данных сейсмичности и сейсмического риска //Информатизация и связь. 2012в. № 5. С. 14-18.
 21. Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Информационный мониторинг распределённых физических полей в пределах урбанизированной территории // Геология и геофизика Юга России. 2013а. № 4. С. 8-16.
 22. Заалишвили В.Б., Голик В.И. Геофизические методы исследования сейсмичности природных и техногенных массивов //Владикавказ, 2013б.
 23. Заалишвили В.Б., Джгмадзе А.К., Гогичев Р.Р. О создании карт инженерно-геологического районирования населенных пунктов Республики Северная Осетия-Алания, как основы сейсмического микрорайонирования //Геология и геофизика Юга России. 2013в. № 3. С. 20-28.
 24. Заалишвили В.Б. Рейтинговая оценка урбанизированной территории для целей страхования //В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе Труды V Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Редактор: В. Б. Заалишвили. 2013г. С. 160-174
 25. Заалишвили В.Б., Харегов К.С., Харегов А.К. Статистический анализ параметров базы данных сильных грунтовых движений //Геология и геофизика Юга России. 2013д. № 4. С. 17-22.
 26. Заалишвили В.Б. Некоторые проблемы практической реализации сейсмического микрорайонирования. Факторы, формирующие интенсивность землетрясения //Геология и геофизика Юга России. 2014а. № 3. С. 3-39.
 27. Заалишвили В.Б. Зависимость спектральных характеристик сейсмических волн от строения верхней части разреза //Геология и геофизика Юга России. 2014б. № 4. С. 15-44.
 28. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Габараев А.Ф., Шепелев В.Д. Сход каменно-ледовой лавины в районе ледника Девдорак 17 мая 2014 года по инструментальным данным //Геология и геофизика Юга России. 2014в. № 4. С. 122-128.
 29. Заалишвили В.Б. Корреляционные взаимосвязи между линейными и нелинейными характеристиками грунтов по инструментальным данным //Геология и геофизика Юга России. 2014г. № 4. С. 45-57.
 30. Заалишвили В.Б., Кранцфельд Я.Л. Геофизическая основа инженерной сейсмозащиты ответственных объектов строительства //Геология и геофизика Юга России. 2014д. № 1. С. 39-50.
 31. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Невский Л.Н., Архиреева И.Г. Оценка сейсмического риска урбанизированной территории //Геология и геофизика Юга России. 2014е. № 2. С. 22-29.
 32. Заалишвили В.Б., Леонов Ю.Г. и др. ЛЕДНИК КОЛКА: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА. Владикавказ, 2014ж.
 33. Папалашвили В.Г., Варазанашвили О.Ш., Гогмачадзе С.А., Заалишвили В.Б., Кипиани Д.Г., Махатадзе Л.Н., Мухадзе Т.Г., Чачава Т.Н., Аивазишвили И.В. Рача-Джавское землетрясение 29 апреля 1991 г. //В сборнике: Землетрясения в СССР в 1991 году Сборник научных трудов. Москва, 1997. С. 18-25.
 34. Федотов С.А., Уткин И.С., Заалишвили В.Б., Уткина Л.И. Оценка возможности использования тепла, накопленного магматическим очагом вулкана Эльбрус во вмещающих его породах, для производства электроэнергии //Геология и геофизика Юга России. 2011. № 1. С. 32-37
 35. Харегов К.С., Баскаев А.Н., Хубежты Ш.С. Свойства параметров грунтовых движений вблизи очага //Геология и геофизика Юга России. – 2016. – №4. – С. 67–78.
 36. Kinoshita S. Kyoshin Net (K-NET), Japan. Int. Handbook of Earthquake and Engineering seismology. – 2003. – V. 81B. – Pp. 1049–1056.
 37. Zaalishvili V.B., Nevskaya N.I., Nevskii L.N., Shempelev A.G. Geophysical fields above volcanic edifices in the North Caucasus //Journal of Volcanology and Seismology. 2015. T. 9. № 5. С. 333-338.
 38. 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.

УДК: 553.041

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-25-30

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ОСАДОЧНОГО ПОКРОВА ДНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Черкашин В.И., Сабанаев К.А., Гаджиева Т.Р., Исаева Н.А., Меликов М.М.

Институт геологии ДНЦ РАН

*«Каспий занимает впадину
весьма сложного геологического строения,
где до сих пор не затихли тектонические движения»
(акад. Н.И. Андрусов)*

На основе обобщения новых геолого-геофизических данных последних лет дана краткая характеристика нефтегазовых комплексов в перспективных областях с учетом возможных масштабов нефтегазонакопления. Обоснованы перспективы нефтегазоносности комплексов различных тектонических зон акватории Каспийского моря.

Ключевые слова: Каспийский регион, осадочный чехол, структура, прогиб, нефтегазоносность.

TECTONIC STRUCTURE AND PERSPECTIVES OF OIL AND GAS SEDIMENTARY COVER OF THE BOTTOM OF THE CASPIAN SEA

Cherkashin V.I., Sabanaev K.A., Gadzhieva T.R., Isaeva N.A., Melikov M.M.

Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS

On the basis of generalization of new geological and geophysical data, the last years have given a brief description of the oil and gas complex in the perspective of the-fields of oil and gas, taking into account the possible reduction. The prospects oil and gas complexes of different tectonic zones of the water area of the Caspian mo convent.

Keywords: Caspian region, the sedimentary cover, structure, bending, oil and gas content.

До настоящего времени почти все объемы поисково-разведочных работ и геофизических исследований так или иначе связаны с осадочным чехлом Восточно-Европейской платформы в пределах Скифско-Туранской плиты и областью альпийской складчатости под дном акватории Каспия. Здесь сосредоточены значительные объемы физически связанных природных вод, так называемых подошвенными напорными водами, объем которых в несколько раз превышает массу вод современного Каспия. Они, вероятно, подпитывают всю мощность осадочного чехла, поэтому в настоящее время придается особое значение подземной гидросфере в создании саморегулирующей геодинамической системы Каспийского моря [1].

Общеизвестно, что нефтегазопроявления, выходящие на поверхность в прибрежной части Каспия были известны со времен Плутарха и Македонского и использовались в больших объемах в народном хозяйстве. Параллельно с этим росла добыча нефти и газа. Уместно отметить, что в 20-м веке только в Азербайджане было добыто более 1,5 млрд т нефти и около 500 млрд м³ газа. Современные перспективы нефтегазоносности Азербайджана связаны с Южно-Каспийской впадиной, ограниченной Терско-Кумской низменностью, Мангышлакской и Карабогазгольской нефтегазоносными областями, продуктивность которой установлена в карбонатных отложениях юры и мела. Северной границей Южно-Каспийской впадины является Апшеронский порог, где перспективы нефтегазоносности связаны с продуктивной толщей (средний плиоцен) и в меньшей степени с верхним плиоценом [2]. Величайшим открытием последних 10 лет считается ввод в разработку Шах-Денизского газонефтяного месторождения открытого на территории Южно-Каспийской впадины с запасом газа 1 трлн м³ и конденсата 300 млн т В связи с падением добычи на основных месторождениях Азербайджана стало жизненно необходимым ускорение освоения нефтегазового потенциала Каспийского региона.

В последние годы повысился интерес и к Иранскому побережью в связи с пересмотром результатов раннее проведенной гравиразведки данные которой позволили определить три крупные аномалии силы тяжести: Пехлевийский минимум в юго-западной части, Горганский - в юго-восточной части и разделяющий их Сефидрудским максимумом силы тяжести. Предположительно Пехлевийский минимум связан с Апшеронско-Кобыстанским и Сефидрудским максимумами, а Горганский минимум обусловлен связью западного Копет-Дага с Эльбурсом. Сейсмо-разведочными работами на территории южного Каспия выявлено около 40 поднятий субмеридионального простирания у западной государственной границы с глубинами моря до 90 – 100 м.

В 2016 г. во время встречи 3-х президентов: В.В.Путина (Россия), Х. Рухани (Иран) и И.Г.Алиева (Азербайджан) планировалось обсудить программу совместного освоения перспективных территорий в Южной части Каспийского моря путем создания совместных предприятий и вовлечением капитала НК «Роснефть» и «Зарубежнефть», «Казахстан-Мунай-газ». Этим проектом также планировалось решить и некоторые теоретические вопросы по определению границ Скифской плиты и ее взаимодействие с окружающими геоструктурами. Кроме того, в геологическом отношении Южно - Каспийская впадина является одной из крупнейших депрессий альпийской складчатой области, образованная после закрытия палеоокеана Тетис в мезозойско-кайнозойское время. Не менее важно установить закономерности распределения залежей УВ в пределах южного Каспия.

Новые открытия последних десятилетий свидетельствуют о том, что нефтяные и газовые залежи на южном Каспии приурочены к периферийным частям зон нефтегазоаккумуляции. Наравне с этим остается еще не решенной перспективность территории южнее поднятий им. Везирова, Апшерон и др. Основные перспективы следует связывать с центральными зонами Южно-Каспийской впадины, где наиболее вероятно открытие газовых залежей [3]. Несмотря на то, что Каспий является одним из всесторонне изученных акваторий нашей страны, но еще далеко не все проблемы, связанные с ним, нашли свое однозначное и окончательное решение. Над этими задачами сегодня работают большие коллективы геологов, геофизиков, в том числе и стратиграфов, данные которых позволяют уточнить границы исследуемых горизонтов.

Накопление отложений, обогащенных органическим веществом (ОВ) в палеобассейнах и возникновение благоприятных для этого условий осадконакопления имеет важное фундаментальное научное и практическое значение, так как способствует разработке критериев для поисков углеводородного сырья. Мезозойские отложения Большого Кавказа и Предкавказья на разных стратиграфических уровнях в большей или меньшей степени обогащены ОВ. Анализ и обобщение результатов седиментологического и био-стратиграфического изучения верхнеюрских и нижнемеловых осадочных толщ показывают, что их специфической особенностью является широкое распространение обогащенных ОВ отложений.

На границе юры и нижнего мела территория Дагестана и прилегающая к нему часть Азербайджана была подвергнута горообразовательным движениям. К этому времени приурочено образование складчатости в зонах Главного и Бокового хребтов Кавказа. Некоторые участки данной территории были выведены на дневную поверхность, другие же наоборот, представляли собой громадные геосинклинальные прогибы, где откладывались мощные толщи осадочных пород.

В связи с региональной нефтегазоносностью верхнеюрских и нижнемеловых отложений, залегающих на значительной глубине на промысловых площадях Дагестана, появилась необходимость их детального расчленения. Используя имеющиеся данные по стратиграфии верхнеюрских и нижнемеловых отложений, были составлены схемы расчленения верхнеюрских и нижнемеловых отложений, которые легли в основу всех дальнейших геологических исследований по верхней юре и нижнему мелу Дагестана.

При этом очень важное значение приобретает дальнейшая детализация и разработка схем био-стратиграфического расчленения. Бурение площадей на нижнемеловую, а затем и верхнемеловую нефть обусловило бы расширение работ в области изучения фораминифер. В результате

проведенных исследований будет установлена закономерность в распределении фораминифер как по разрезам естественных обнажений, так и по разрезам нефтеразведочных площадей, выделение микрофаунистических комплексов, а также характерных видов, уточнение объемов и границ стратиграфических подразделений на основе изучения филогенетического развития некоторых групп фораминифер.

На основании детальных исследований фораминифер и стратиграфии юрских и меловых отложений стало возможно проводить стратиграфическое расчленение и корреляцию как естественных обнажений, так и разрезов скважин.

В настоящее время площадь поверхности Каспия составляет 371 тыс. км², максимальная глубина 1010 м, а уровень воды на 28 м ниже уровня Мирового океана, причем он понизился за последнее десятилетие более чем на 2 м. Основным источником сноса на Каспии является терригенный материал тектонических элементов: Русской платформы, Скифско-Туранской плиты и альпийской складчатой системы. Наиболее древними из выявленных пород являются карбонатные и терригенные породы нижнего карбона общей мощностью до 650 м, а также отложений перми, юры, мела и кайнозоя. Вследствие устойчивого прогибания в течение всего альпийского тектонического цикла в Южно-Каспийской впадине отложилось более 10 км осадков неоген-четвертичного возраста. Установлено, что Скифско-Туранская плита отделяется от Южно-Каспийской впадины Туркмено-Предкавказским глубинным разломом глубокого заложения, протягивающегося от Ашхабада вдоль южного подножья Большого Куба-Дага, через средний Каспий и Предкавказье, Аграханский п-в и далее на запад. В полосе хорошо изученной дагестанской части западного борта Каспия выявлен целый ряд антиклинальных поднятий, вытянутых в общекавказском направлении. По ряду косвенных признаков в море выделена еще одна – Приморская тектоническая зона, расположенная параллельно сухопутной и осложненная продольным Дербентским разломом. Южнее складок прибрежного Дагестана расположен Кусаро-Дивичинский прогиб, имеющий наложенный характер. Зоны коренных пород от апшерона до верхнемеловых создают надводные гряды с резко выраженными антиклиналями (Советабад, Яшма-море и др.). Современный Каспий является уникальным бассейном земного шара, который сложен осадочными образованиями от палеозоя до современных осадков. Территория моря изобилует естественными нефтегазопроявлениями, в прибрежной части суши потухшими и действующими грязевыми вулканами. Каспийское море почти со всех сторон окружено нефтегазоносными регионами и открытыми нефтегазовыми месторождениями, что свидетельствует о концентрации скоплений нефти и газа. На юге Каспийского моря, на побережье Северного Ирана также известны проявления нефти и газа из отложений миоцена и майкопа. К настоящему времени специалистами Кавказа и Ирана сделано обобщение фактических данных и издано множество книг и монографий по открытым месторождениям, начиная с 1863 г. до наших дней. В северном Каспии поверхность докембрийского фундамента залегает на глубине 5-7 км. Южная часть Северного Каспия ограничена Терско-Кумской, Мангышлакской, Прикарабогазгольской нефтегазоносными областями, где продуктивными являются отложения юры и мела. Южнее Калмыцких степей в объеме перми, триаса, юры и мела открыты многопластовые нефтяные и газовые месторождения. Дальнейшие перспективы связаны с нижнемеловыми отложениями Прикумского вала. В складчатой области западного берега Каспийского моря по верхнемеловым отложениям выявлена залежь нефти в Избербаше, Махачкале и на Димитровском месторождении. Залежи в среднем миоцене были открыты в Инче-море. На северном Каспии перспективны подсолевые докунгурские отложения: пермские, каменноугольные, девонские, а в пределах эпигерценской платформы Каспия протягиваются геоструктурные элементы Предкавказья и Мангышлака. В пределах северо-западного Каспия представляют особый интерес вал Карпинского и Прикумский вал, где залежи нефти и газа связаны с юрскими и меловыми отложениями. В Прикумско-Кубинской зоне перспективы нефтегазоносности связаны меловыми, палеогеновыми, эоценовыми и миоценовыми отложениями. Централью Южно-Каспийская зона, располо-

жена между нефтегазоносными зонами Бакинского архипелага на западе и Западно-Туркменской на востоке. Определенный интерес в нефтегазоносном отношении представляет Российский сектор акватории Каспийского моря, тектонические особенности которого хорошо иллюстрированы в материалах докторской диссертации А.И. Летавина (1987), принципиальные позиции которой не потеряли свою актуальность до настоящего времени. С учетом полученных новых данных за последние 15 лет в пределах Северного Кавказа составлена схема тектонического и нефтегазогеологического районирования Каспийского мегабассейна, в основу которой заложены структурно-вещественные признаки с учетом возраста складчатости, глубины залегания кристаллического фундамента и объема консолидированной коры (рис. 1).

Приподнятый сложный кряж Карпинского отделяет часть Восточно - Манычского прогиба от Прикумско-Тюленевского вала, который на востоке расплывается в пределах Восточно-Манычского прогиба. Перепад поверхности пермо-триаса в направлении Тюленеостровного выступа по фундаменту ступенчато погружается до 4-х км в сторону Тюбе-Караганской зоны поднятий. В северо-западной части кряжа Карпинского палеозойские отложения выставлены на поверхность, образуя восточную часть складчатого Донбасса. Зона Манычских прогибов представляет собой глубокий грабен в структуре палеозоя, связанный с пермо-триасовым этапом его развития. Шарнир прогиба по поверхности фундамента погружается в восточном направлении от 2,3 до 5,5 км на меридиан Красного Камышанника и представляет собой длительно развивающую узкую депрессию, связанную с одноименной зоной продольных глубинных разломов у озера Маныч-Гудило. В антропогене на большей части прогиба опускания прекратились полностью. Большую часть Скифско-Туранской плиты занимает обширная Терско-Кумская впадина, которая на юге сливается с платформенным склоном палеоген-неогенового Терско-Каспийского передового прогиба протяженностью более 200 км.

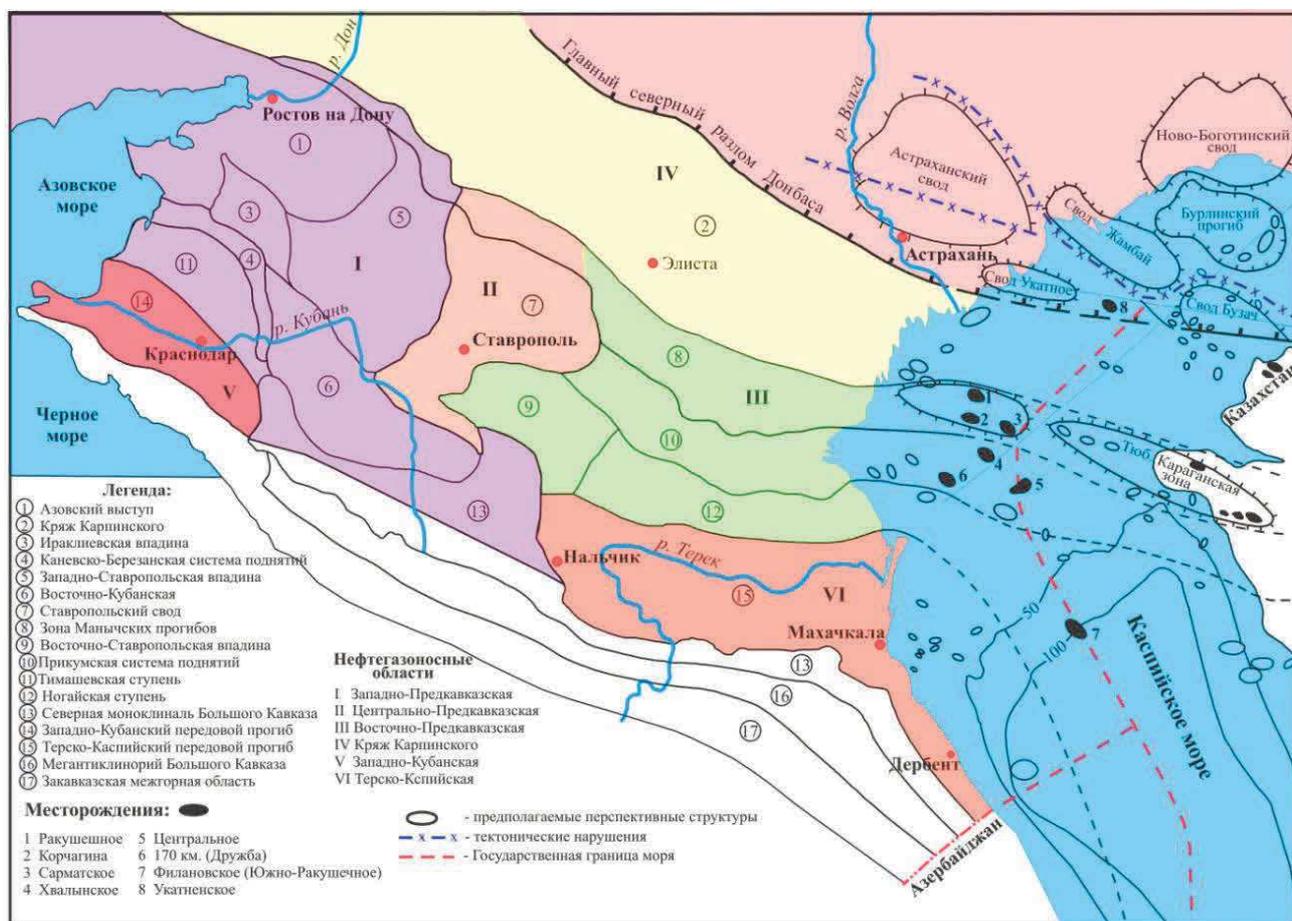


Рис.1. – Схема геотектонического и нефтегазогеологического районирования

Каспийского мегабассейна.

В районе острова Тюлений сейсморазведочными работами выявлен выступ по фундаменту (триасовым отложениям) с 11-ю блок-структурами органически связанные с Прикумским валом, поэтому эти блок-структуры объединены и рассматриваются как единое Тюленеостровное поднятие. Южный склон этого поднятия, выполаживаясь, переходит в пологую Ногайскую тектоническую ступень, ширина которой у побережья Каспия достигает до 30-ти км. (Сабанаев К.А., Черкашин В.И, 2008 г). Прикумско-Тюленевский вал с запада на восток объединяет выступы палеозойского фундамента, надразломные образования (тафрогеосинклинали) – Озек-Суатский, Сухокумский, Майско-Капиевский, Бажиганский, Комсомольско-Тереклинский, Таловский и др. протяженностью более 200 км. Наиболее высокое положение фундамента фиксируется в пределах Озек-Суатского блока (-3350 м), который наблюдается вплоть до Кизлярского залива, где глубина залегания фундамента составляет 5,5 км с погружением на севере до 6,5 км, а на юге – до 9,0 км. Примечателен тот факт, что при их испытании получены обильные признаки нефти и газа. Это обстоятельство позволяет предположить о возможном существовании здесь залежей нефти и газа в осадочно-вулканогенном переходном комплексе вдоль выступов палеозойского фундамента (Сабанаев К.А., 2007 г.). Южнее Прикумско-Тюленевского вала располагается Ногайская ступень, в большей части которой отсутствуют юрские отложения. По поверхности фундамента на этой территории выделяется несколько крупных поднятий и прогибов, выполненных мощными вулканогенными отложениями (рис.2).

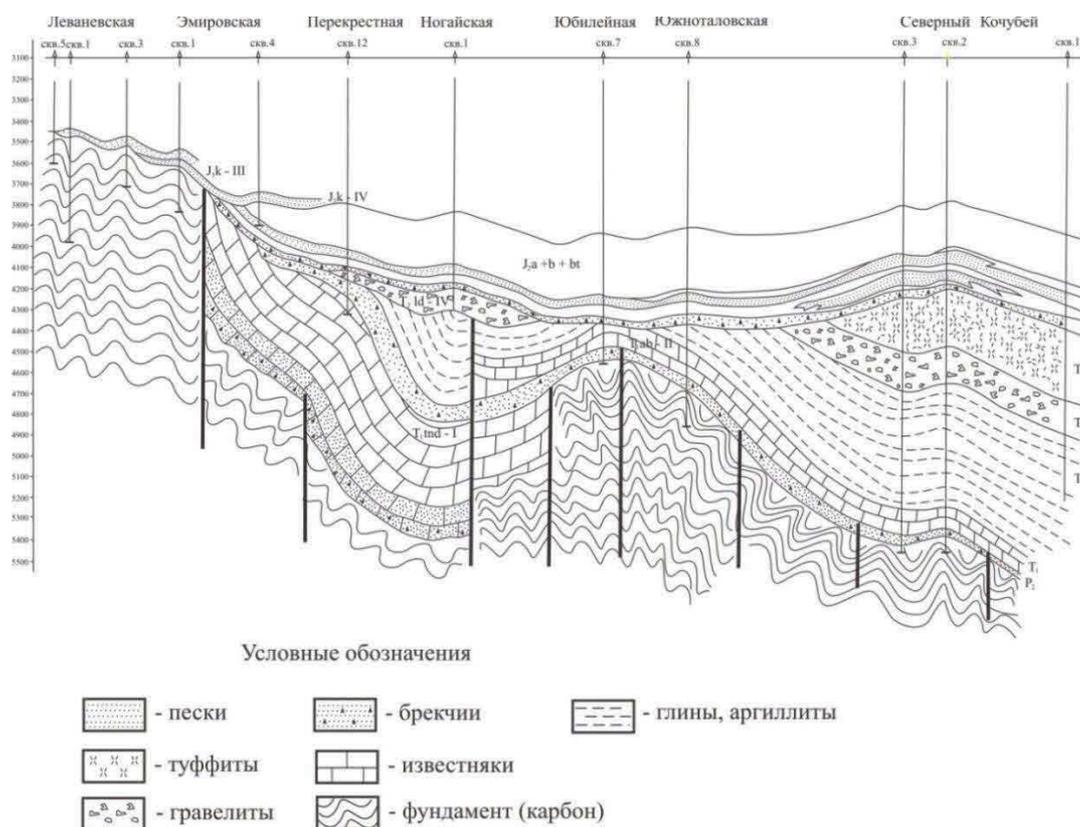


Рис. 2 - Профильный разрез отложений доюрского основания Прикумского района Дагестана по линии Леваневская - Кочубей (Т.Г. Жгенти).

Самым восточным тектоническим элементом этой зоны является Крайновская ступень, представляющая пологую террасовидную структуру, ограниченную на севере Кочубейским поднятием, а на юге переходящую в Терско-Сулакский прогиб. Со всех сторон Ногайская ступень ограничена региональными разломами, амплитуды которых иногда достигают до 500 м. Терско-Каспийский пере-

довой прогиб представляет собой обширную гетерогенную депрессию с погружением палеозойского фундамента в осевых его частях до 10-12 км. Границами прогиба служат разломы глубокого заложения. По Терско-Каспийскому глубинному разлому происходит сочленение Терско-Каспийского передового прогиба со Скифско-Туранской плитой, а Владикавказский разлом разделяет прогиб от мегантиклинория Большого Кавказа. Глубинное строение прогиба изучено слабо, особенно бурением, поскольку палеозойский фундамент здесь вскрыт единичными скважинами в своде Варандийской антиклинали. Вскрытая в разрезах этих скважин сильно дислоцированная карбонатная толща пермского возраста относится к доальпийскому фундаменту. В западной части прогиба (площади Беной, Бурунная) скважинами вскрыта мощная пачка (1200 м) вулканогенно-терригенных пород триасового возраста. Параметрической скв. №1 Миатлы (Дагестан) в интервале 2144 - 2380 м пройдены перемятые глинисто-карбонатные породы, которые отнесены к доюрским отложениям предположительно - пермь. Метаморфизированные отложения триаса вскрыты в Предгорном Азербайджане на площади Агзыбарчала скв. 1 на глубине 5000 м. Платформенное крыло Терско-Каспийского передового прогиба занимает южную часть Скифско-Туранской плиты, палеозойское основание которой погружается с 5-6 км в центральной части до 12 км в осевой его части. Осадочный чехол состоит из отложений от юры до антропогена. В структуре мезозойско-кайнозойского чехла особенно в его нижних частях (юра-мел), наметившаяся Прикумская система пологих брахиантиклиналий затухает как вверх по разрезу, так и в плане - в южном направлении, причем интенсивность погружения возрастает к оси Терско-Каспийского прогиба. В течение новейшей истории выделяются два периода интенсивных опусканий (сармат и акчагыл). Нарастание мощностей неогена происходит в восточном направлении - в сторону Каспийского моря. В пределах Дагестанского клина четко выделяются три выступа: Сулакский, Эльдамский, Талгинский, а также Нараттюбинская складчато-надвиговая зона. Отличительными особенностями Дагестанского клина являются:

- большая амплитуда поднятий по отношению к смежным тектоническим элементам;
- резкая внутренняя вертикальная расчлененность, чешуйчато-надвиговая ступенчатость крутых склонов клина и др.

Все структурные элементы в пределах Дагестанского клина сочленяются между собой по разломам, образуя в плане ряд кулис, заходящих друг за друга, что свидетельствует о сложности тектонического развития Дагестанского клина. Проведенные сейсморазведочные работы 2Д и 3Д сервисной компанией «Петроальянс» по заказу ОАО «Лукойл» за последние 10 лет внесли уточнения геологического строения бассейна Каспийского моря. Это коренным образом изменяет представления об особенностях тектоники его дна, которые легли в основу новых представлений современного структурного плана. Оконтурины границы площадей: Хвалынская, Сарматская, Широтная и Центральная. В центральной части среднего Каспия выделена крупная зона поднятий антикавказского простирания, трассирующаяся от устья р. Самур до мыса Песчаного на восточном побережье, в составе которой выделено поднятие размерами 60x120 км. Поверхность фундамента среднего Каспия характеризуется ярко выраженным блоковым строением, фундамент которого имеет двухъярусное строение - палеозойский и пермо-триасовый. Все это определяет перспективы нефтегазоносности комплексов различных тектонических зон акватории Каспийского моря.

Литература

1. Сабанаев К.А. Флюидодинамическая концепция образования УВ и формирования их залежей в пределах Каспийского мегабассейна // Вестник Дагестанского научного центра № 49. 2013. С. 35-39.
2. Алиханов Э.Н. Нефтегазоносность Каспийского моря. М.: Недра, 1977, 272 с.
3. Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е., Каракин А.В. Флюидодинамическая модель формирования залежей углеводородов в зоне коллизии литосферных плит // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений, 2000, № 3. С.19-26.
4. Сабанаев К.А. Каспийский мегабассейн, особенности геодинамики и нефтегазоносность // Махачкала, Издательство, «Лотос», 2014, 320 с.
5. Сабанаев К.А., Черкашин В.И. Геологическое строение и нефтегазоносность осадочного комплекса Российского сектора Каспийского моря. Изд. «Динем», Махачкала, 2008, 204 с.

УДК 550.34 + 621.47

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-31-39

ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ И СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Козырев Е.Н., Симакин А.Г., Алборов И.Д.

Геофизический институт ВИЦ РАН

В работе рассматриваются области современной геофизики, где для изучения целого ряда опасных геологических процессов, весьма активно используются современные инструментальные комплексы. При этом надежность их эксплуатации и точность получаемых данных тесно связана с особенностями их электрического питания. В этой связи в работе показана возможность выбора высоконадежных схемных решений для средств вторичного электропитания сейсмической аппаратуры, при мониторинге сейсмических процессов территории региона.

Ключевые слова: опасные геологические процессы, геофизические и сейсмические наблюдения, система вторичного электропитания, выпрямитель с фильтром, вольтамперная характеристика, сглаживающий фильтр.

NATURAL AND TECHNOGENIC PROCESSES IN THE MOUNTAINOUS AREAS OF NORTH OSSETIA AND SEISMIC STATIONS SUPPLY SYSTEM

Kozyrev E.N., Simakin A.G., Alborov I.D.

Geophysical Institute of VSC RAS

The paper examines the areas of modern geophysics, where modern instrumental complexes are very actively used to investigate a number of hazardous geological processes. At the same time, the reliability of their operation and the accuracy of the data obtained is closely related to the peculiarities of their electrical power supply. In this regard, the paper shows the possibility of selecting highly reliable circuit designs for the secondary power supply means of seismic equipment, while monitoring the seismic processes in the region.

Keywords: hazardous geological processes, geophysical and seismic observations, secondary power supply system, rectifier with filter, current-voltage characteristic, smoothing filter.

Введение

Большой Кавказ, где имеет место целый ряд опасных геологических процессов, характеризуется умеренной сейсмической активностью. Это обстоятельство никак не связано с собственно уровнем сейсмической опасности. В то же время долгие годы, практически до 1988 года, ожидаемый уровень сейсмической опасности на Кавказе в представлении ряда ведущих ученых традиционно считался ограниченным по максимально возможной величине. Сложно поверить, но территория г. Спитака изначально была отнесена к 8 балльной зоне, затем к 7 балльной и незадолго до землетрясения, проявившейся в 9-10 баллов - вновь к 8-балльной. И это происходило в 70-х годах прошлого столетия [Заалишвили, 2005]. В то же время даже простой анализ исторических землетрясений показывает, что здесь на Кавказе неоднократно имели место сильнейшие сейсмические события. Так, дело доходило до того, что несколько раз меняли месторасположение полностью разрушаемой очередным землетрясением столицы древней Армении – Двин [Заалишвили, 2005]. Во II веке н.э. на юге Грузии была полностью разрушена крепость Тмогви вместе с горной грядой, в XIII веке очередным землетрясением был разрушен пещерный город Вардзия и др. Перечень можно было бы продолжить.

На основе изучения особенностей геологических проявлений исторических сейсмических событий отдельными учеными в те же 70-е года прошлого столетия было установлено, что реальная сейсмическая опасность может быть много выше. И вскоре это нашло подтверждение, причем неоднократно. Так, в 1988 г. произошло разрушительное Спитакское землетрясение с магнитудой $M=6.9$ (Армения, 1988), приведшее к гибели 24 000 человек, и через два года – Ра-

чинское землетрясение (по разным данным) с магнитудой $M=6,9-7,2$ (Грузия, 1991) [Папалашвили и др., 1997]. Сход ледника Колка 20 сентября 2012 г. обусловил детальное изучение горной территории Северной Осетии на выявление возможности взаимосвязи указанного схода ледника с локальной сейсмической активностью [Заалишвили, Невская, 2003; Бергер, Заалишвили, 2014; Заалишвили и др., 2014а]. В результате исследований были выявлены следы прошлых 9-10 балльных землетрясений (Рогожин и др., 2004). В принципе, исходя из особенностей состояния геологических структур, уровень выделяемой сейсмической энергии вполне может достигать магнитуды $M = 7,1-7,5$ [Заалишвили, 2005].

В последние десятилетия на Северном Кавказе был проведен целый ряд инструментальных исследований глубинных процессов и геологических структур [Горбатиков и др., 2015]. После схода ледника Колка существующая республиканская система наблюдений исключительно за землетрясениями в 2003 году по инициативе нового директора Геофизического института В.Б. Заалишвили была преобразована в систему инструментальных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон», которая предполагала изучение природно-техногенных опасных процессов: вулкан Казбек и его потенциал, тектонические движения, сейсмическая опасность в условиях пересеченного рельефа, оползни, лавины и связанные с этим возможность тяжелых экологических и других последствий [Бурдзиева и др., 2012; Габеева, Заалишвили, 2006, 2009; Заалишвили, 2004, 2014а, 2014б; Заалишвили и др., 2001, 2008, 2012а, 2012б; 2014а, 2016; Заалишвили, Кануков, 2017].

Особые условия, создаваемые при сильных землетрясениях определяют направленность исследуемых показателей и методы защиты [Заалишвили, Кранцфельд, 2014; Zaalishvili et al., 2015]. Большинство указанных задач решается или должно решаться путем инструментального или геофизического мониторинга, формируемого инструментальной сетью отдельных геофизических или сейсмических станций, расположенных в специальных пунктах наблюдений [Заалишвили и др., 2012а, 2014а]. Несмотря на достигнутые в последние десятилетия успехи в создании сейсмической аппаратуры и оборудования, многие их элементы все еще далеки от необходимого уровня. Несовершенство используемой аппаратуры и необходимость приобретения достаточно качественных зарубежных образцов, в свою очередь, обусловило большой интерес к созданию нового типа отечественного сейсмоприемника на основе альтернативных физических принципах [Заалишвили и др., 2014б, 2014в]. Природно-техногенные опасные процессы, нередко, формируют чрезвычайные ситуации, ликвидация которых требует создания специфических устройств [Заалишвили, Симакин, 2009, 2011]. Другой, не меньшей значимостью характеризуются особенности электрического питания, как вообще любых современных радиосистем, так и геофизических, в том числе, сейсмических станций.

Электрическое питание сейсмических станций

Электрическое питание сейсмической аппаратуры и оборудования реализуется системой вторичного электропитания, которая подключается к источникам первичного электропитания [Заалишвили и др., 2014б]. Комплекс вторичного электропитания формируется собственно источниками питания, и рядом других необходимых для работы электрических устройств.

Источники вторичного электропитания могут работать от сети переменного или постоянного напряжений [Арсеньев, Литовко, 2008]. При этом напряжения могут быть нестабилизирующие и стабилизирующие, разной степенью постоянства выходного напряжения, различными по величине пульсации, при постоянном токе пульсации выпрямленного выходного напряжения делят на три группы с малой (менее 0,1 %), средней (от 0,1-до 1%) и большей (свыше 1%), различные способы стабилизации с непрерывным и импульсным регулированиями [Найвельт и др., 1985].

Необходимо отметить, что подобные источники вторичного электропитания, являясь основой всех средств электрического питания, в частности, обеспечивают электрическое питание сейсмических станций.

При величине эффективного значения переменной составляющей выходного напряжения более 1 % средство вторичного электропитания выпуску не подлежат. Требования к напряжениям питания – 12 Вольт. Пульсации % (амплитудное значение) - 0,2 – 1%. Радиоприемные устройства (амплитудное значение)- 0,1 – 0,01 %.

Параметры источников вторичного электропитания

Для нормальной и устойчивой работы сейсмической аппаратуры применяются вторичные источники питания, основные технические параметры которых включают электрические, эксплуатационные и другие особенности, полностью определяющие работоспособность аппаратуры. К таким основным параметрам относятся следующие величины:

1. Амплитуда номинального тока выпрямителя J_0 , А и диапазон вариации;
2. Выходное напряжение, характеризующееся нестабильностью и определяемое отношением изменения выходного напряжения ΔU_n к входному напряжению.
3. Пульсация переменной составляющей напряжения: на входе фильтра $U_{0\sim}$, выход $U_{0\sim}$, выход на стабилизаторе $U_{n\sim}$.

При этом пульсация представляется в виде коэффициента пульсации $k_{п.}$ - безразмерной величины, измеряемая в долях единиц $k'_{п.} = U'_{0\sim}/U'_0$ или в процентах

$$k'_{п.} = \frac{U'_{0\sim}}{U'_0} \cdot 100$$

Уменьшение пульсации реализуется включением сглаживающего фильтра, характеризуемого коэффициентом фильтрации $K_{фф}$, определяемого отношением амплитуды пульсации на входах и выходах фильтра $K_{фф} = U'_{0\sim}/U'_{0\sim}$, стабилизатором $K_{ф ст} = U'_{0\sim}/U_0$ или стабилизатором $K_{ф ст} = U_{0\sim}/U_{n\sim}$.

Сглаживающие действия фильтра оцениваются коэффициентом сглаживания пульсации g , который определяется как отношение коэффициентов пульсаций на входе и выходе выпрямителя $g_{ф} = k'_{п.}/k_{п.}$; или на входе и выходе стабилизатора $g_{ст} = k_{п.}/k_{вн.}$

Здесь $k_{п.} = U_{0\sim}/U_0$ – коэффициент пульсации на выходе выпрямителя; $k_{п.н.} = U_{n\sim}/U_n$ – коэффициент пульсации на выходе стабилизатора.

Для большинства сглаживающих LC-фильтров низковольтных выпрямителей, сопротивлением дросселя можно пренебречь [Зааль, 1983].

Нестабильность питания источников и пульсации выходных параметров, являются важнейшими, которые оказывают существенное влияние на эксплуатацию.

Коэффициент пульсации выходных напряжений

Коэффициент пульсации выходных напряжений постоянного тока определяется требованиями аппаратуры и задается следующим рядом 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 1,0, 2,5%. Для снижения пульсации включается фильтр.

Практически номинальное напряжение выхода определяется элементной базой проектируемого источника питания сейсмических станций. Точность установки входа, определяется из системы применения.

Нестабильность и пульсации выходных постоянных напряжений также являются важнейшими параметрами, которые оказывают существенное влияние на характеристики геофизических станций.

Цель использования выпрямителя, формирующего выпрямленный или пульсирующий ток и содержащий постоянную и переменную составляющие, является питание нагрузки оборудования при минимальном влиянии на электромагнитную систему потребителя переменной составляющей. Отсюда наличие переменной составляющей в пульсирующем или выпрямленном токе – бесполезно и более того, вредно [Козырев, Симакин, 2007].

У однополупериодного выпрямителя постоянная составляющая J или напряжение V составляет только 0,32, при частоте пульсации 50 Гц. Другими словами, амплитуда переменной

составляющей превышает амплитуду постоянной составляющей. Именно это есть главный недостаток однополупериодного выпрямителя.

В двухполупериодном выпрямителе имеют место следующие соотношения.

$$J=0,64J_{\text{макс}} \text{ и } J_{m1}=0,42J_{\text{макс}}$$

Аналогичные выражения справедливы и для напряжений. При этом удваивается величина частоты пульсации, составляющая 100 Гц и постоянная составляющая превышает переменную. Двухполупериодный выпрямитель характеризуется именно этим преимуществом относительно однополупериодного. Для получения постоянного тока и напряжения на нагрузке пульсации сглаживают фильтром, который в нагрузочное сопротивление пропускает постоянную составляющую и устраняет переменную составляющую [Спижевский, 1953].

На практике распространено использование сглаживающего фильтра (Рис.1) и выпрямительного устройства (Рис.2).

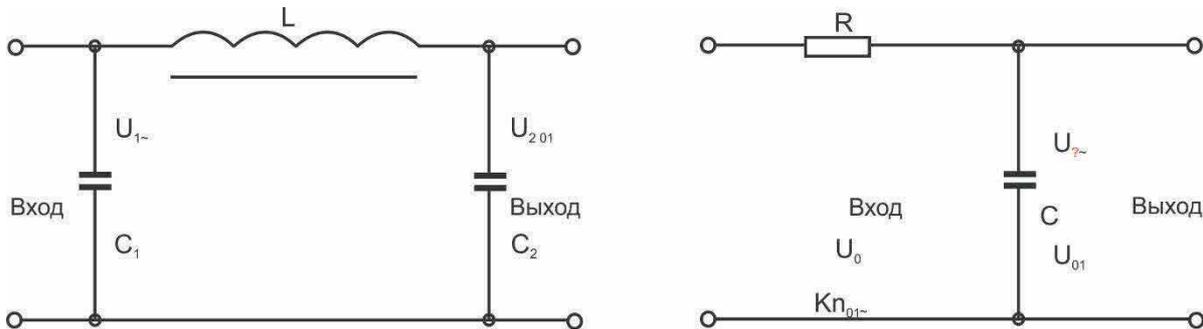


Рис. 1.

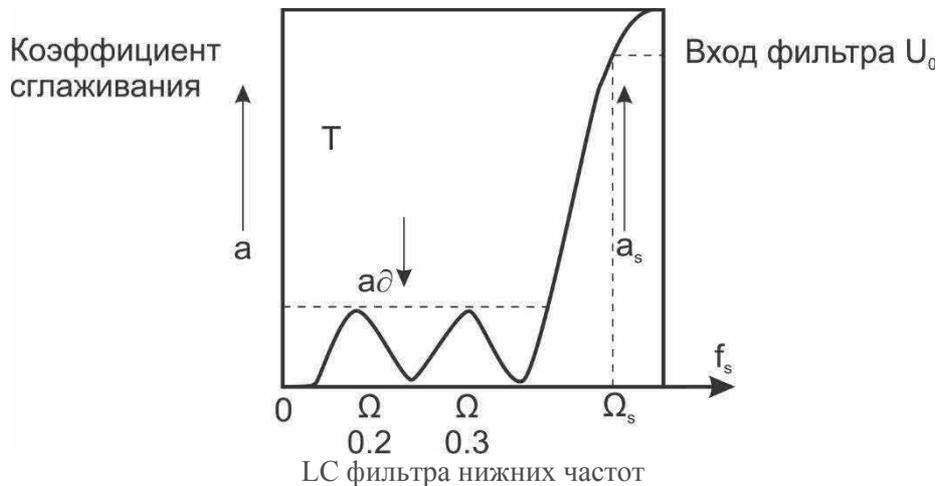


Рис. 2. Частотная характеристика фильтра

Частотная характеристика ФНЧ:

$$[Kp=Cp(p^2 + \lambda_{0,2}^2)(p^2 - R^2)]$$

Фильтр с частотной характеристикой, приведенный на рисунке 2 называется фильтром Чебышева нижних частот, т.к. $K(p)$ задается полиномом Чебышева.

При включении выпрямителя, работающего на LC фильтр, ток может в несколько раз превышать значение (сверхток) определяют по формуле:

$$J_{0 \text{ св}} = J_c \left(1 + \frac{J_{0 \text{ св}}}{J_0}\right),$$

где отношение $\Delta J_{\text{св}}/J_c$ определяют по графику, для расчета перенапряжений на сглаживающем фильтре.

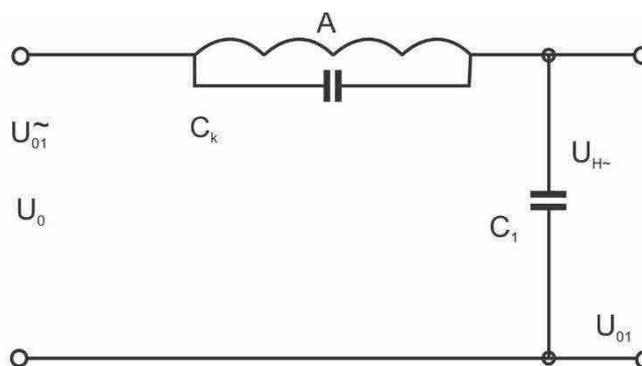
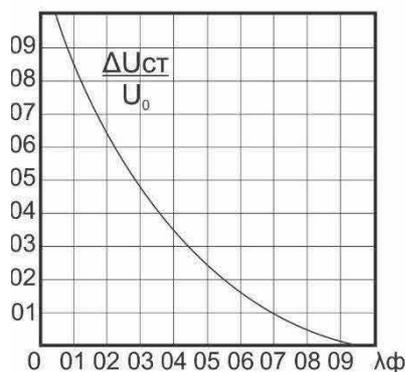


Рис. 3. Фильтр пробка

Для условий с поддерживаемым постоянством частоты электропитания до точности (0,5÷1%), используют фильтр-пробку (Рис.3), которая настроена на частоту первой гармоники пульсаций mfc . При малых выпрямленных токах (до 150 ма) коэффициент сглаживания однозвенного RC-фильтра:

$$q = \frac{K_{\Pi O}}{K_{n1}} \left(1 + \frac{\Delta U_{\phi}}{U_{01}} \right),$$

где $\Delta U_{\phi} = J_0 R_{\phi} = U_0 - U_{01}$ – падение напряжения на сопротивлении фильтра $R_{\phi} = \Delta U_{\phi} / J_0$

Если $R_{\phi 1} = R_{\phi 2}$ и $C_1 = C_2$, то $R_{\phi} C_1 = R_{\phi 2} C_2 = \frac{\sqrt{g}}{m^2 n f c}$.

Основным элементом выпрямительного устройства, в зависимости от конструктивного решения, является диод. Следующим фактором, значительно влияющим на работу выпрямителя, является характер нагрузки, включенной на выходе выпрямителя, обеспечивающим сглаживание.

Выпрямители с индуктивным фильтром применяются в широком диапазоне напряжений. Выпрямители без сглаживающего фильтра применяются значительно реже и только тогда, когда пульсация напряжения незначительна. Для выпрямителя есть ряд требований: выпрямляемое напряжение, мощность и частота пульсации выпрямительного напряжения. Для уменьшения пульсации большое значение имеет сглаживающий фильтр и его характеристики. Величина пульсации напряжения может быть задана коэффициентом K_{Π} , выражаемым в долях целого или в процентах на входе выпрямителя.

Коэффициент фильтрации не учитывает падения напряжения на активном сопротивлении фильтрующего звена. Фильтры типа L, C, для избежания резонанса необходимо использовать для однозвенного фильтра $q > 3$. При этом эффект сглаживания определяется отношением величины сопротивления нагрузки R к емкостному сопротивлению конденсатора фильтра выхода (C_1 и C_2) $R_{н} \geq V_m C_1$.

Коэффициент сглаживания определяют из выражения

$$q = m^2 \omega_c^2 \cdot LC_1 - 1$$

Если на вход схемы удвоения напряжения выключается L C, фильтр, то m^2 при $2L \leq R_{н}$; $q \approx K_{\Pi O1} / K_{\Pi II}$

где $K_{\Pi} = \frac{U_{\sim}}{U_0} \cdot 100$ – коэффициент пульсации на выходе фильтра %.

Необходимое произведение $L_1 C$ определяют по формуле (а) при частоте $fc = 50$ Гц.

$LC_1 = 10 (q+1) / m^2$, где C_1 – в микрофарадах L – в Генри.

При частоте $f = 400$ Гц, $LC_1 = 0,16 (q+1) / m^2$

В случае, когда величина необходимого выпрямленного тока невелика и когда потеря постоянного тока средняя, включают вместо габаритного дросселя, резистор R (проволочное или непроволочное), как показано на схемах, величина сопротивления обычно берется до 1 кОм.

Частотная характеристика фильтров является наиболее важным параметром передачи фильтром. На рисунке 4 a_s заданное минимальное затухание в полосе задерживания, $\Omega_s = f_s / f_d$

нормированная граница полосы задерживания (т.е. частота f_s – равна затуханию в полосе частот задерживания, a_{S0} – максимальное значение затухания в полосе пропускания равно a_D).

При каскадном включении фильтров с другими устройствами изменения затухания в целом зависят от коэффициентов отражения в местах соединений каскадов (Рис.5). Кроме того, довольно часто изменения коэффициента отражения приводят к изменению затухания:

$$a_D = -10 \lg(1 - \rho^2),$$

которое с трудом поддается измерению, особенно на частоте среза. Заданные частотные требования, показанные на рисунке, выполняются точнее при выборе передаточной функции $H(p)$ более высокого порядка, следовательно, при большем числе элементов фильтров.

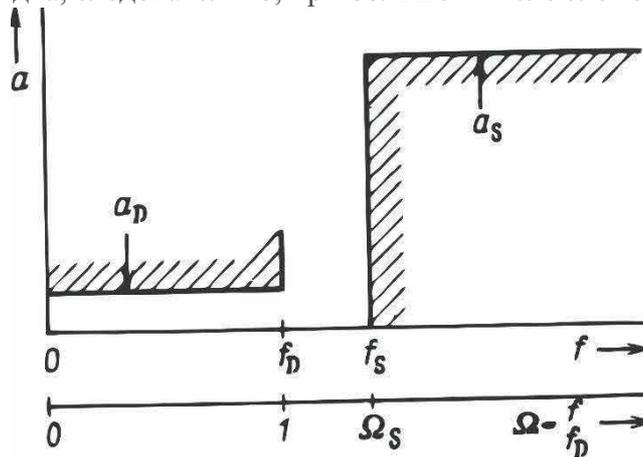


Рис. 4. Технические требования на функцию затухания

Частотная характеристика графики фильтров ФНЧ

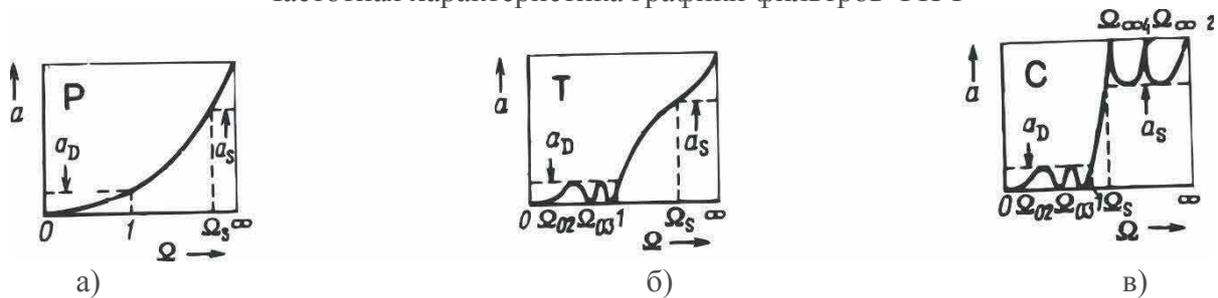


Рис. 5. Частотные характеристики и характеристические функции ФНЧ:

а) – $[K(p) = Cp^5]$; б) – $[K(p) = Cp(p^2 + \Omega_{02}^2)(p^2 + \Omega_{03}^2)]$;

в) – $[K(p) = C \frac{p(p^2 + \Omega_{02}^2)(p^2 + \Omega_{03}^2)}{(p^2 + \Omega_{\infty 2}^2)(p^2 + \Omega_{\infty 4}^2)}]$.

а) фильтр называется степенным

б) $K(p)$ – содержит степенной член, этот фильтр называется степенным фильтром нижних частот. Фильтр Чебышева $K(p)$;

в) Такие фильтры называются эллиптические или Кауэра нижних частот.

Для более конкретных решений применение фильтров $n=3$ или $n=4$ нижних частот, третьего порядка применим фильтр Чебышева низких частот.

Фильтры типа R_1C при низких токах (не более 10-20 мА) применяют фильтр типа RS.

Коэффициент сглаживания однозвенного фильтра:

$$q = \frac{K_{n0}}{K_{n1}} \left(1 + \frac{\Delta\phi}{U_{01}}\right),$$

где $\Delta U_{\phi} = J_0 R_{\phi} = U_0 - U_{01}$

Падение напряжения на сопротивлении фильтра R_{ϕ} ; U_{01} – падение напряжения на сопротивлении фильтра R_{ϕ} ; U_{01} напряжение на выходе фильтра.

Коэффициент сглаживания и параметры сглаживающего фильтра связаны выражением $q \approx m^2 p f_c R_{\phi} C_1$. Произведение RC в соответствующей цепочке при $f_c = 50 \text{ Гц}$ составит:

$$R_{\infty} C_1 \approx 3 \cdot 10^3 \text{ q/m и при } f_c = 400 \text{ Гц } R_{\phi} C_1 = 0,4 \cdot 10^3 \text{ q/m}$$

где C_1 – в микрофарадах.

Величина сопротивления сглаживающего фильтра $R_{\phi} = \Delta U_{\phi} / J_0$ определяется с учетом допустимого значения падения напряжения.

Мощность, которая выделяется сопротивлением фильтра составляет $P_{\phi} = \Delta U_{\phi} / J_0$.

Коэффициент сглаживания двухзвенного фильтра $q = q_1 \cdot q_2$.

Если $R_{\phi 1} = R_{\phi 2}$ и $C_1 = C_2$, тогда будем иметь:

$$R_{\phi 1} \cdot C_1 = R_{\phi 2} \cdot C_2 = \frac{\sqrt{q}}{n 2 p A c_1}$$

При использовании ленточных магнитопроводов типа ШЛ 6×8 Если дроссели фильтра содержат 30÷40 витков провода ПЭВ 2×1,12 мм, индуктивность каждого дросселя не менее 0,5 мГн, но при этом в сглаживающем фильтре используются 12-14 конденсаторов типа К53-1А-6 величиной 3В-100 мкф. При этом масса элементов выпрямителя составляет 125-130 Вт/кг, а КНД выпрямителя равен 0,73.

Применять двухзвенный LC фильтр целесообразно когда q (коэффициент сглаживания) > 16-18, так как при этом произведение суммарной индуктивности дросселей на суммарную емкость конденсаторов двухзвенного фильтра будет меньше произведения LC – однозвенного фильтра, имеющего такой же коэффициент сглаживания.

Рассматривая перенапряжения на элементах фильтра, если они превышают допустимую величину допуска на элементной комплектации при включении выпрямителей на сбросе нагрузки, при сбросе нагрузки, напряжение на конденсаторах может достигать значения $U_{ст} =$

$$\sqrt{\frac{LJ}{C_1}} + U_0^2.$$

При включении напряжения на конденсаторах достигает значения –

$$U_{ст} = V_0 \left(1 + \frac{\Delta U_{cm}}{V_0} \right)$$

Зависимость $\frac{\Delta U_{cm}}{V_0}$ от коэффициента затухания фильтра δ_{ϕ} будет [Курякова, 1971]

$$\delta_{\phi} = \frac{\varepsilon_{00} / U_{\phi} + \varphi_{\phi 0}}{2 \sqrt{1 + \Sigma_{\phi}}}$$

где $\Sigma_{\phi} = (2L + 2a) / R_H$;

$$Q_{\infty} = \sqrt{L / C_1 / R_H}$$

Внутреннее сопротивление источника:

$$R_0 = \Delta U_0 / \Delta J_0 = (U_{0x} - U_0) / J_0$$

Если $U_{ст}$ превышает допустимое для выбранных конденсаторов значение, то тогда надо последовательно с дросселем фильтра включить добавочное сопротивление $R_{доб}$, которое суммируясь с R_0 увеличивает значение δ_{ϕ} и тем самым уменьшает перенапряжение при включении $R_{доб} = R_{доб1} \cdot n^2$.

Выводы

Применение источников электропитания для современной аппаратуры предлагается осуществлять со стабилизирующим устройством. Стабилизирующее устройство обеспечивает постоянство напряжения в условиях вариаций напряжения, тока нагрузки и температуры. Отсюда оптимизация данных обеспечивается стабилизацией такого выходного напряжения, когда все другие требования удовлетворены. При этом необходимо отметить, что лучшим вариантом стабилизатора есть стабилизация напряжения с непрерывным регулированием, обеспечивающим формирование выходного напряжения характеризуемым малыми пульсациями и сопротивлением. Такие стабилизационные устройства исключают импульсные помехи и искажение формы кривой тока.

Высокая стабильность напряжения; малая пульсация; отсутствие поля; сравнительно простые схемы находят широкое применение в электронных стабилизаторах измерительной техники.

Литература

1. Арсеньев Г.Н., Литовко И.В. Электропреобразовательные устройства РЭС: учебное пособие /Под ред. Арсеньева. - М.: ИД "Форум": ИНФРА-М, 2008. - 496 с.
2. Бергер М.Г., Заалишвили В.Б. Об эволюции и современном состоянии представлений некоторых гляциологов о катастрофе на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 г. Список л. В. Десинова: факты и артефакты //Геология и геофизика Юга России. 2014. № 4. С. 110-121.
3. Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Об экологических аспектах современной урбанизированной территории при сильных землетрясениях //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012. № 3. С. 62-67.
4. Габеева И.Л., Заалишвили В.Б. Анализ колебаний нелинейной, поглощающей грунтовой среды по данным инструментального метода сейсмического микрорайонирования //В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе Труды I Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Заалишвили В.Б. (редактор), Владикавказский научный центр РАН и РСО-А. 2006. С. 205-211.
5. Габеева И.Л., Заалишвили В.Б. Определение влияния рельефа на формирование интенсивности землетрясения с учетом типа грунтов, слагающих толщу //В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе Труды III Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А; редакторы: Николаев А.В., Заалишвили В.Б.. 2009. С. 105-107.
6. Горбатиков А.В., Рогожин Е.А., Степанова М.Ю., Харазова Ю.В., Андреева Н.В., Передерин Ф.В., Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Дзедобоев Б.А., Габараев А.Ф. Особенности глубинного строения и современной тектоники Большого Кавказа в Осетинском секторе по комплексу геофизических данных //Физика Земли. 2015. № 1. С. 28-39.
7. Заалишвили В.Б., Тимченко И.Э., Джавришвили И.А., Отиашвили М.Г. Расчет нелинейных колебаний грунтовой толщи с помощью численного способа МКЭ "Limit-1" сейсмического микрорайонирования //В книге: IV Российская национальная конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию с международным участием 2001. С. 44.
8. Заалишвили В.Б., Невская Н.И. Сход ледника Колка 20 сентября 2002 года и задачи информационных технологий изучения природных систем //В сборнике: Информационные технологии и системы: новые информационные технологии в науке, образовании, экономике Материалы Международной научно-технической конференции. 2003. С. 175-180.
9. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование при изменяющемся уровне сейсмического воздействия //В сборнике: Будівельні конструкції Міжвідомчий науково-технічний збірник. Будівництво в сейсмічних районах України. Збірник наукових праць. Київ, 2004. С. 149-156.
10. Заалишвили В.Б., Габеева И.Л., Гогмачадзе С.А. Оценка сейсмической опасности грунтов при сильных землетрясениях в условиях пересеченного рельефа в горных районах //В книге: Системные исследования современного состояния и пути развития Юга России (природа, общество, человек) Тезисы докладов международной научной конференции. 2006. С. 135-136.
11. Заалишвили В.Б., Музаев И.Д., Туаева Ж.Д. Математическое моделирование сейсмических колебаний грунтовой толщи в основании застройки //В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Заалишвили В.Б. (редактор), Владикавказский научный центр РАН и РСО-А. 2008. С. 290-298.
12. Заалишвили В.Б., Симакин А.Г. Сигнальные системы в условиях чрезвычайных ситуаций в горных регионах после природно-техногенных катастроф //Труды IV международной научной конференции «Информационные технологии и системы. Наука и практика». Владикавказ, 30 июня – 3 июля 2009 г. 2009, С. 240-241.

13. Заалишвили В.Б., Симакин А.Г. Газоразрядная высокоинтенсивная лампа //Патент Российской Федерации № 2431903 от 20 октября 2011 г., 2011.
14. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С. Информационная система обеспечения градостроительной деятельности на основе информационной базы данных сейсмичности и сейсмического риска //Информатизация и связь. 2012а. № 5. С. 14-18.
15. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Шемпелев А.Г. Мониторинг опасных геологических процессов в зоне предполагаемого Ардонского разлома и на участке трассы газопровода от сел. Дзуарикау до границы РСО-Алания //Геология и геофизика Юга России. 2012б. № 4. С. 25-32.
16. Заалишвили В.Б., Кранцфельд Я.Л. Геофизическая основа инженерной сейсмозащиты ответственных объектов строительства //Геология и геофизика Юга России. 2014. № 1. С. 39-50.
17. Заалишвили В.Б. Некоторые проблемы практической реализации сейсмического микрорайонирования. Факторы, формирующие интенсивность землетрясения // Геология и геофизика Юга России. 2014а. № 3. С. 3-39.
18. Заалишвили В.Б. Зависимость спектральных характеристик сейсмических волн от строения верхней части разреза //Геология и геофизика Юга России. 2014б. № 4. С. 15-44.
19. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Габараев А.Ф., Шепелев В.Д. Сход каменно-ледовой лавины в районе ледника Девдорак 17 мая 2014 года по инструментальным данным //Геология и геофизика Юга России. 2014а. № 4. С. 122-128.
20. Заалишвили В.Б., Козырев Е.Н., Симакин А.Г. Сейсмоприемник на основе объемного резонатора СВЧ-диапазона //Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2014б. № 6 (62). С. 80-85.
21. Заалишвили В.Б., Козырев Е.Н., Симакин А.Г., Цориев Д.К. Сейсмоприемник на основе цилиндрического объемного резонатора с волной H_{01} //Материалы VI международной научно-технической конференции «Микро- и нанотехнологии в электронике», 1-6 июня 2014 г., Нальчик, 2014в. С.417-419
22. Заалишвили В.Б., Кануков А.С., Мельков Д.А. О возможной взаимосвязи изменения гравитационного поля и уровня микросейсмических колебаний с сейсмическими событиями //Геология и геофизика Юга России. 2016. № 2. С. 20-26.
23. Заалишвили В.Б., Кануков А.С. Интеграция базы данных геологической информации в моделирующую геоинформационную систему //Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции. 2017. С. 82-88.
24. Зааль Р. Справочник по расчету фильтров. Перевод с нем. – М. Радио и связь, 1983. – 752 с.
25. Козырев Е.Н., Симакин А.Г. Разработка и исследование сейсмоприемника на основе объемного резонатора сверхвысоких частот датчиков с волной типа H_{01} //Материалы VI международной конференции «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий», 28-30 мая 2007 г. Владикавказ. 2007. С. 247-248.
26. Найвельт Г.С., Мазель К.Б., Хусаинов Ч.И. и др. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. Справочник. М.: Изд-во «Радио и связь», 1985. – 578 с.
27. Папалашвили В.Г., Варазанашвили О.Ш., Гогмачадзе С.А., Заалишвили В.Б., Кипиани Д.Г., Махатадзе Л.Н., Мухадзе Т.Г., Чачава Т.Н., Айвазишвили И.В. Рача-Джавское землетрясение 29 апреля 1991 г. //В сборнике: Землетрясения в СССР в 1991 году. Сборник научных трудов. Москва, 1997. С. 18-25.
28. Спичевский И.И. Хрестоматия радиолюбителя. М.: Госэнергоиздат, 1953. 216 с.
29. Kurakova K. The single Cavity Multiple-Device Oscillator //IEEE Trans. Microwave Theory Tech Vol. MTT – 19. No.10. Oct. 1971 pp.
30. Zaalishvili V., Melkov D., Kanukov A., Dzeranov B. Spectral temporal features of seismic loadings on the basis of strong motion wavelet database //International Journal of GEOMATE. 2016. T. 10. № 1. С. 1656-1661.

УДК 551.89

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-40-46

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЛЕЙСТОЦЕНА НА ВОСТОЧНОМ КАВКАЗЕ

Идрисов И.А., Черкашин В.И.
Институт геологии ДНЦ РАН

На Восточном Кавказе широко развиты разнообразные и разновозрастные группы плейстоценовых отложений. При этом наиболее исследованы отложения неоплейстоцена, которые формируют серию морских террас вдоль берегов моря. Более древние отложения эоплейстоцена исследованы относительно слабо. Однако их исследованию следует уделить основное внимание, как в связи с необходимостью уточнения нижней границы плейстоцена, так и в связи с исследованиями самых ранних этапов человеческой истории. В регионе выявлено большое число пунктов раннего палеолита возрастом более 1 млн. лет, однако геологическое изучение этих пунктов существенно отстает от археологических. В регионе плейстоценовые отложения слагают обширные территории, в том числе в виде многочисленных обнажений в предгорном Дагестане, обусловленных спецификой тектоники региона. Для отложений характерна значительная мощность (более 1000 м). Представлены все этапы плейстоцена и прилегающей части плиоцена. Отложения характеризуются значительным фациальным разнообразием, включая морские, аллювиальные, лессовые, озерные и другие. Ярко представлены и разнообразные формы рельефа созданные в антропогене, в том числе интенсивно формирующиеся в настоящее время.

Ключевые слова: четвертичная геология, палеогеография, стратиграфия, плейстоцен, Кавказ, Прикаспийская низменность.

PERSPECTIVES FOR THE STUDY OF PLEISTOCENE IN THE EASTERN CAUCASUS

Idrisov I.A., Cherkashin V.I.
Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS

In the Eastern Caucasus widespread diverse and intergenerational group from the Pleistocene of the proposals. At the same time, the most studied are the deposits of Neopleistocene, which form a series of sea terraces along the shores of the sea. More ancient deposits of Eopleistocene have been investigated relatively poorly. However, their study should focus on both the need to clarify the lower edge of the Pleistocene, and in connection with the study of the earliest stages of human history. In the region identified to a large number of points early Paleolithic age more than 1 million years, however, the geological study of these points is far behind archaeological. In the region, Pleistocene deposits form vast territories, including in the form of numerous outcrops in the foothills of Dagestan caused by the tectonics of the region. For deposits characterized by a significant power (more than 1000m). All stages of the Pleistocene and the adjacent Pliocene are presented. Sediments are characterized by significant facies diversity including marine, alluvial, loess, lake and others. Clearly presented and a variety of landforms created in the Quaternary, including the intensively evolving at the present time.

Keyword: Quaternary Geology, paleogeography, stratigraphy, Pleistocene, Caucasus, Caspian lowland.

Современный этап развития природной среды Дагестана (четвертичный) отличается многочисленными уникальными особенностями. Наиболее ярким из них являются: чрезвычайная динамичность изменений природных условий, а также возникновение и развитие человечества. Взаимное влияние этих особенностей во многом определяет пристальное внимание исследователей к различным аспектам изучения четвертичного периода, а также выделению специализированной научной дисциплины – четвертичной геологии.

Важность исследований плейстоцена (синонимы четвертичный период и антропоген) в том, что существующие сейчас особенности природных объектов (рельеф, речная сеть, флора и фауны, почвы и ландшафты, Каспийское море, горные системы) в течение периода претерпели длительную и сложную историю развития. Это во многом определяет современное состояние этих объектов, а также возможное изменение их в будущем.

Отложения плейстоцена для большей части территории региона служат источником строительных материалов (добыча гравия, глины, песка). На четвертичных отложениях (морских или дельтовых отложениях, а также на речных террасах в горной и предгорной зонах) построены практически все крупные населенные пункты региона. Активные процессы развития геосистем

в четвертичное время, характерные для Восточного Кавказа, определяют то, что здесь происходят опасные геологические процессы (оползни, обвалы, наводнения, сели, сейсмические события и др.). Эти процессы наносят, и будут наносить значительный ущерб, минимизация которого зависит от познания истории их развития в прошлом.

Четвертичные отложения Дагестана представлены разнообразными и уникальными объектами: морскими и речными террасами, донными осадками, береговыми отложениями, лёссово-почвенными отложениями, уникальными песчаными массивами (Сарыкум). Здесь находятся стратотипы морских и континентальных отложений, изучение которых имеет межрегиональное и глобальное значение. Особую роль в этом вопросе играет изучение истории развития Каспийского моря, которое имеет общемировое значение. Горная часть Дагестана отличается чрезвычайно большой глубиной эрозионного расчленения, обнаженностью рельефа для которого характерно чрезвычайно многообразие различных форм (от типичного альпийского рельефа, до аридных бэдлендов и глинистого карста) сформировавшихся в течение четвертичного времени. Кроме этого подобные разнообразные объекты находятся относительно близко друг от друга, что позволяет проводить комплексные исследования и сопоставление полученных данных. Показательно, что Дагестан в силу подобных благоприятных особенностей издавна привлекал многих ученых-исследователей различных направлений и является полигоном для изучения разнообразных особенностей развития природной среды региона. На его территории собирался и собирается обширный материал, по динамике различных компонентов природной среды в плейстоцене.

Регион Каспийского моря был и остается основой для палеогеографических исследований как для бывшего СССР, так и для современной России (Шкатова, 2013). При этом палеогеографические исследования плейстоцена Каспийского моря отличаются крайней неоднородностью. Имеются многочисленные исследования поздних этапов плейстоцена (Федоров, 1957; Невеская, 1958; Векилов, 1969; Ализаде, 1973; Менабде, 1989; Рычагов, 1997; Янина, 2012 и др.). Это во многом связано с тем, что в течение длительного времени под плейстоценом отечественные исследователи понимали именно поздние этапы, и их изучению уделялось основное внимание. При этом ранние этапы плейстоцена (в частности акчагыльский и апшеронский) также изучались и по ним имеются специальные исследования (Султанов, 1964; Ализаде, 1973; Трубихин, 1977; Чепалыга, 1980; Данукалова, 1996) Существенное понижение нижней границы плейстоцена от 0,8 до 2,6 млн лет и увеличение его объема более чем в три раза, не сопровождалось сопоставимым ростом исследований ранних этапов плейстоцена. В том числе, это было связано с тем, что в современной России площади, занимаемые отложениями апшеронского или акчагыльского ярусов имеют ограниченное распространение и мощности первые десятки метров, при этом даже по таким отложениям проводятся исследования (Данукалова, 2014). Изучение коррелируемых с ними отложений других бассейнов, равно как и континентальных отложений безусловно не может в полной мере решить комплекс палеогеографических задач, стоящих на современном этапе исследований плейстоцена.

При этом для территории Дагестана, особенно для переходной от равнин к горам зоне отложения ранних этапов плейстоцена широко развиты. В частности на геологической карте региона породы акчагыла и апшерона занимают в регионе более тысячи квадратных километров (рис. 1). Мощность наиболее представительных разрезов вскрываемых в бассейне реки Рубас достигает 300-400 м.

Существует обширный комплекс работ, посвященных изучению преимущественно континентальных толщ Прикаспия и регионов окружающих Кавказ (Громов, 1948; Лебедева, 1978; Вангенгейм и др., 1991 и др.). В последнее время появились новые данные и методики, позволяющие изучать геологические разрезы на новом научно-методическом уровне. Также существенно расширился объем данных получаемых с пунктов находок фауны ранних этапов плейстоцена за счет исследования в них археологических артефактов. При этом следует отметить

значительный рост материала по сухопутным отложениям юга России, в том числе в связи с разработкой членами коллектива детализованных схем эволюции различных групп организмов как макро-, так и микротериофауны (Тесаков, 2004; Титов, 2008; Baigusheva et al., 2016).

В этой связи, выделение стратиграфических комплексов (для морских и континентальных отложений) в пределах одного геологического разреза представляется важнейшей научной задачей и к настоящему времени в рассматриваемом регионе не проводилась.

Сохраняется актуальной задача корреляции этих комплексов с крупными этапами развития именно Каспийского моря. В этой связи изучение разрезов, для которых характерно переслаивание морских и континентальных отложений, и корреляция выделяемых в них комплексов малакофауны и териофауны представляется важной, актуальной задачей, имеющей большое значение. По нашему мнению детальные исследования подобных отложений в пределах Восточного Кавказа будут иметь определяющее значение для уточнения стратиграфического объема плиоцена и плейстоцена для всей России, а также для всей внутриконтинентальной части Евразии.

Большие возможности связаны с изучением истории развития рельефа Восточного Кавказа. В этом направлении проделана большая работа и в целом установлены особенности формирования береговой зоны моря (Леонтьев и др., 1977). Исследованы некоторые особенности строения речных долин региона (Кожевников, 1989). Однако новые исследования показывают, что многие вопросы геоморфологии региона остались не исследованными, а ряд сделанных ранее выводов нуждается в существенном пересмотре.

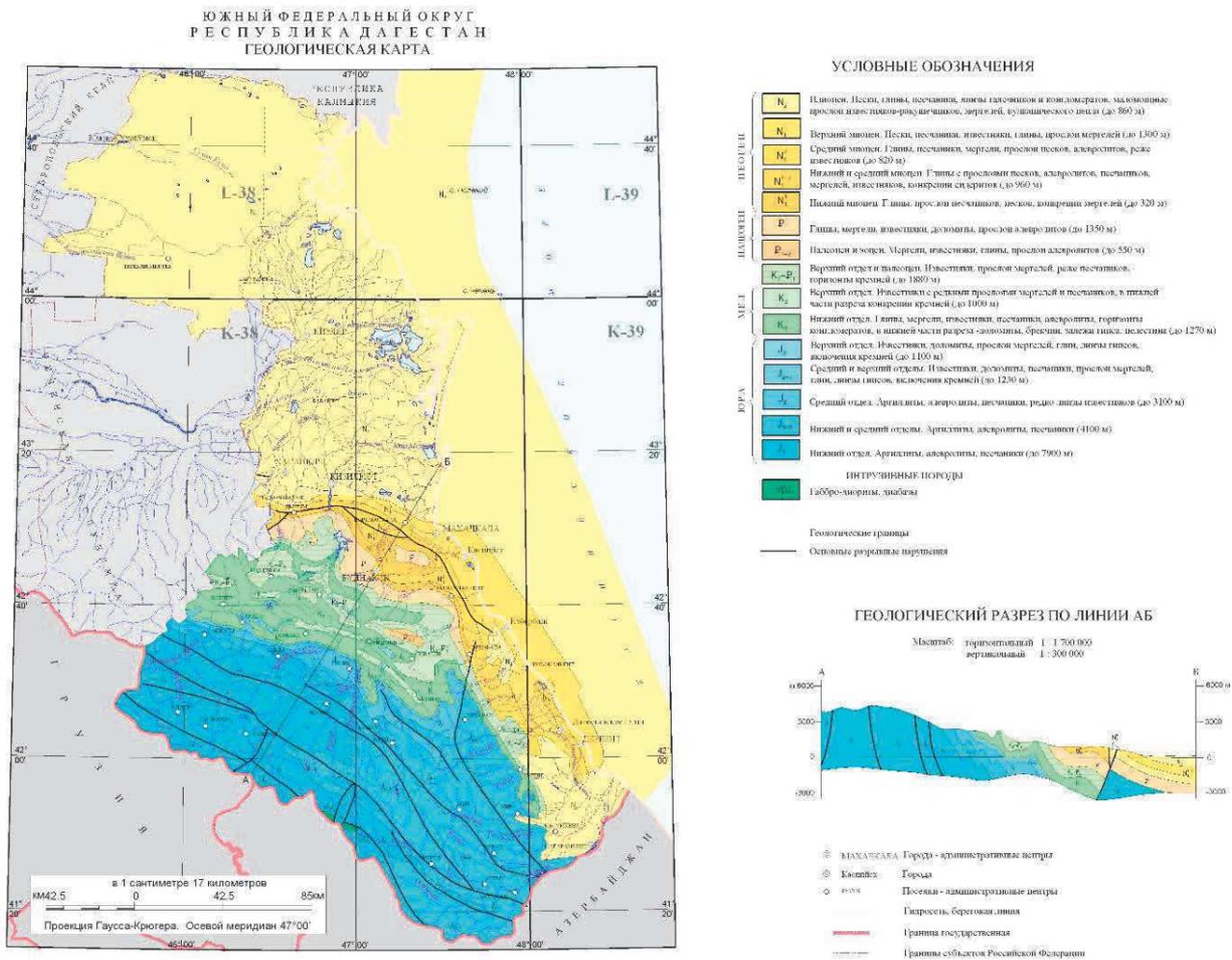


Рис. 1. Геологическая карта Дагестана

Особенно значимым является междисциплинарный аспект исследований отложений антропогена Восточного Кавказа и большое значение изучения геологической истории региона для таких наук как археология, биология, почвоведение.

Для России можно отметить два крупных региона, где проводятся исследования ранних этапов палеолита. Один на Восточном Кавказе (Дагестан) (Амирханов, 2007; Дервянко, 2009; Таймазов, 2012; Amirkhanov et al, 2014; Анойкин, 2017 и др.) второй на Западном Кавказе и Предкавказье (Тамань) (Кулаков и др., 2003; Щелинский, 2014). Здесь выделено множество разновозрастных пунктов – стоянок людей первых поселенцев Евразии. При этом для отложений Таманского полуострова геологический контекст находок неясен и сопровождается оживленной научной дискуссией. Схожие данные имеются и для прилегающей территории Крыма. Для Восточного Кавказа имеются находки артефактов как в горной части в континентальных отложениях, так и на равнине, где они находятся в тесной связи с морскими отложениями Каспия. Однако и здесь отсутствуют значительные непрерывные разрезы отложений, вероятно наличие крупных перерывов, размывов и т.д.

Большое значение имеет изучение разнообразных палеоархивов на Восточном Кавказе, детальные исследования которых начались в последние годы (Ryabogina et al., 2018). По нашему мнению природные условия восточной части Кавказа, создают более благоприятные условия для консервации природных архивов для большей части голоцена, по сравнению с западным Кавказом, где были сконцентрированы подобные исследования до последнего времени (Соломина и др., 2013).

В качестве наиболее важных направлений исследований четвертичного периода региона можно отметить следующие:

1. Морская геология и палеогеография Каспийского моря.

Объекты изучения:

- береговые формы рельефа (морские террасы, валы и т.д.) и отложения на суше и дне моря.

Цель изучения:

- разработка детальной стратиграфии и абсолютной хронологии каспийских осадков;
- реконструкция колебаний уровня моря и детальные пространственные реконструкции морских бассейнов в стадии регрессии и трансгрессии;
- реконструкция климатических условий в которых происходили те или иные колебания уровня бассейна;
- разработка моделей воздействия изменений климатических условий и других факторов на колебания уровня Каспийского моря.

2. Геоморфология горных территорий.

Объекты изучения:

- современные формы рельефа горной части Дагестана в условиях их динамического развития.

Цель изучения:

- установление геоморфологических особенностей речных долин;
- выявление следов древних оледенений;
- корреляция ледниковых, речных и морских отложений;
- разработка методик изучения рельефа горных территорий;
- составление детальных геоморфологических схем горной части на основе современных компьютерных ГИС-технологий;
- изучение проявленности специфических природных процессов (оползневых, карстовых, ледниковых и т.д.).

3. Строение и генезис лёссово-почвенных пород и палеопедология.

Объект изучения:

- изучение разнообразных и разновозрастных лессовидных пород, а также погребенных почв.

Цель изучения:

- проведение комплексных исследований погребенных почв в ходе интенсивных археологических исследований, которые проходят в Дагестане (подобные исследования активно проводятся в сопредельных территориях);

- детальное изучение крупнейшего массива лессовидных отложений Хасавюртовской наклонной равнины и сопоставление их с детально изученными разрезами Ставропольской возвышенности и сопредельных регионов;

- описание и изучение четвертичных и «каменных» (вероятно неогеновых) лессовидных пород в бассейна рек Самур-Гюльгерычай;

- сопоставление полученных данных с глобальными реконструкциями формирования лессовидных отложений.

Проблемы палеопочвоведения, пыльцевой анализ и генетическая природа погребенных профилей почв и метаболитов живых организмов.

Планетарная симметричность форм четвертичных отложений и объектов биосферы, обусловленная гравитационными и электромагнитными полями.

4. Четвертичные отложения и индицирующие их показатели месторождений полезных ископаемых в Дагестане.

Разработка закономерностей изменения рельефа в зависимости от внутреннего строения и химического состава четвертичных отложений:

- геологической породы, почвенного покрова и грунтов разного гранулометрического состава;

- географические координаты и вещественный состав отложений, характерных для месторождений полезных ископаемых.

5. Палеонтология четвертичного периода.

Объект изучения: изучение основных местонахождений фауны (моллюски, млекопитающие, микрофауна) и флоры (палинология, диатомовые, наннопланктон) включая поиск новых местонахождений фауны и флоры в новых разрезах морских отложений, пещерах, погребенных отложениях и т.д. Выявление основных этапов и стадий эволюции фауны, флоры, ландшафтов и морских экосистем.

6. Геоархеология.

Изучение строения, возраста и условий образования культурных слоев археологических стоянок от палеолита до средневековья с целью реконструкции природной среды обитания древнего человека.

7. Структурная геоморфология и неотектоника горных районов, предгорий и шельфа.

Выявление молодых тектонических структур и дифференцированных движений земной коры. Определение скоростей движений различных частей горной зоны и морского дна. Установление активных, потенциально сейсмоопасных разломов в горной части, особенно в связи с продолжением строительства плотин крупных гидроэлектростанций (Гоцатлинской) и накопленным богатым опытом мониторинга за уже построенными ГЭС (Чиркейской, Миатлинской, Ирганайской).

8. Охрана природы.

Описание выделенных памятников природы, а также поиск и описание новых памятников природы. Данная работа будет проводиться в тесном контакте с природоохранными организациями Республики Дагестан и федеральным заповедником «Дагестанский». Составление электронного кадастра полученных данных.

9. Изучение опасных геологических процессов.

Объект изучения:

- опасные природные процессы в многообразии форм и районов проявления на территории Республики Дагестан.

Цель изучения:

- локализация участков потенциального развития опасных природных процессов (селей, оползней, образования запрудных озер, резкой перестройки гидросети в дельтах рек, карстовых провалов, просадок грунта, размывов берегов и пр.);

- изучение конкретных примеров формирования опасных процессов, выявление следов развития опасных процессов в прошлом.

На основании изученных особенностей развития опасных процессов с использованием современных ГИС-технологий провести моделирование возможных ситуаций развития опасных процессов на территории Республики Дагестан.

Литература

1. Громов В.И. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР //Тр. Ин-та геол. наук АН СССР. Вып. 64 Геол. Серия № 17. 1948. 521 с.
2. Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря //Тр. ГИН АН СССР. 1957. Вып. 10. 308 с.
3. Невеская Л. А. Четвертичные морские моллюски Туркмении. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 82 с.
4. Векилов Б.Г. Антропогеновые отложения Северо-Восточного Азербайджана. Баку: Изд-во ЭЛМ. 1969. 217 с.
5. Али-Заде А.А. Апшерон Азербайджана. М.: Недра. 1973. 227 с.
6. Леонтьев О.К., Маев Е.Г., Рычагов Г.И. Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. М.: МГУ. 1977. 210 с.
7. Трубихин В.М. Палеомагнетизм и стратиграфия акчагыльских отложений Западной Туркмении. М.: Наука. 1977. 76 с.
8. Лебедева Н.А. Корреляция антропогеновых толщ Понто-Каспия. М.: Наука. 1978. 136с.
9. Чепалыга А. Л. Палеогеография и палеоэкология бассейнов Черного и Каспийского морей (Понто-Каспия). Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук. М. 1980. 46 с.
10. Менабде И. В. Палеогеография позднего плейстоцена Нижнего Поволжья. Автореф. дис. М.: МГУ. 1989. 24 с.
11. Кожевников А.В. Антропоген орогенных областей Центральной Евразии: (Стратиграфия, межрегион. корреляции). М.: Изд-во МГУ. 1989. 231 с.
12. Вангенгейм Э. А., Векуа М. Л., Жегалло В. И., Певзнер М. А., Тактакишвили И. Г., Тесаков А. С. Положение Таманского фаунистического комплекса в стратиграфической и магнитохронологической шкалах //Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. № 60. 1991. С.41 - 52.
13. Данукалова Г.А. Двустворчатые моллюски и стратиграфия акчагыла. М., 1996. 132 с.
14. Рычагов Г.И. Плейстоценовая история Каспийского моря. М.: Изд-во МГУ, 1997. 267 с.
15. Кулаков С. А., Щелинский В.Е., Бозинский Г., Киндлер Л. Открытие нижнепалеолитической стоянки на Таманском полуострове //Невский археолого-историографический сборник: к 75-летию кандидата исторических наук А.А. Формозова. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2003. 223-233 с.
16. Тесаков А.С. Биостратиграфия среднего плиоцена - эоплейстоцена Восточной Европы (по мелким млекопитающим). Москва: Наука. 247 с.
17. Амирханов Х.А. Исследования памятников олдована на Северо-Восточном Кавказе. М.: Таус, 2007. 52 с.
18. Титов В.В. Крупные млекопитающие позднего плиоцена Северо-Восточного Приазовья. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – 264 с.
19. Деревянко А.П. Заселение человеком Евразии в раннем палеолите //Древнейшие миграции человека в Евразии. Махачкала. 2009. С. 5-28.

20. Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: бистратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: Изд-во МГУ, 2012. 264 с.
21. Таймазов А.И. Палеолитические памятники Усишинской долины Дагестана: автореферат дис. ... кандидата исторических наук. Махачкала, 2012. 29 с.
22. Шкатова В.К. Каспийский регион - опорный стратиграфический разрез “квартера России” //Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. С. 702-704.
23. Соломина О.Н., Калугин И.А., Александрин М.Ю., Бушуева И.С., Дарин А.В., Долгова Е.А., Жомелли В., Иванов М.Н., Мацковский В.В., Овчинников Д.В., Павлова И.О., Разумовский Л.В., Чепурная А.А. Бурение осадков оз. Караколь (долина р. Теберда) и перспективы реконструкции истории оледенения и климата голоцена на Кавказе //Лед и снег. № 2. 2013. С.102-111.
24. Данукалова Г.А. Стратотипы и опорные разрезы подразделений нижнего квартера (гелазский ярус) на территории южного предуралья //Геологический сборник. 2014. С. 58-74.
25. Щелинский В. Е. Эоплейстоценовая раннепалеолитическая стоянка Родники 1 в Западном Предкавказье. СПб.: ИИМК РАН, ООО «Периферия», 2014. 168 с.
26. Анойкин А.А. Палеолит Приморского Дагестана. Диссертация на соискание ученой степени доктора исторических наук. Новосибирск: Институт археологии и этнографии СО РАН, 2017. 538 с.
27. Amirkhanov, H.A., Ozherel'ev, D.V., Gribchenko, Y.N., Sablin, M.V., Semenov, V.V., Trubikhin, V. Early Humans at the eastern gate of Europe: The discovery and investigation of Oldowan sites in northern Caucasus(Article) //Comptes Rendus - PalevolVolume 13, Issue 8, 2014, Pages 717-725. DOI: 10.1016/j.crpv.2014.06.004.
28. Vera S. Baigusheva, Vadim Titov, Irina V. Foronova Teeth of early generations of Early Pleistocene elephants (Mammalia, Elephantidae) from Sinyaya Balka/Bogatyri site (Sea of Azov Region, Russia) //Quaternary International. 2016. (420). Pages 308-318. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.08.007
29. Natalia Ryabogina, Aleksandr Borisov, Idris Idrisov, Marat Bakushev Holocene environmental history and populating of mountainous Dagestan (Eastern Caucasus, Russia) //Quaternary International. 2018. In press. DOI: 10.1016/j.quaint.2018.06.020.

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-47-53

СЕЙСМИЧНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА ЗА ПЕРИОД 1960–2006 гг.

Идармачев¹ Ш.Г., Быкова² В.В. Идармачев¹ А.Ш.¹Институт геологии ДНЦ РАН, ²Институт физики Земли РАН

В работе проведен анализ пространственно-временного распределения сейсмичности территории Восточного Кавказа по двум различным каталогам: Дагестанского филиала геофизической службы РАН и Северной Евразии. Для периода наблюдений с 1960 по 2006 гг. максимальная концентрация эпицентров землетрясений сосредоточена в радиусе 40 км от центра с координатами 43,00° Сев. Шир. и 47,00° Вос. Дол. Временное распределение землетрясений показывает, что всплески сейсмической активности совпадают с периодами: 1) сильного землетрясения магнитудой 6,6 в 1970 г.; 2) заполнения Чиркейского водохранилища в 1974 г.; 3) землетрясения магнитудой 5,7 в 1999 г. Установлено, что по числу и точности определения параметров очагов землетрясений каталог Дагестанского филиала геофизической службы РАН превосходит каталог Северной Евразии, тем самым позволяет исследовать сосредоточенную и рассеянную компоненты сейсмичности.

Ключевые слова: эпицентр землетрясений, сосредоточенная и рассеянная сейсмичности, график повторяемости.

SEISMICITY OF THE TERRITORY OF THE EASTERN CAUCASUS FOR THE PERIOD OF 1960-2006

Idarmachev¹ Sh.G., Bikova² V.V., Idarmachev¹ A.Sh.¹Institute of Geology of Dagestan scientific center RAS²Institute of physics of the Earth RAS

The paper analyzes the spatial and temporal distribution of seismicity in the territory of the Eastern Caucasus in two different directories: Dagestan branch of the geophysical service of RAS and Northern Eurasia. For the observation period from 1960 to 2006, the maximum concentration of earthquake epicenters is concentrated in a radius of 40 km from the center with coordinates 43,00° Northern Latitude and of 47.00° East Longitude. The temporal distribution of earthquakes shows that the bursts of seismic activity coincide with the periods of: 1) a strong earthquake of magnitude 6.6 in 1970; 2) fill the Chirkey reservoir in 1974; 3) earthquakes with a magnitude of 5.7 in 1999. Found that the number and accuracy of determining the parameters of the earthquakes catalog of the Dagestan branch of the geophysical service of the RAS is superior to the catalogue of Northern Eurasia, thereby allows to explore a concentrated and scattered components of seismicity.

Keywords: earthquake epicenter, concentrated and scattered seismicity, repeatability graph.

Дагестан является самым сейсмически активным районом европейской части России. Как в историческом прошлом, так и в последние годы, здесь известны многочисленные сильные и разрушительные землетрясения. Это нашло свое отражение и на карте общего сейсмического районирования территории России. На рис. 1. представлен фрагмент карты ОСР97-С.



Рис. 1. Зоны интенсивности сотрясений в баллах MSK-64 для Восточного Кавказа

Видно, что значительная часть территории Восточного Кавказа, включая крупные города, располагается в зоне ожидаемых землетрясений интенсивностью сотрясения до 10 баллов для периода повторяемости 5000 лет. Однако как показывает, опыт распределение эпицентров землетрясений в земной коре проявляется неравномерно, в основном тяготеют к разломам. Практически в любой сейсмоактивной области можно найти разломы (молодые или старые), выделенные по различным признакам. Поэтому изучение сейсмичности конкретного района или региона представляет интерес с точки зрения фундаментальной науки и практического применения результатов исследования.

Целью настоящей работы является изучение собственной структуры сейсмичности Восточного Кавказа.

Особый толчок в развитии сейсмологических наблюдений на Кавказе дало разрушительное землетрясение в Дагестане 14 мая 1970 г. магнитудой $M=6,6$. Полевые наблюдения в районе землетрясения проводились эпицентральной сейсмологической экспедицией Института физики Земли АН СССР в содружестве с институтами Дагестанского филиала АН СССР. Материалы исследования этого землетрясения изложены в многочисленных трудах [Щебалин, 1997; Арефьев, 2003 и др.].

В настоящее время на территории Дагестана функционирует сеть из 14 сейсмостанций Дагестанского филиала объединенной геофизической службы РАН, которая регулярно публикует данные о землетрясениях в своих каталогах.

Для исследования сейсмичности территории Восточного Кавказа и прилегающих районов были использованы следующие каталоги: региональный каталог Dag [Общий каталог..., 2007] и каталог Северной Евразии, составленный для работы над картами ОСР97, Eur [Каталог Северной Евразии..., 1993] который в настоящее время продлен до 2006 г. Последний содержит и историческую часть, которая рассматривается отдельно. Для анализа была выбрана территория, слегка выходящая за административные границы республики: 41.00° – 44.00° Сев. Шир.; 45.50° – 49.00° Вос. Дол.

На рис. 2. приведены карты эпицентров, построенные по данным каталогов DAG и EUR для интервала времени с 1960 г.

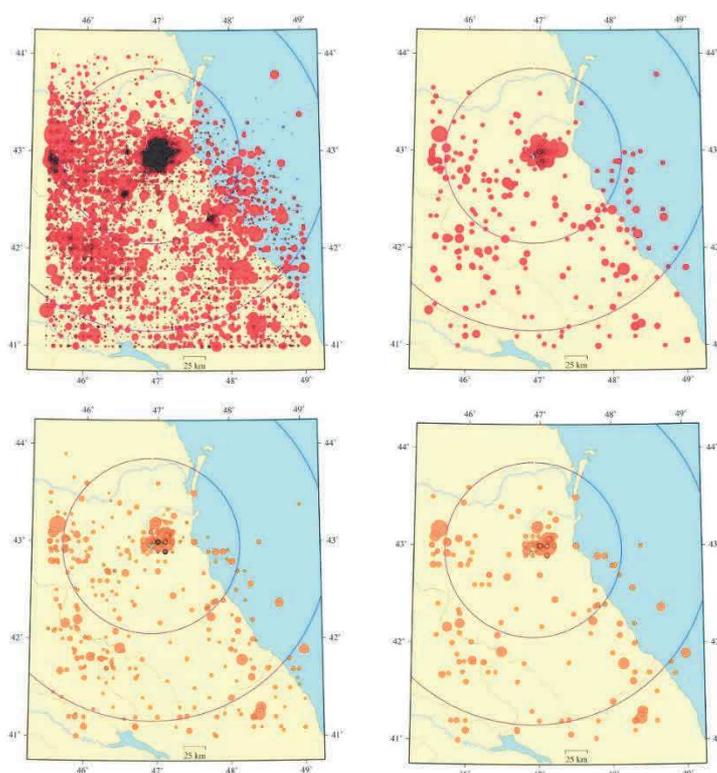


Рис. 2. Карты эпицентров землетрясений, зарегистрированных на территории Дагестана по каталогам DAG (а,б) и EUR (в,г); в) и г) для $K > 11$

Анализ представленных карт показывает, что несмотря на существенную разницу в числе сейсмических событий в каждом из рассмотренных каталогов (DAG с 1960 по 2005 гг. содержит 11965 событий, EUR 427, а для $K>11$ DAG 358 и EUR 184), основные особенности пространственного распределения эпицентров весьма стабильны. Это не дает нам возможности выбрать предпочтительный каталог и заставляет в ответственных ситуациях пользоваться двумя. Временной аспект представляют графики рис. 3.

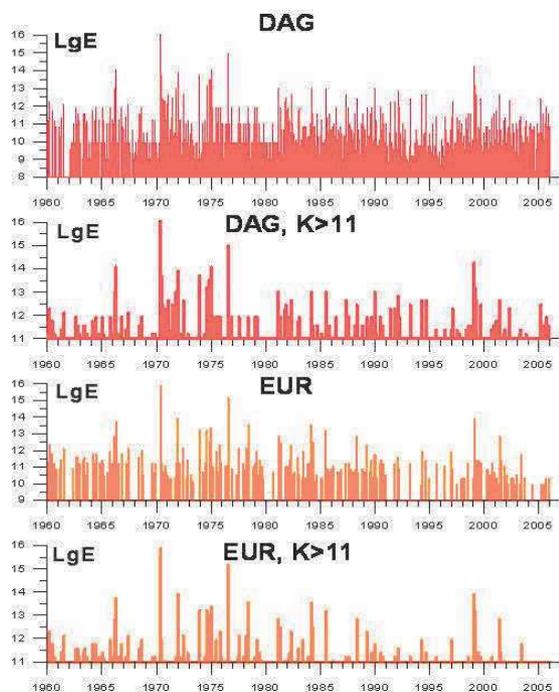


Рис. 3. Временной ход сейсмичности для разных каталогов

Из графика следует, что общие тенденции временного хода также сохраняются для двух каталогов, хотя, если пытаться выделить детали, то каталог DAG представляется более предпочтительным.

Историческая часть каталога EUR начинается с 457 г. [Новый каталог..., 1977] И хотя исторический каталог заведомо не полон, карта распределения эпицентров представлена на рис. 4.

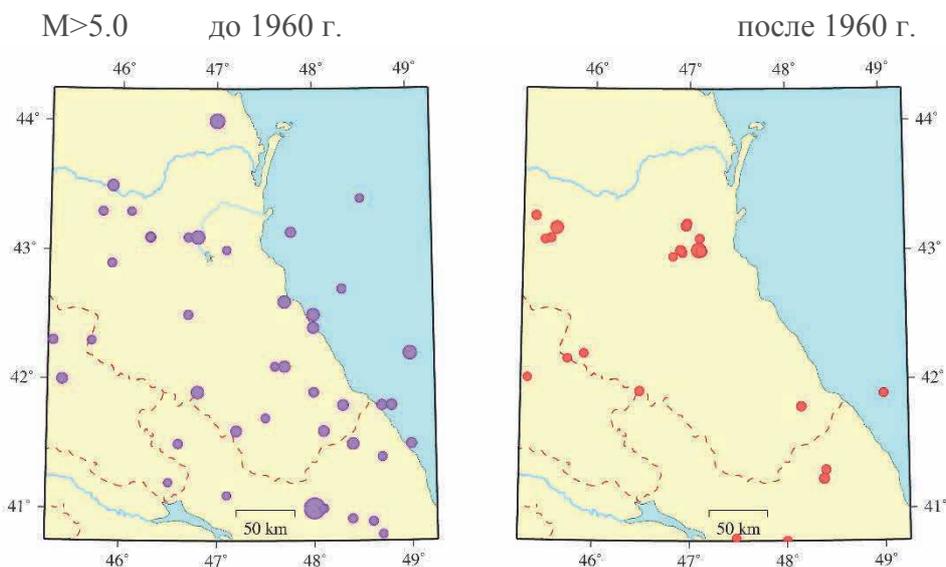


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений по каталогу EUR для $M > 5.0$ и двух интервалов времени

Из рисунка можно видеть, что землетрясения за большой период времени (до 1960 г.) покрывают территорию гораздо равномернее, чем события последних 45 лет. Это, конечно, отражает меньшую точность исторических данных, но, в первую очередь, говорит о высокой сейсмической опасности практически для всей территории.

Рассмотрим графики повторяемости по этим двум каталогам, рис. 5.

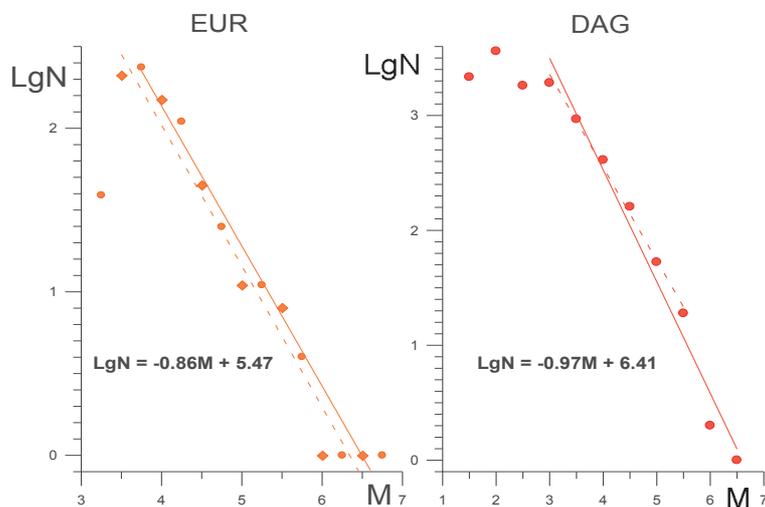


Рис. 5. Графики повторяемости

Данные до 1960 г. представительны для слишком больших магнитуд, поэтому не рассматриваются. Для интервала с 1960 г., судя по графикам повторяемости, представительность по магнитуде для каталога EUR $M > 3.25$, а для каталога DAG $M > 2.75$. Наклон, особенно для каталога DAG получается близким к 1.0 ($b = 0.97$), что косвенно подтверждает качество каталога.

На рис. 6 представлены графики изменения во времени сейсмической активности A_{10} и наклона графика повторяемости γ за период 1960-2005 гг.

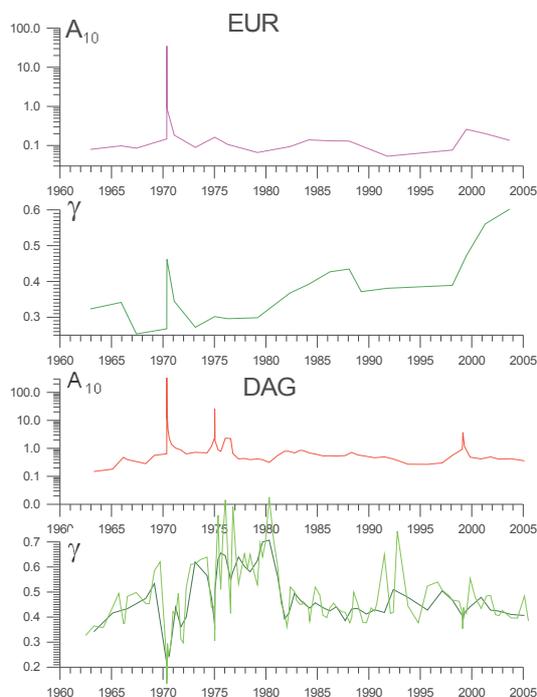


Рис. 6. Временной ход сейсмической активности (A_{10}) и наклона графика повторяемости (γ) за период 1960-2006 гг., построенные по различным каталогам; γ по DAG сделан с разными значениями окна осреднения (100 и 50 событий), для EUR окно 40 событий

На графике A_{10} (Dag) максимальные пики совпадают со временами сильных землетрясений в исследуемом районе: 14.05.1970, 23.12.1974, 09.01.1975, 28.07.1976, 31.01.1999. Все эти сильные землетрясения произошли в районе Сулакского каскада ГЭС (ближе 40 км от центра Чиркейского водохранилища) и только событие 1976 г. удалено на 110 км. В период этих землетрясений на графике повторяемости γ (Dag) наблюдается увеличение угла наклона от 0.2-0.3 до 0.6-0.65. В последующие 5 лет он увеличивается до 0.45 и держится стабильно, примерно, на этом же уровне.

Картина на графиках для каталога EUR несколько иная, и если для активности определенная преобладанность может быть отмечена, хоть и в сильно сглаженном виде, то для наклона графика повторяемости картина сильно отличается. Впрочем, это обстоятельство вполне объясняется недостаточностью статистики по каталогу EUR. Поскольку на картах эпицентров землетрясений для интервалов с 1960 г. хорошо видны сгущения и разрежения в облаке эпицентров, представилось целесообразным более детально рассмотреть это явление, воспользовавшись методикой разделения сейсмичности на сосредоточенную и рассеянную компоненты сейсмичности [Арефьев и др., 1989]. Методика основана на одном из вариантов кластерного анализа, а также использует индекс Мирошиты [Ouchi et al., 1985; Арефьев, 2003]. Индекс Мирошиты позволяет диагностировать характер пространственного распределения точек (в нашем случае эпицентров землетрясений) на плоскости, отличая регулярное, случайное и кластеризованное (сгущенное) и даже оценивать степень сгущенности. На базе каталога DAG такое разделение было выполнено и результат представлен на рис. 7.

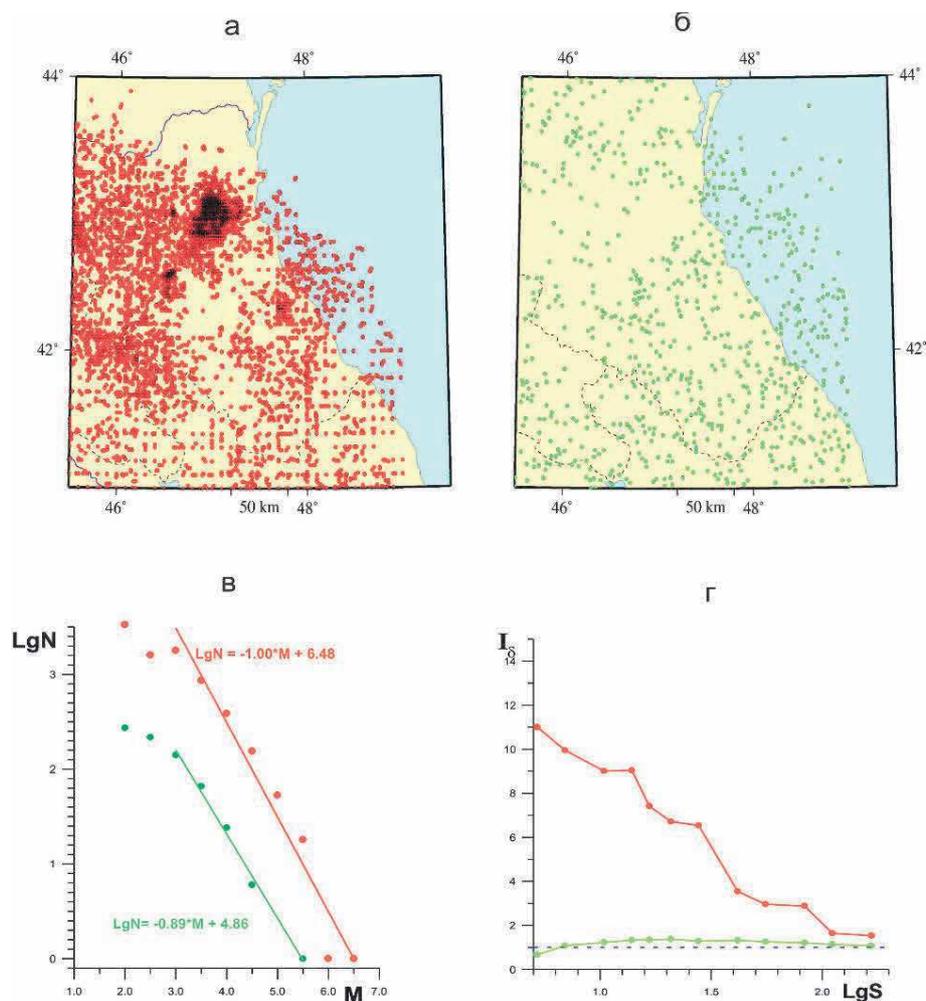


Рис. 7. Карты эпицентров для сосредоточенной (а) и рассеянной (б) компонент сейсмичности, графики повторяемости (в) и графики индекса Моришиты (z) для соответствующих компонент

Хорошо виден высокий уровень кластеризованности. Наибольшая концентрация эпицентров отмечается в районе Сулакского каскада ГЭС. Однако по величине наклона графика повторяемости компоненты различаются незначительно.

Выводы

1. На основе анализа сейсмичности территории Восточного Кавказа период наблюдений 1960–2006 гг. по двум различным каталогам – Дагестанского филиала геофизической службы РАН и Северной Евразии – установлено, что наибольшая концентрация очагов землетрясений сосредоточена на территории Дагестана с координатами 43,00° Сев. Шир. и 47,00° Вос. Дол. Максимальная концентрация очагов наблюдается в районе Сулакского каскада ГЭС, в радиусе 40 км от центра Чиркейского водохранилища.

2. Временное распределение землетрясений показывает, что всплески сейсмической активности совпадают с периодами: 1) сильного землетрясения магнитудой 6,6 в 1970 г.; 2) заполнения Чиркейского водохранилища в 1974 г.; 3) землетрясения магнитудой 5,7 в 1999 г.

3. По числу и точности определения параметров очагов каталог Дагестанского филиала геофизической службы РАН превосходит каталог Северной Евразии, тем самым позволяет исследовать сосредоточенную и рассеянную компоненты сейсмичности.

Литература

1. Арефьев С.С., Татевосян Р.Э., Шебалин Н.В. Способ измерения параметров сейсмического режима. А.с. №4610030/31 от 27.12.1989 //Б.И.
2. Арефьев С.С. Эпицентральные сейсмологические исследования. М.: ИКЦ «Академкнига». 2003. 375 с.
3. Каталог землетрясений Северной Евразии. Обнинск. 1993. 65 с.
4. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука. 1977. 519 с.
5. Общий каталог землетрясений на территории Дагестана. Махачкала.: Эпоха. 2007. 393 с.
6. Шебалин Н.В. Сильные землетрясения. М.: «Академия горных наук», 1997. 541.
7. Ouchi T., Uekawa T. Statistical analysis of the spatial distribution of the earthquakes – variation of the spatial distribution of the earthquakes before and after large earthquakes // Prepr.Subm. Phys. Earth and Planet Inter. 1985. 19 p.

УДК 550.3

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-54-62

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ РЯДАМИ ВАРИАЦИЙ КАЖУЩЕГОСЯ
СОПРОТИВЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПОЛУЧЕННЫХ
НА СЕТИ СТАНЦИЙ ИГ ДНЦ РАН

Алиев И.А., Мусаев М.А.

Институт геологии ДНЦ РАН

В статье рассматриваются результаты наблюдений вариаций кажущегося сопротивления горных пород, полученных на сети геофизических станций Института геологии ДНЦ РАН: измерительных пунктов Махачкала, Турали, Чиркей и Избербаш. Показано, что в наблюдаемых вариациях отмечаются и эндогенные и экзогенные причины. Корреляционный анализ между рядами вариаций кажущегося сопротивления горных пород показал, при повышении коэффициента корреляции разрядка тектонических напряжений идет в северо-восточном направлении по разломам Кавказа, а при понижении – в северо-западном направлении по Анатолийским разломам Турции.

Ключевые слова: кажущееся сопротивление горных пород, тектонические напряжения и деформации от сейсмических событий, геомагнитная активность, гравитационные явления, коэффициент корреляции

ANALYSIS OF CORRELATION BETWEEN THE SERIES VARIATIONS
OF APPARENT RESISTIVITY OF ROCKS OBTAINED ON A NETWORK
OF STATIONS IG DSC RAS

Aliev I.A., Musaev M.A.

Institute of Geology, Dagestan scientific center, RAS

The article discusses the results of observations of variations of apparent resistance of rocks obtained on the network of geophysical stations of the Institute of Geology, Dagestan scientific center, Russian Academy of Sciences: measuring points Makhachkala, Turali, Chirkey and Izberbash. It is shown that there are both endogenous and exogenous causes in the observed variations. The correlation analysis between the series of variations of the apparent resistance of rocks showed that with increasing correlation coefficient, the discharge of tectonic stresses goes in the North-East direction along the faults of the Caucasus, and with decreasing – in the North-West direction along the Anatolian faults of Turkey.

Keywords: apparent resistivity of rocks, tectonic stresses and deformation from seismic events, geomagnetic activity, gravitational phenomena, correlation coefficient

Введение

Для изучения геологических процессов различного происхождения на территории Восточного Кавказа, анализа сейсмической активности и последовательных движений эпицентров сейсмических событий, во избежание ошибочных выводов, была выбрана территория, выходящая за пределы Большого и Малого Кавказа.

Сейсмическая активность Черноморско-Кавказско-Каспийского региона, как мы отмечали и ранее [1, 2, 3] это результат перераспределения тектонических напряжений в земной коре общепланетарного и тектонических факторов местного масштабов. Одна из причин этой сейсмичности - тектонические напряжения, вызываемые движением Аравийской плиты на север и Африканской на северо-восток. Достаточно детальную информацию о современных движениях удастся в последние годы получать с использованием глобальной системы позиционирования (GPS). В частности, в обширном регионе, от севера Африки и Аравийского полуострова до Большого Кавказа, в течение периода с 1988 г. по 1997 г. были проведены исследования с использованием 189 GPS станций. Эти исследования [10] позволили уточнить скорости движения отдельных плит. Так GPS станции, расположенные на Аравийской плите показали, что она движется со скоростью 18 ± 2 мм/год в направлении север - северо-запад (азимут $25^\circ \pm 5^\circ$) относительно Евразийской плиты. Станции в Египте показали движение Африканской плиты на север со скоростью 6 ± 2 мм/год. Восточная Турция характеризуется распределенными деформациями, в то

время как Центральная Турция движется практически как единое целое на запад с вращением против часовой стрелки. Скорость движения Аравийской плиты величина не постоянная, у авторов [10] за десятилетний период наблюдений равна 18 ± 2 , и [11] за разные периоды исследований равны 22 ± 2 и 30 ± 2 мм/год.

GPS исследования, проведенные в Азербайджане [8, 9] показали скорости движения блоков в направлении север - северо-восток относительно Евразии до 20 мм/год, но они не постоянны. Данные по современным движениям блоков в Дагестане [7], показывают четкую северо-восточную тенденцию смещения их до 20 мм/год. Следовательно, основной вклад в смещение блоков в рассматриваемом районе вносят тектонические напряжения, возникающие вследствие движения, давления рассматриваемых выше плит. Для разрядки этих накапливающихся тектонических напряжений наблюдаются два пути: северо-западный по Анатолийским разломам и северо-восточный по разломам Кавказа. И только анализ последовательных движений эпицентров сейсмических событий дает ответ, по какому из направлений идет процесс.

Исследование сейсмичности территории анализируемой области

Для анализа сейсмической активности и последовательных движений эпицентров была выбрана область с координатами: по широте от 34° до 46° СШ, и по долготе от 40° до 56° ВД. И сейсмические события с $M \geq 4$ и глубиной очага от 4 до 50 км, которые в большинстве случаев отражаются в вариациях кажущегося сопротивления горных пород (КС) и концентраций растворенных газов в изливающихся скважинах на сети станций наблюдений ИГ ДНЦ РАН. В выбранную область входят Кавказ, Каспийское море и части территории Турции, Ирака, Ирана, Казахстана и Туркменистана.

На рис. 1. представлено количество значительных сейсмических событий (СС) с магнитудой $M \geq 4$, происшедших в выбранной области за период 2006 - 2016 гг. Как видно из рисунка “фоновое” количество значительных сейсмических событий менее 10 в месяц. Отмечаются несколько периодов всплесков сейсмичности в 2008, 2010, 2011, 2012 и 2013 гг. Всплеск сейсмической активности в октябре 2008 года это процесс разрядки накопившихся тектонических напряжений идущий в северо-восточном направлении. Эпицентры сейсмических событий последовательно смещаются на север и северо-восток: от Ирана - Турецкой границы к Кавказу. Анализ последовательных передвижений эпицентров сейсмических событий показал, что все эти события можно условно разбить на группы (между которыми наблюдаются периоды затишья). В каждой группе эпицентры в основном движутся на север и северо-восток, а после перехода Большого Кавказа смещаются на восток и процесс завершается серией сейсмических событий с эпицентрами правее Срединного разлома в Каспийском море или Туркменистане, с последующим затуханием движения в этой группе. Изредка несколько эпицентров двигаясь на северо-запад, попадают на территорию Крыма вдоль линии разлома главного Кавказского хребта, вне рассматриваемой области. После периода затишья продолжается движение других групп. Наблюдается своеобразное волнообразное движение эпицентров. Тот факт, что процесс движения эпицентров в каждой группе заканчивается правее Срединного разлома говорит о том, что после разрядки и перераспределения возникших тектонических напряжений смещение блоков в рассматриваемом районе должно быть в направлении северо-восток, которое мы, и наблюдаем по данным GPS исследований [7, 10, 11].

Следующая серия всплесков сейсмической активности 2010, 2011, 2012 и 2013 гг. произошла на территории востока Турции, северо-запада Ирана и границы Грузии и Азербайджана, в эти периоды коэффициенты корреляции рядов данных на сети станций невысокие ($k < 0.2$). Особо следует отметить всплеск сейсмической активности октября 2011 г. Из более 130 значимых с магнитудой $M \geq 4$ сейсмических событий ни одно не вышло из области между северным и восточным Анатолийскими разломами.

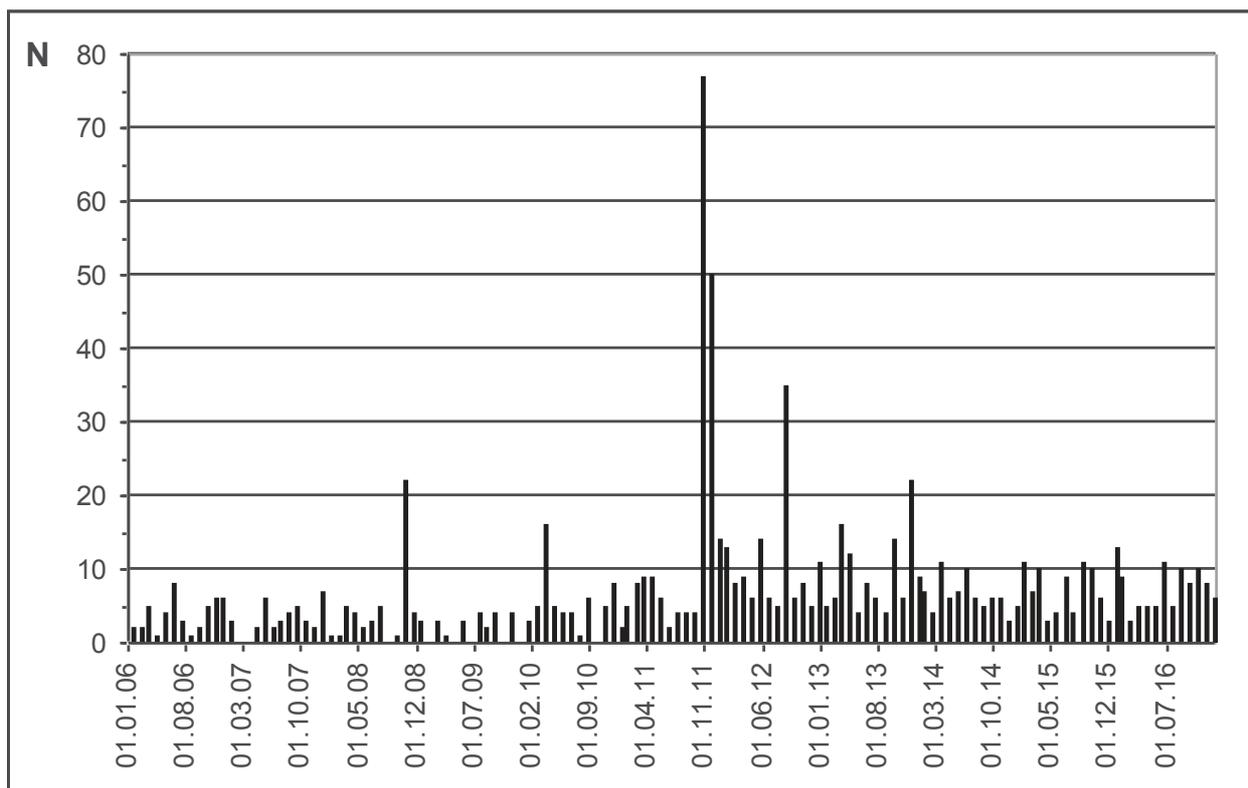


Рис. 1. Количество наиболее значительных сейсмических событий с $M \geq 4$, происшедших в выбранной области за период 2006 - 2016 гг.

Все это является доказательством верности выявленной нами закономерности о двух путях разрядки накапливающихся тектонических напряжений: северо-западном по Анатолийским разломам и северо-восточном по разломам Кавказа.

Рассмотрим распределение эпицентров СС с магнитудой $M \geq 4$, за 2012 - 2016 гг.

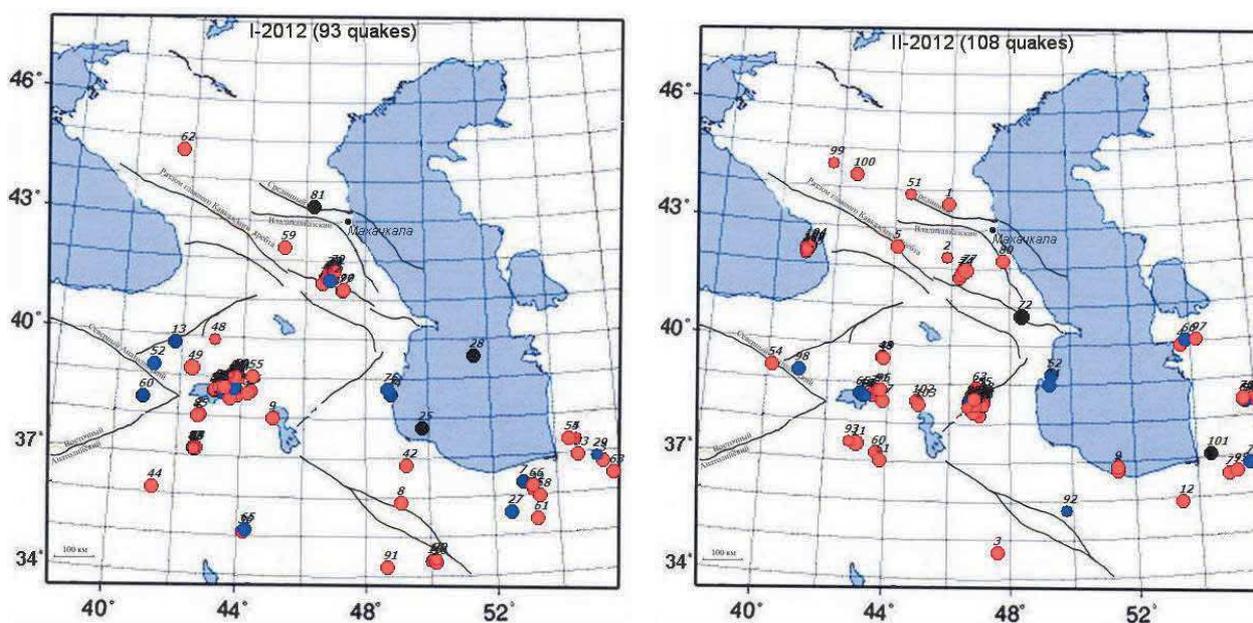


Рис.2а Распределение эпицентров сейсмических событий по полугодиям в 2012 г.

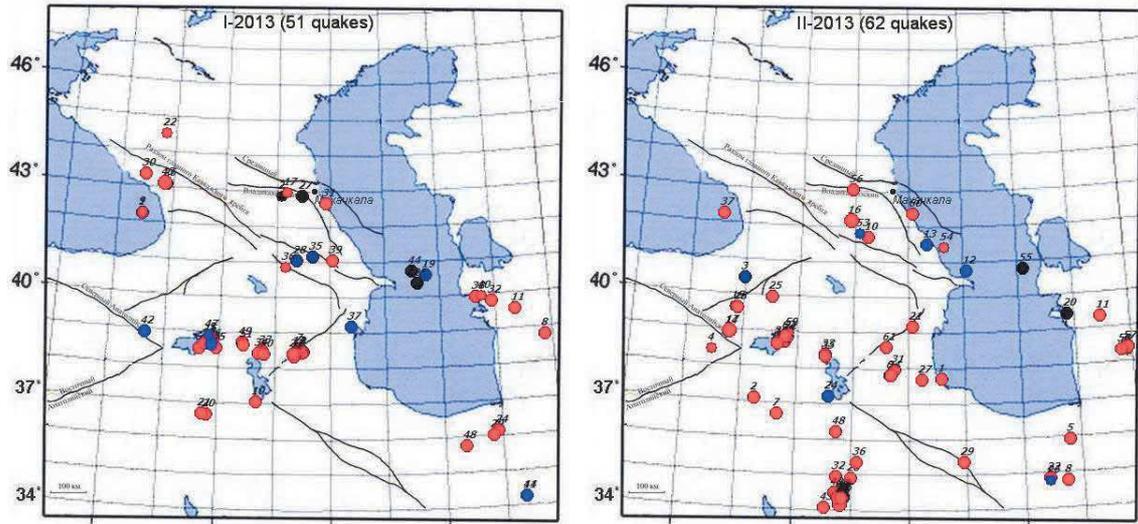


Рис.26 Распределение эпицентров сейсмических событий по полугодиям в 2013 г.

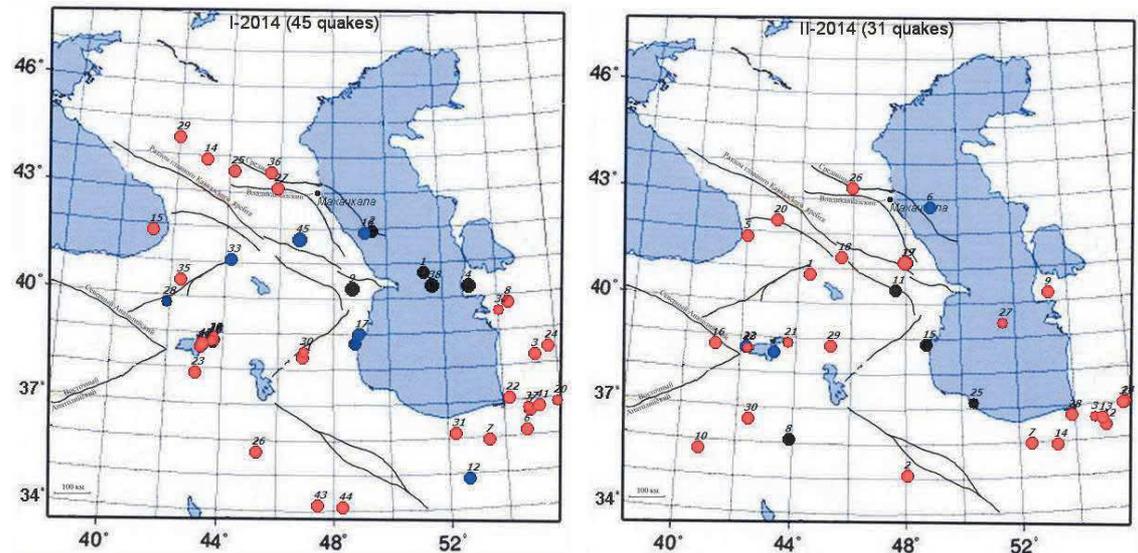


Рис.2в Распределение эпицентров сейсмических событий по полугодиям в 2014 г.

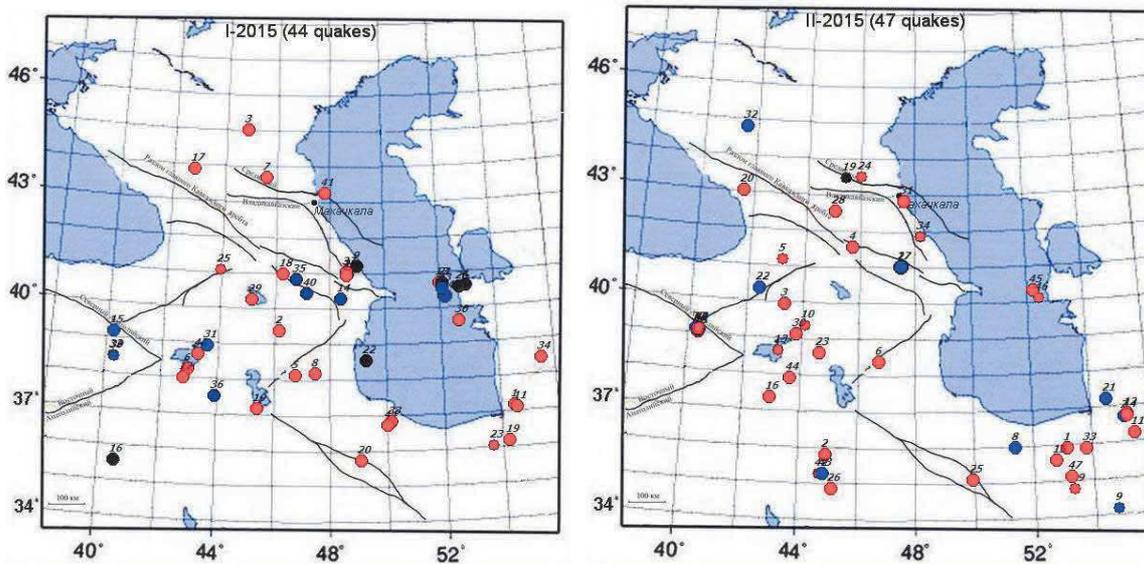


Рис. 2г. Распределение эпицентров сейсмических событий по полугодиям в 2015 г.

На рис. 2 (а, б, в, г, д) представлены последовательные перемещения эпицентров сейсмических событий по полугодиям за период (2012 – 2016 гг.). Как видно из рисунка за рассматриваемый период из 490 последовательных СС с магнитудой $M \geq 4$ происшедших на анализируемой территории, на территории Дагестана произошло всего 20 из 70 перешедших Большой Кавказский хребет. Это также показывает, что основное направление разрядки накапливающихся тектонических напряжений идет в северо-западном направлении, по Анатолийским разломам Турции, и коэффициенты корреляции рядов данных $k < 0.2$.

Рассмотрим, как распределены все сейсмические события с магнитудой $M > 5$ на обеих полушарах нашей планеты. Как видно из рисунка 3.(а) эпицентры СС с $M > 5$ распределены, в основном, в 3 областях. Первая - в верхней полусфере над Тихим океаном, от северо-западной части Южной Америки к Аляске далее от Камчатки через Японию к Новой Гвинее; вторая - Бенгальский залив, Индонезия, Малайзия, Филиппины; третья – в полосе $15^\circ - 100^\circ$ ВД и $20^\circ - 50^\circ$ СШ. Левая часть третьей области это место максимальных вариаций тектонических напряжений вызываемых движением Аравийской плиты на север и Африканской на северо-восток и противоборства Евразийской плиты этому. В этой же части третьей области находится и сеть станций ИГ ДНЦ РАН. Поэтому в наблюдаемые вариации КС значительный вклад вносят деформации от СС.

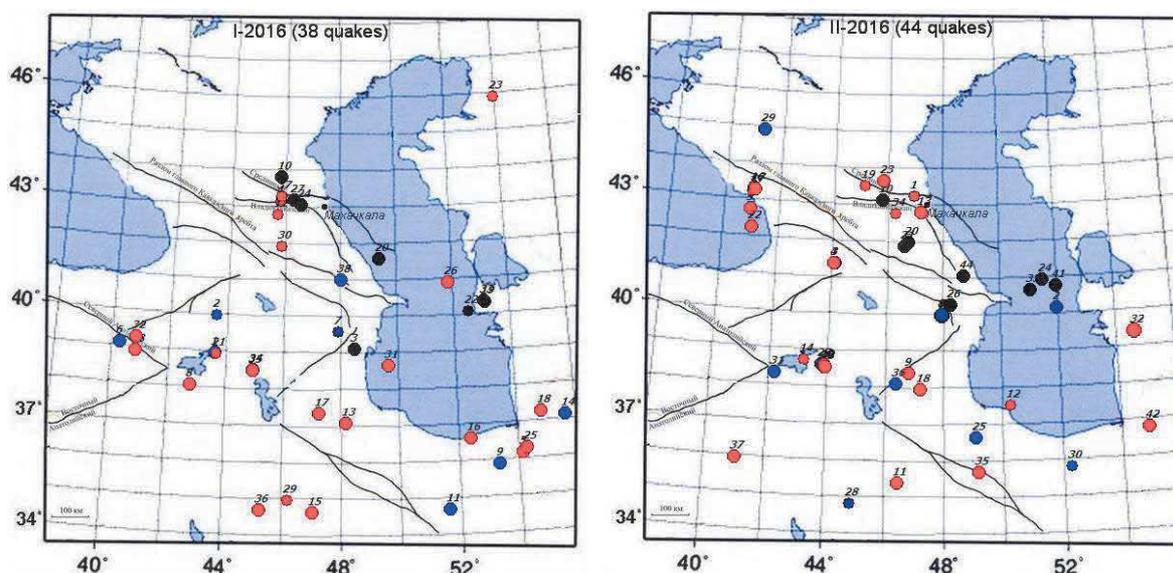


Рис.2д Распределение эпицентров сейсмических событий по полугодиям в 2016 г.

Движение рассматриваемых Аравийской и Африканской плит не равномерно. В зависимости от длины наблюдаемого ряда значений, различных периодов наблюдений у авторов [10, 11] меняется и среднее вычисленное значение скорости движения плит. Можно с уверенностью говорить лишь о волнообразном изменении скорости движения плит, а вот какие процессы и что вызывает такие изменения, вопрос остается открытым. Могут ли только эндогенные процессы быть их причиной - считаем, нет. Им свойственны длительный период - непрерывность или очень короткий период - импульсивность. Результатом эндогенных процессов могут быть: 1- непрерывное волнообразное изменение движения рассматриваемых плит или другими словами волнообразное изменение геодеформационного поля, 2- импульсные изменения.

В [4, 5, 6] были рассмотрены результаты наблюдений вариаций КС горных пород, полученных на сети измерительных пунктов ИГ ДНЦ РАН в 2012 -2016 гг. Показано, что в наблюдаемых вариациях отмечаются и эндогенные и экзогенные причины. Из эндогенных причин отме-

чено, что в вариации наблюдаемых геофизических параметров значительный вклад вносят тектонические напряжения и деформации от сейсмических событий. Из экзогенных причин: основной вклад идет от Солнечно-Земных связей – изменений геомагнитной активности и гравитационных явлений, связанных с движениями Земли в Солнечной системе и Галактике.

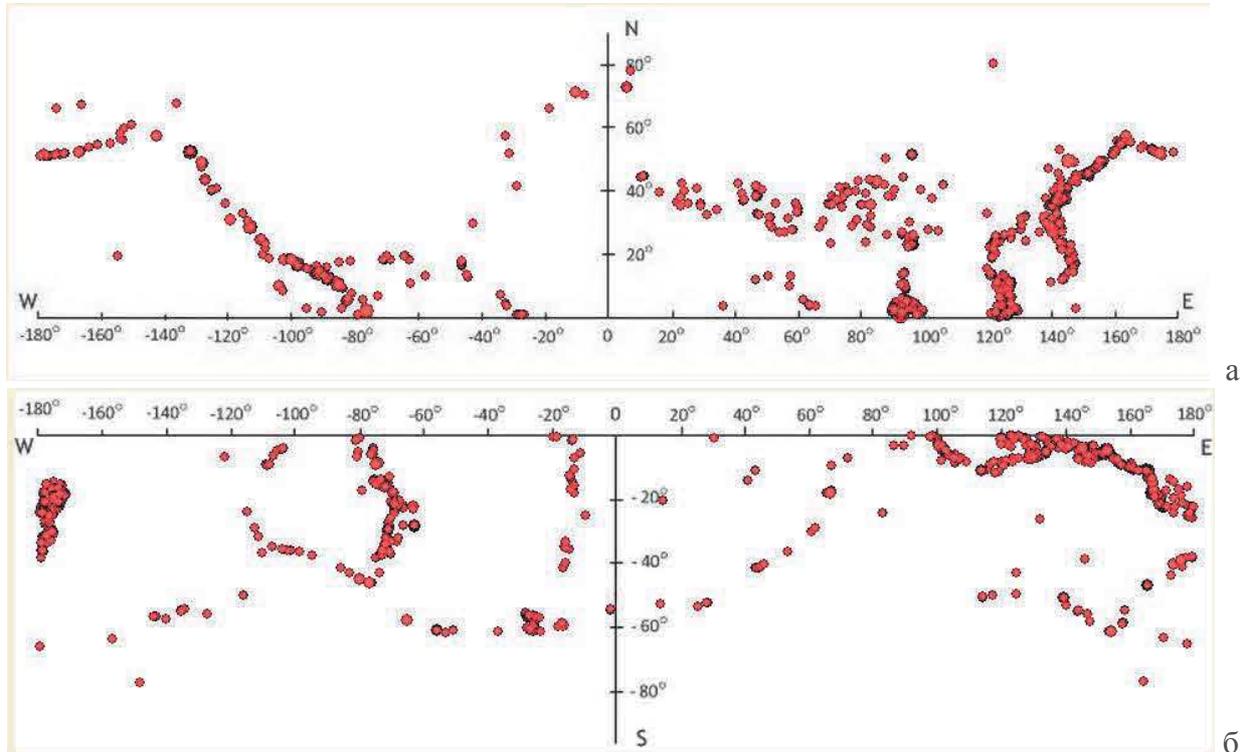


Рис.3. Распределение сейсмических событий с $M > 5$ за 2012 г. от 0° до $+80^\circ$ - (а), и от 0° до -80° - (б).

Как мы уже упоминали [1, 2, 3] в зависимости от значения коэффициента корреляции между рядами наблюдаемых геофизических и геохимических параметров наблюдается и изменение направления разрядки тектонических напряжений и вызываемых ими повышения сейсмической активности, изменение направления смещения последовательных эпицентров сейсмических событий. Для такой оценки значений коэффициента корреляции между рядами наблюдаемых параметров проанализируем ряды наблюдений сети станций ИГ ДНЦ РАН с 2006 по 2016 гг.

На рис. 4. представлены вариации коэффициента корреляции рядов данных на сети станций за рассматриваемый период. До всплеска сейсмической активности в 2007-2008 гг. коэффициент корреляции повышается, а после всплеска в октябре 2008 г. резко понижается и далее все всплески выше “фонового” значения (рис. 1) идут в северо и северо-западном направлении, и при этом коэффициент корреляции всегда $k < 0.2$. На рис.5. представлены данные вариаций КС горных пород зарегистрированные геофизическими станциями «Георезистор» за 2006-2012 гг. (на Западном побережье Каспийского моря в районе нефтегазового месторождения, на измерительных пунктах Махачкала, Турали, Избербаш и в районе Чиркейской ГЭС). Анализ графиков показывает хорошую корреляцию вариаций данных КС зарегистрированных сетью наших станций (для 2006-2008 гг. рис.5-а и 2007-2009 гг. рис.5-б), а всплески сейсмической активности хорошо отражаются в импульсных вариациях КС на сети наблюдательных станций. Была отмечена повторяемость форм графиков за 2006-2008 для станций Турали и Махачкала и за 2007-2009 гг. для станций Чиркей и Избербаш. Для первой пары наблюдаем плавное повышение КС до середины лета, а затем плавное падение в конце года и так в течение 3-х летнего периода. В 2009 г. эти изменения КС менее выражены. Для второй пары, наоборот, в середине лета наблюдается

минимальное значение КС. Наблюдения на станциях Турали ведутся с 1997 г., а Махачкала с 2003 г. и такие изменения, как волнообразное затухание и плавное уменьшение амплитуды вариаций КС, зафиксированной волны с периодом около 1 года наблюдаются впервые.

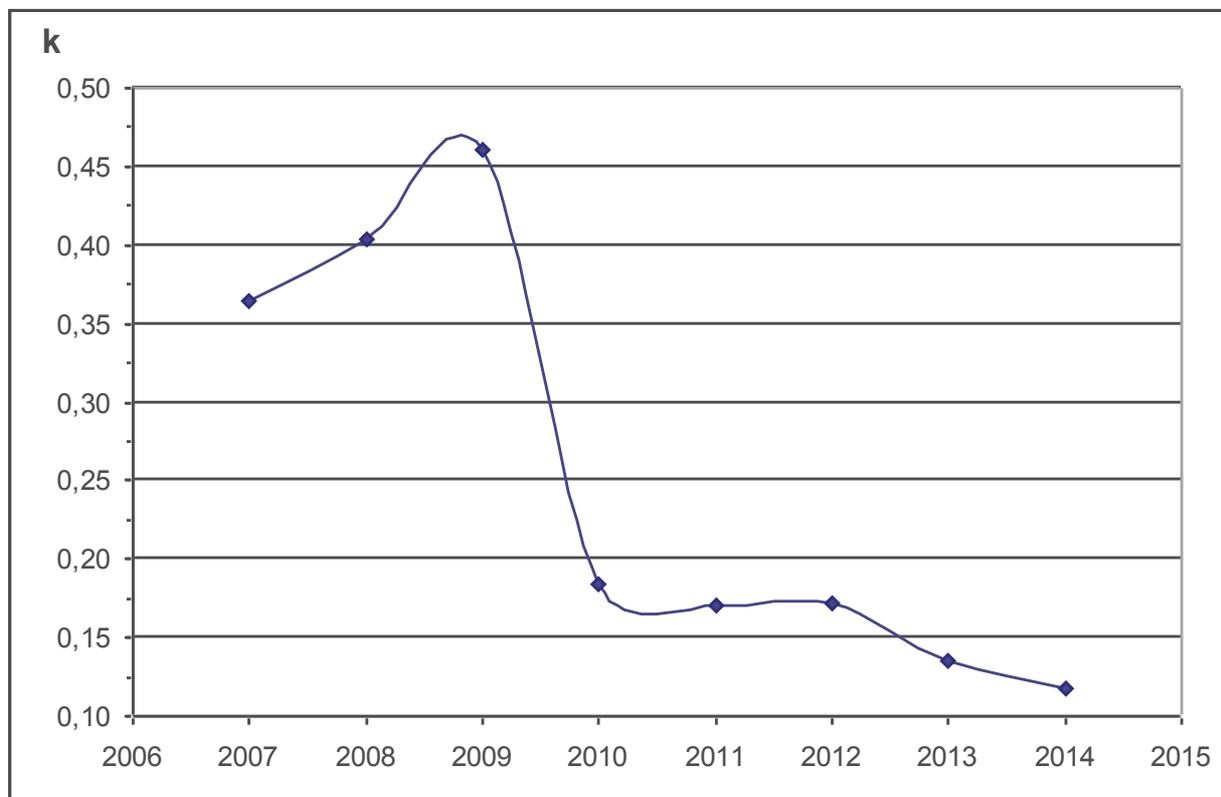
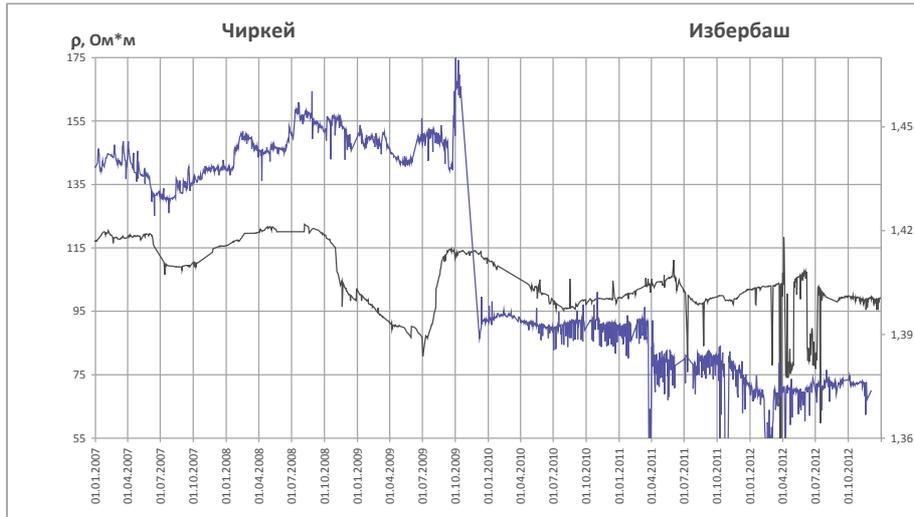


Рис. 4. Вариации коэффициента корреляции рядов данных сети станций ИГ ДНЦ РАН

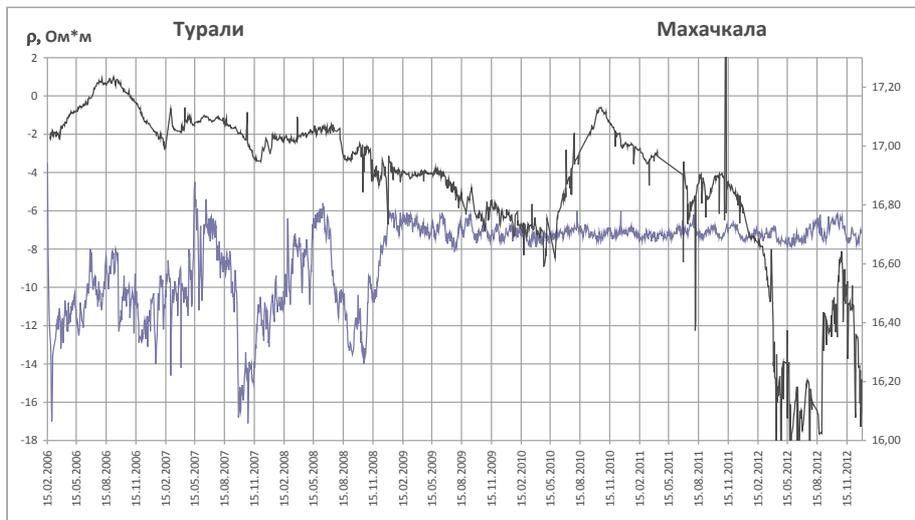
Анализ вариаций КС, представленный на рис. 5. (а – более наглядно) приводит нас к выводу, что затухающая геодеформационная волна вызвала всплеск сейсмической активности 2008 г. После затухания - всплеск сейсмической активности 2010 г., затем основная разрядка накопившихся тектонических напряжений всплески (октябрь, ноябрь) 2011 г. и, наконец, выравнивание остаточных напряжений - всплески 2012 – 2013 гг.

Мы наблюдаем короткое, не более 5 лет, воздействие с затухающей амплитудой и наиболее вероятно, что мы имеем дело с экзогенными процессами. Это какое-то периодическое, волнообразное внешнее воздействие на Землю, как планету в целом, которое в результате вызвало изменение, дополнительное движение или торможение Аравийской и Африканской плит. Все это позволяет нам сделать заключение, что наблюдаемое нами волнообразное изменение КС есть распространение затухающей геодеформационной волны, от дополнительного экзогенного воздействия на Землю.

Рассмотрим, как меняется количество наиболее значительных сейсмических событий с магнитудой $M \geq 4$, происшедших за год в выбранной области за период 2012 - 2016 гг. На рис. 6 представлены эти общие (за год) изменения. Как видим из рисунка после основной разрядки накопившихся тектонических напряжений экзогенного воздействия в 2011 г., с 2012 г. начинается общее (за год) уменьшение числа сейсмических событий в анализируемой области, еще не дошедшее до фонового значения. Это позволяет предположить, что именно экзогенное воздействие на Землю и вызывает увеличение сейсмичности выше «фоновое» значения в рассматриваемой области.



а



б

Рис.5. Вариации КС горных пород на семи станциях ИГ ДНЦ РАН за 2006-2012 гг.

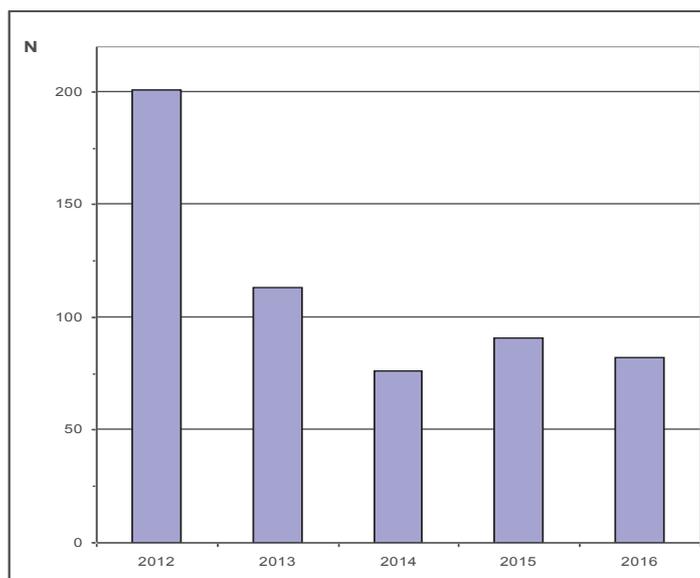


Рис. 6. Количество наиболее значительных сейсмических событий с $M \geq 4$, происшедших за год в выбранной области за период 2012 - 2016 гг.

Выводы

1. Одна из причин сейсмической активности Черноморско-Кавказско-Каспийского региона - тектонические напряжения, вызываемые движением Аравийской плиты на север и Африканской на северо-восток.

2. Анализируя изменения коэффициента корреляции рядов данных, записей кажущегося сопротивления на нашей сети станций, можно прогнозировать изменение сейсмической активности, связанной с тектоническими напряжениями.

Коэффициент корреляции между рядами анализируемых данных сети станций ИГ ДНЦ РАН имеет четкий физический смысл и его можно считать индикатором (индексом) состояния среды, не только района сети станций, но и всего Дагестана и Восточного Кавказа.

Литература

1. Алиев И.А., Магомедов А.Г., Идармачев А.Ш. Анализ вариаций геофизических полей в Черноморско-Кавказско-Каспийском регионе в свете современных геодинамических движений //Геология и геофизика юга России. № 2. 2013. С. 3-10.
2. Алиев И.А., Черкашин В.И., Мусаев М.А., Некоторые закономерности распределения эпицентров сейсмических событий в Черноморско-Кавказско-Каспийском регионе //Материалы II Международной научно-практической конференции «Природные опасности: связь науки и практики» Саранск, 23-25 апреля 2015 г. С. 7-14.
3. Алиев И.А., Мусаев М.А. Особенности распределения эпицентров сейсмических событий в Черноморско-Кавказско-Каспийском регионе в свете современных геодинамических движений //Материалы десятой Международной Сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных» Азербайджан 14 – 18 сентября 2015 г. С. 10-13.
4. Алиев И.А., Мусаев М.А., Магомедов А.Г. Анализ вариаций кажущегося сопротивления горных пород на измерительном пункте Махачкала за 2012 – 2016 гг. //Труды Института геологии ДНЦ РАН, № 1 (68), 2017. С. 84-94.
5. Алиев И.А., Мусаев М.А. Вариации геофизических параметров и сейсмической активности в районе измерительных пунктов «Избербаш-Чиркей» за 2012 – 2016 гг. //Труды Института геологии ДНЦ РАН, № 3 (71), 2017. С. 92-108.
6. Алиев И.А., Мусаев М.А., Магомедов А.Г. Анализ вариаций кажущегося сопротивления горных пород на измерительном пункте Турали за 2012 – 2016 гг. //Труды Института геологии ДНЦ РАН, №3 (74), 2018. С. 71-82.
7. Булаева Н.М., Галаганов О.Н. Спутниковый мониторинг современных геодинамических движений на территории Дагестана //НТЖ Мониторинг. Наука и Технологии. № 1(2). 2010. С. 27-35.
8. Кадиров Ф.А., Кадыров А.Г. и др. Сейсмическое районирование южного склона Большого Кавказа по фрактальным особенностям землетрясений, напряженному состоянию и по данным GPS скоростей //Физика Земли, 2013, № 4. С. 111-119.
9. Kadirov Fakhraddin et al., 2008. Some new data on modern tectonic deformation and active faulting in Azerbaijan (according to Global Positioning System Measurements) //Proceedings Azerbaijan National Academy of Sciences. The Sciences of Earth. №1, p.82-88.
10. McClusky S. et al. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus //Journal of Geophysical Research, 2000, 105, B3, pp. 5695-5719.
11. Vernant Ph. et al. Present – day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman //Geophysical Journal International, 2004, 157, pp. 381-398.

УДК 550.81

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-63-68

ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫЕ ГОРИЗОНТЫ ДАГЕСТАНСКОГО СЕКТОРА ЮГА ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ НЕФТЕГАЗОНОНОСТИ

Шалбузова Л.В., Меликов М.М.

Институт геологии ДНЦ РАН

Для геоструктурных элементов Дагестана выделяются наиболее привлекательные перспективные (по особенностям геологического строения и коллекторских свойств отложений) территории, для аккумуляции нефти и газа в условиях глубоко погруженных зон в палеозой-мезозойских отложениях.

Ключевые слова: нефть газ, глубокопогруженные зоны, тафроген, структура, тетоника, коллектор, УВ, катагенез.

THE DEEP-SHIPPED HORIZONS OF THE DAGESTAN SECTOR OF THE SOUTH OF EAST CAUCASUS AND THEIR NEFTEGAZONONOST'S PROSPECT

Shalbusova L.V., Melikov M.M.

Institute of Geology, Dagestan scientific center, RAS

For geostructural elements of Dagestan the most attractive perspective (on features of a geological structure and collection properties of deposits) are allocated to the territory, for accumulation of oil and gas in the conditions of deeply shipped zones in the Paleozoic - mesozoic deposits.

Keywords: oil gas, the deep-shipped zones, tafrogenez, structure, a tetonik, a collector, UV, катагенез.

Современное состояние развития нефтегазодобывающего комплекса в России свидетельствует о наметившейся тенденции проникновения геологоразведочных работ на большие глубины, приводящие к росту затрат на выявление новых перспективных объектов.

В старых нефтегазодобывающих районах России, в т.ч. и Кавказа с целью наращивания объемов добычи нефти и газа горизонты глубокопогруженных зон являются одним из важнейших источников. Эти проблемы актуальны не только на Кавказе, но и в Южно-Каспийской нефтегазоносной области (Азербайджан), юго-восточной части Урало-Поволжья, Волгоградской области, Прикаспийской впадине и др. В ближайшее время она встанет и перед другими старыми нефтегазодобывающими районами. Об этом свидетельствует и опыт по освоению глубокопогруженных горизонтов в США, в которых открыты крупные высокодебитные месторождения, залежи нефти и газа (более 500 залежей УВ). Однако, проблема освоения больших глубин ставит перед нефтяниками ряд новых задач технико-технологического характера – это усовершенствование бурового оборудования, геофизических приборов, измерительной аппаратуры и др, а так же и геологического характера – выявление благоприятных условий генерации УВ, закономерностей распространения их фазового состояния по мере увеличения глубин залегания продуктивных горизонтов, определения пространственного размещения пород-коллекторов, экранирующих свойств покрышек и др.

В связи с ростом количества дизъюнктивных разломов с глубиной изменяются ФЕС пород, а также уплотнение пород за счет геостатического давления и глубоких физико-химических процессов, ведет к ухудшению коллекторских свойств пород. Вместе с тем встречаются случаи аномальных значений коллекторских свойств пород, где сохранена первичная пористость, либо возникла вторичная, за счет чего сохранены первоначальные условия. Так, на месторождении Зыряморе (Азербайджан), и Днепровско-Донецкой впадине, пористость пород составляет 25-30% при проницаемости от 30 до 147 мД, что в 4-5 раз превосходит их значения на других площадях [1]. Видимо, на конечные результаты влияют перерывы в осадконакоплении, гидродинамическая обстановка в региональных зонах, литологические и стратиграфические несогласия, постседиментационные процессы и др. На основании многолетних исследований накоплен определенный

фактический материал, свидетельствующий о том, что распространение нефти на глубину ограничивается изотермой 177 °С (Ландес А.К., 1967). Последующими исследованиями геологов-нефтяников ОАО «Грознефть» установлено, что на месторождении Гудермес в верхнемеловых отложениях замеренная пластовая температура составила 187 °С. В этих условиях вода и УВ могут стать взаиморастворимыми (Скрипка В.Г., 1976). Однозначное решение указанных проблем направит вектор работ на ключевые моменты освоения глубоких горизонтов на Кавказе.

По особенностям геологического строения глубокопогруженные зоны в Дагестане имеют распространение в пределах Кавказского сектора Альпийского горно-складчатого пояса, Скифско-Туранской плиты и разделяющих их Терско-Каспийский передовой прогиб, причем каждый из перечисленных крупных геоструктурных элементов сложены осадочными породами разного возраста [2]. В пределах Кавказского орогена глубокопогруженные зоны сложены песчано-глинистой толщей юрских отложений; на Терско-Каспийском передовом прогибе – карбонатной толщей эоцена, верхнего мела и терригенно-карбонатными породами нижнего мела и юры; и на Скифско-Туранской плите – вулканогенно-осадочной толщей в тафрогеосинклиналях (надразломных образованиях) верхнего палеозоя и триаса. В разрезе осадочного комплекса Скифско-Туранской плиты триасовые отложения распространены широко и представлены всеми тремя отделами. Область их распространения относится к глубинам свыше 5000 м (рис.1).

Отложения нижнего триаса подразделяются на две толщи: нижняя и верхняя. Нижняя толща карбонатных пород представлена нефтекумской свитой, относящаяся условно к индскому ярусу нижнего триаса, а верхняя – к молодежнинской свите олёнецкого яруса. Нефтекумская свита представлена известняками, доломитами белого и серого цвета, трещиноватыми, местами кавернозными и выветрелыми. Они трансгрессивно, со следами перерыва, залегают на аркозовых песчаниках куманской свиты (пермь). Нижняя пачка содержит примеси пелитового материала и имеет стабильную мощность – 75-80 м [3].

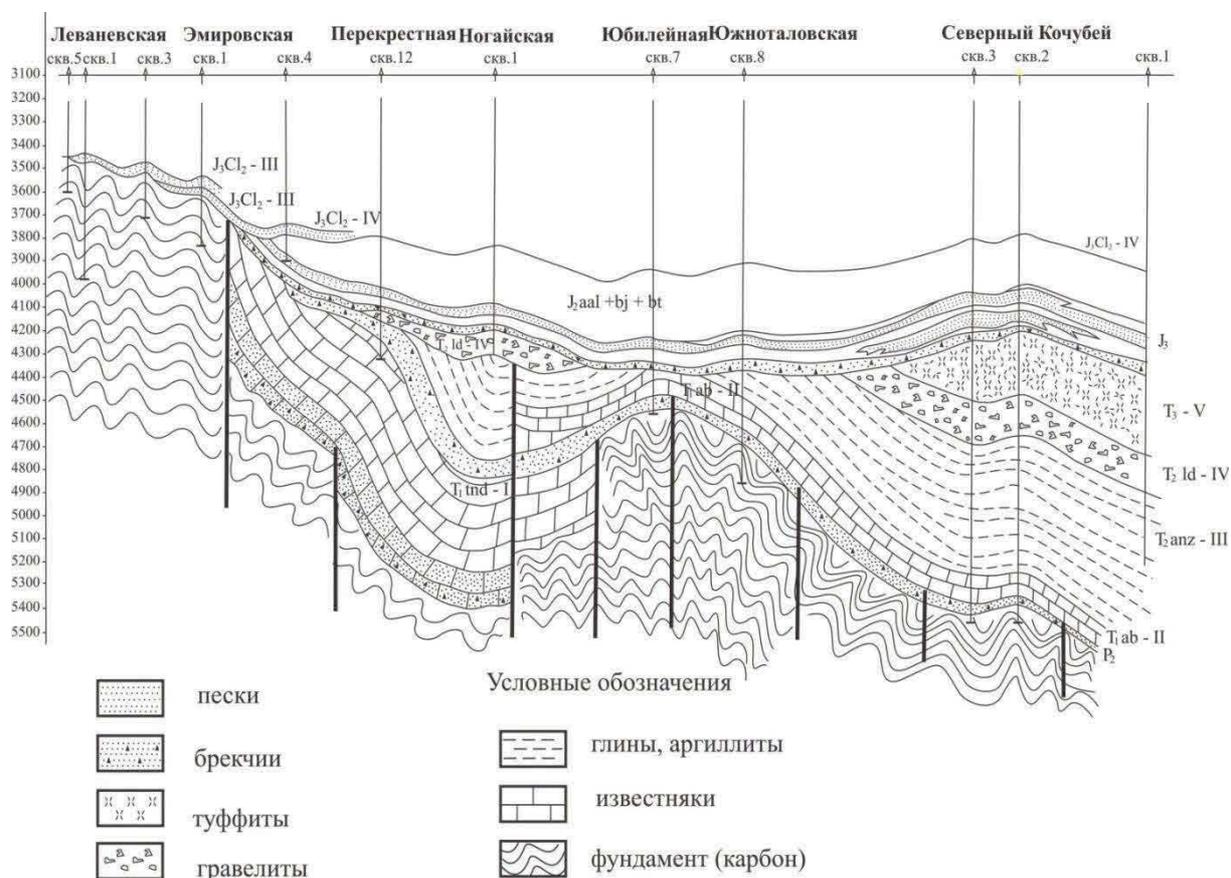


Рис.1. Профильный разрез отложений доюрского основания Прикумского района Дагестана по линии Леваневская–Северный кочубей

Породы средней пачки развиты не повсеместно, и имеет изменчивую мощность – 50-140 м. В кровле верхней пачки залегает прослой опаловидного кремнезёма. Верхняя пачка часто отсутствует в разрезах площадей южного Ставрополя и Равнинного Дагестана. Отложения нефтекумской свиты со следами повсеместного перерыва перекрываются темными терригенно-карбонатными породами молодежнинской свиты, содержащими фауну оленекского яруса. Молодежнинская свита представлена терригенно-карбонатными породами. В ее основании повсеместно залегают маломощные красновато-бурые брекчиевидные известняки, содержащие органические остатки. Породы молодежнинской свиты слоистые и изредка трещиноватые. На севере Восточного Предкавказья эта свита имеет широкое распространение, а к югу она размыта, сохраняется лишь во впадинах. Наибольшие мощности (до 250 м) отмечаются в пределах Восточно-Манычского прогиба, уменьшаясь на площади Величаевская до 132 м [4].

В Предгорном Дагестане залежи нефти и газа приурочены к меловым и среднемиоценовым отложениям. Между областями с доказанной нефтегазоносностью расположена слабоизученная, но перспективная Терско-Сулакская депрессионная зона с большими глубинами залегания перспективных комплексов среднего миоцена и верхнего мела. Самая глубокая скважина – Кочубейская-2 достигла глубины 6036 м (рис.1) и позволила впервые в Прикумском районе стратифицировать отложения переходного комплекса (тафроген), представленный пермскими и триасовыми отложениями. Кроме того, здесь доказана промышленная нефтегазоносность триаса (нефтекумская свита). В результате бурения глубоких скважин получены принципиально важные сведения о геологическом строении и нефтегазоносности Дагестана. Так, в Предгорном Дагестане установлен крупный погребенный надвиг с амплитудой до 2 км на северо-восточном крыле Восточной антиклинальной зоны, что создает предпосылки обнаружения в этой зоне тектонически экранированных залежей нефти и газа (рис. 2).

В Терско-Сулакской впадине выявлены условия залегания среднемиоценовых отложений, в зонах их выклинивания зафиксированы нефтегазопроявления в процессе бурения (площади Бабаюрт, Куруш, Адиль-отар, Западный Аксай и др.).

В Прикумском районе изучено региональное геологическое строение переходного комплекса, представленного пермскими и триасовыми образованиями. Для территории Дагестана впервые доказана их промышленная нефтегазоносность. Здесь уместно отметить, что на разведочных площадях Юбилейная дебиты скважин доходили до 500 куб.м. сут нефти, а Тарумовская параметрическая скважина фонтанировала водой дебитом 10-12 тыс м³/сут. Парадоксально, но факт, по-видимому, здесь имеем дело с хорошо отсортированными крупнозернистыми песчаными разностями юрского возраста. В нижнем триасе коллектора порово-трещинные, наилучшие коллекторские свойства обнаружены в зонах стратиграфических несогласий, сводовых частях локальных структур и приразломных зонах. В разрезе среднего триаса коллекторами нефти и газа служат трещиноватые известняки в верхней и нижней пачках анизийского яруса. Определенный интерес представляют терригенные трещиноватые коллекторы ладинского яруса. Новые промышленные скопления нефти и газа могут быть открыты: в Прикумской области – в триасовых и частично юрских отложениях; в Терско-Сулакской неизменности – миоценовых и верхнемеловых отложениях; на Южном складчатом борту Терско-Каспийского передового прогиба – в меловых и мальмских отложениях. Известно, что на глубины 5-7 км приходится около 50% прогнозных запасов территории Дагестана. Вместе с тем степень нефтегеологической изученности глубокопогруженных зон Республики Дагестан весьма низка [5].

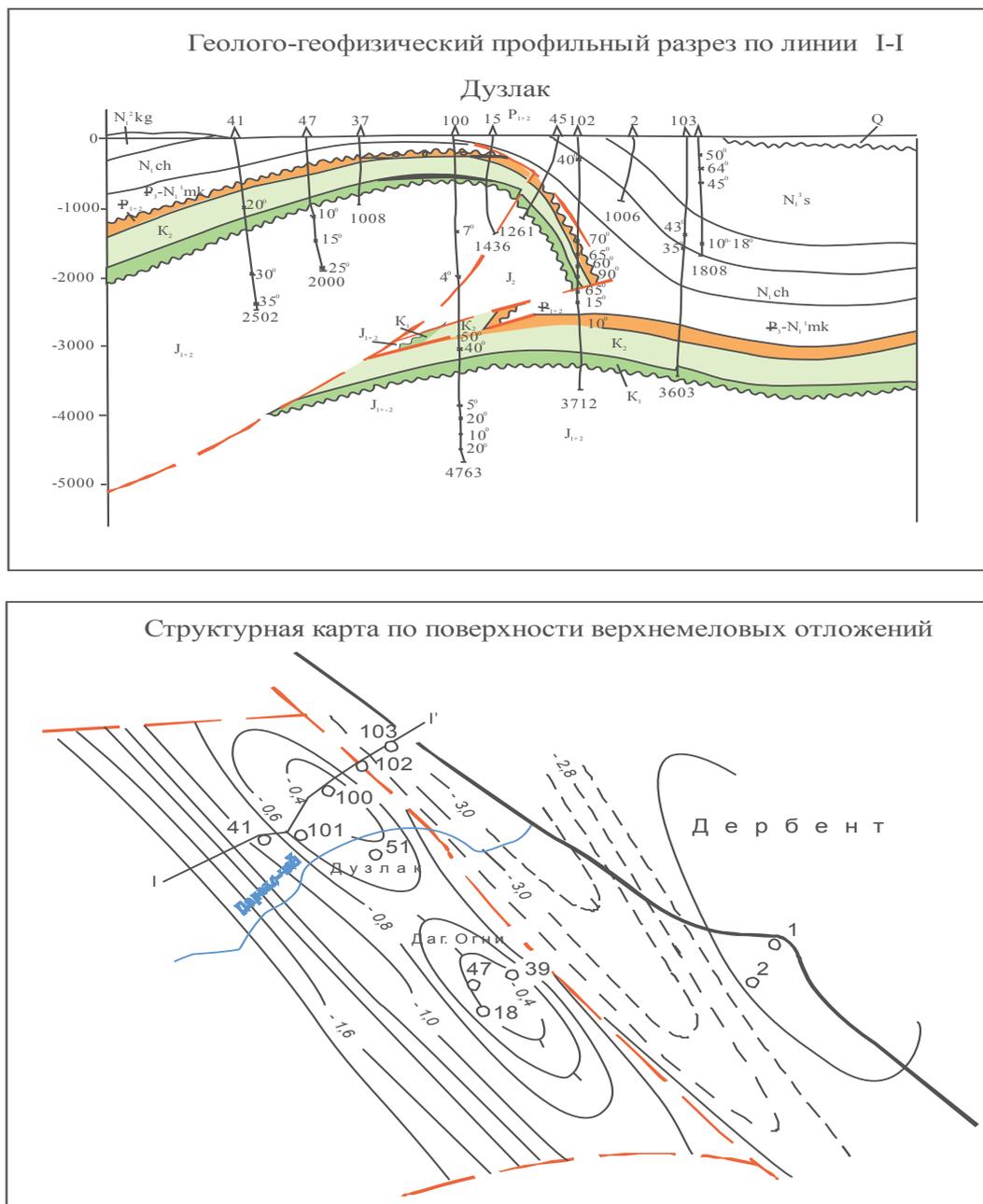


Рис. 2. Геологическое строение площади Дузлак (по К.О. Соборнову, 1991 г.)

При проведении разведочных работ на нефть и газа в глубокозалегающих осадочных образованиях особое внимание следует уделять характеристике коллекторских толщ и флюидоупоров, выявлению условий накопления и распределения органических веществ и битумоидов. Районы с доказанной промышленной нефтегазоносностью Дагестана граничат на юго-западе с восточной частью мегантиклинория Кавказа, во внешней зоне которого выделяются Аварская ступень (Известняковый Дагестан) и Джуфидагский антиклинорий, а во внутренней Агвали-Чиракский моноклинорий. Граница с передовым прогибом на всем протяжении выражена флексурой высотой 1,5-3,0км, соответствующей разломам палеозойского основания [4].

Конфигурация границы сильно усложняется в районе Дагестанского выступа, образовавшегося в зоне пересечения разломов субширотного и субмеридионального направлений. Антиклинали группируются в три-четыре линейные зоны. Ближе к прогибу в пределах зоны выделяются антиклинали Салатаусская, Ирганайская, Кадарская, Эльдама-Иргартбашская, Губденская, Мугринская и др. Замки этих складок по юрским отложениям находятся под северо-восточными

перегибами меловых структур, поэтому их своды в меловых отложениях значительно смещены за счет надвигания складок на сложный по структуре и гетерогенный по строению передовой прогиб. Он наложен на платформенные и складчатые зоны окраины Альпийской геосинклинали. Внутренняя зона прогиба подвергалась интенсивной складчатости, внешняя осталась слабодислоцированной. Указанные особенности строения передового прогиба положены в основу тектонической карты Дагестана М 1:500000 (авторы: К.А. Сабанаев, В.И. Черкашин и др. 2012 г.). Южно-Дагестанская складчатая ступень является элементом продольной геоморфологической и тектонической зональности, типичной для внутренней зоны Терско-Каспийского передового прогиба. В полосе поперечного разлома фундамента в междуречье Гамри-озень–Инчхе-озень Дагестанская складчатая ступень подразделяется на два блока: юго-восточный – поднятый и северо-западный – опущенный, в следствие чего наблюдается кулисообразное сочленение антиклинальных структур указанных блоков в пределах Восточной и Западной антиклинальных зон и надвигание восточной части на западную (амплитуда надвигания достигает до 2,0 км.). Дагестанский выступ имеет в поперечнике размеры до 90-100 км и является внутренним складчатым бортом передового прогиба и граничит на западе с Терско-Сунженской складчатой зоной. Вершина выступа глубоко вдается в передовой прогиб, пересекая всю складчатую зону. На всем своем протяжении выступ окаймляется полосой пород миоцена, образующих широкую выпуклую дугу Нарат-Тюбинской моноклинали с наклоном пород к осевой части Малгобекской – на западе, до Новолакской – на востоке структуры. Исходя из этого перспективы нефтегазоносности зоны сочленения территорий Чечни и Дагестана (площади Новолак, Аркабаш, Акташ, Чапаевская, Кара-тубе, Андрей-аул и др.) следует оценивать высоко [4]. Другим перспективным участком следует считать зону вдоль западного борта Терско-Каспийского прогиба (площади Карланюрт, Северо-Чирюртовское, Алмало, Сафаралинская, Богатыревская, Северо-Махачкалинская). В пределах Восточного Предкавказья установлено полосообразное распространение пачек аптского и альбского ярусов, ориентированное в основном с юго-запада на северо-восток. Границы литологического выклинивания их проходят через Минераловодческий выступ, южный и восточный склоны Ставропольского поднятия, затем уходят к северу, пересекая Восточно-Манычский прогиб и вал Карпинского. Предкавказье – первый нефтедобывающий район страны, где установлены залежи УВ, приуроченные к ловушкам неантиклинального типа. В Дагестане это направление поисков нефти и газа получило свое развитие в связи с открытием Тернаирской литологически экранированной залежи в миоцене (1949 г). Глубокие и интенсивные процессы преобразования ОВ обусловили интенсивную нефтегазогенерацию на всей платформенной части территории Восточного Предкавказья, сопровождавшуюся значительной генерацией CO₂. Установлено, что резкое увеличение доли CO₂, растворенного в воде, является главным показателем интенсивных процессов нефтегазогенерации. Геохимическая обстановка в триасовых отложениях Равнинного Дагестана благоприятствовала накоплению и битуминизации органического вещества. Катагенетическая преобразованность минеральной и органической составляющих частей пород соответствует зоне нефтегазообразования. В направлении с запада на восток происходит смена карбонатно-глинистых пород на глинисто-карбонатные и наблюдается повышение содержания углерода от 78 до 85 и водорода от 10,5 до 12,8% и сумма неуглеводородных компонентов уменьшается от 10 до 3%. В более погруженных районах (Кочубейский, Каясулинский и др) фазовое состояние углеводородов обусловлено степенью катагенетического преобразования органического вещества на большей части погруженных зон передового прогиба [1]. Головная часть моноклинали нарушена региональным Гилянским взбросом северного и северо-восточного падения, который развивается между Хадумским и Талгинским поднятиями, образуя вторую (Кизил-булакскую) ветвь. Висячее крыло разрыва в чокракских песчаниках местами образует антиклинальные подвороты (Айри-тюбинский, Кумтор-калинский, Шамхалбулакский), которые по меловым и юрским образованиям могут содержать в них массивные залежи УВ.

Таким образом, рассмотренные глубокие горизонты различных геолого-структурных элементов, могут служить хорошими коллекторами в нетрадиционных структурных ловушках, которые станут неплохим подспорьем в восполнении топливно-энергетического потенциала РД.

Литература

1. Сабанаев К.А., Черкашин В.И., Сабанаев А.К., Магомедова Б.К. //Оценка причин падения нефтегазодобычи в Дагестане и пути её преодоления //Вестник Дагестанского научного центра, 2011 г, № 42. С. 30-38.
2. Шарафутдинов Ф.Г., Мирзоев Д.А., Алиев Р.М., Серебряков В.А. Геология нефтегазовых месторождений Дагестана и прилегающей акватории Каспийского моря. Махачкала, 2001, 297 с.
3. Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г. Геология месторождений нефти и газа Дагестана. Махачкала, 1986. 305 с.
4. Сабанаев К.А., Шалбузова Л.В. и др. Тектоническая карта Дагестана М 1:500000 (объяснительная записка). Махачкала, 2012. 128 с.
5. Сабанаев К.А., Шалбузова Л.В., Сабанаев А.К. Условия формирования залежей УВ в пределах юго-восточной части Терско-Каспийского передового прогиба в связи с перспективами нефтегазоносности //Сб. науч. трудов СевКавНИПИгаз, 2003г, вып. 38. С. 146-160.

УДК 551.7

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-69-73

СТРАТИГРАФИЯ СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА
(ВОПРОСЫ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ)

Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С.

Институт геологии ДНЦ РАН

Рассмотрены представители рода *Glomospira* из байосских отложений Дагестана. Проведено их сравнение с сибирским материалом.

Ключевые слова: юра, байосские отложения, фораминиферы, агглютинированные, гломоспира, морфология, видовая принадлежность, распространение.

STRATIGRAPHY OF THE MIDDLE DEPRESSIONS OF DAGHESTAN
(QUESTIONS, PROBLEMS AND SOLUTIONS)

Temirbekova U.T., Barkueva L.S.

Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS

Representatives of the *Glomospira* genus from the Bayosian deposits of Dagestan are considered. A comparison was made with the Siberian material.

Keywords: Jurassic, Bayassian deposits, foraminifera, agglutinated, glomospere, morphology, species, distribution.

Юрские отложения широко распространены на территории Дагестана. Они представлены аргиллитами, алевролитами или их монотонным чередованием. Детальное расчленение горизонтов этого возраста (стратиграфия) имеет важное значение для геологов различного направления, однако не всегда удается выделить и определить ту или иную фауну в виду бедности или плохой сохранности форм. Наиболее полно и детально в этих горизонтах изучена макрофауна – аммониты, изучение которых началась в конце XIX века и продолжается по настоящее время. Важнейшие работы по зональному расчленению принадлежат Г.Я. Крымгольцу [8], В.П. Казаковой [7], Н.В. Безнососу [4], и многим другим исследователям. Хорошо изучены так же белемниты, брахиоподы и другие группы ископаемых.

Однако, для получения более детальной картины исследуемых горизонтов палеонтологи используют микрофауну - фораминиферы, которые широко распространены в юрских отложениях Северного Кавказа. Значительный ряд публикаций, как у нас в России, так и за рубежом [15, 16, 17] посвящен описанию фораминифер и их родовой и видовой принадлежности. Однако следует отметить, что при столь тщательном изучении микрофауны юрского периода еще остаются белые пятна и выявляются новые представители фораминифер этого периода и не все группы простейших изучены достаточно детально. Учитывая важность стратиграфического расчленения изучаемых разрезов, основное внимание нами было уделено быстро развивающимся и широко представленным группам, таким как планктон, нодозарииды, милиолиды, цератобулминида [3, 11, 12, 13, 14].

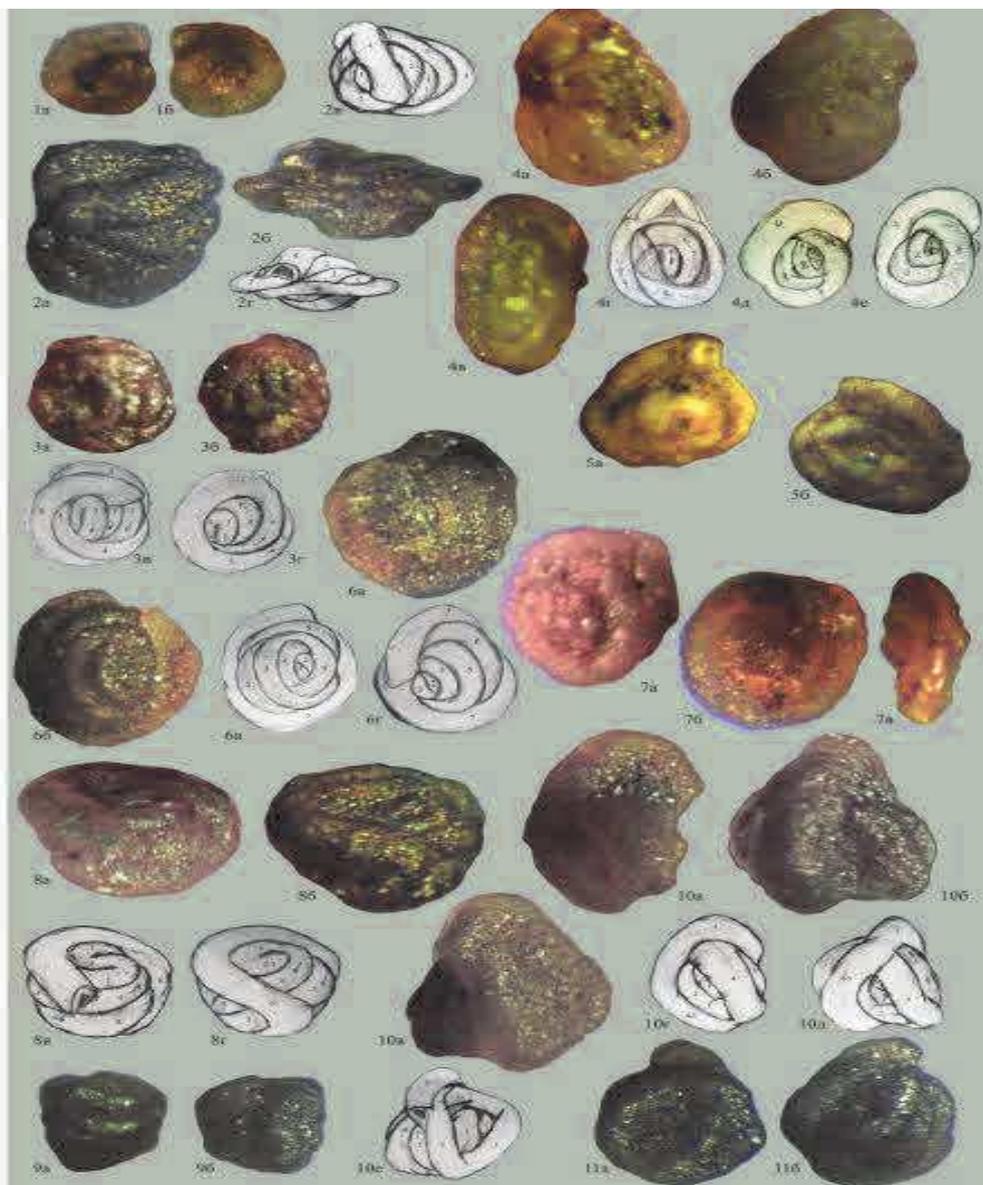
Данных по агглютинированным фораминиферам значительно меньше и они недостаточно полно исследованы, хотя встречаются часто в разрезах Центрального Дагестана. Простота общей организации, деформированность раковин, не идентичное изображение типовых видов в пособиях затрудняет их использование в целях стратиграфии. С этим пришлось столкнуться при изучении родов из семейства *Hippocrepinidae* (*Hyperramminoides*, *Hippocrepina* и др.). [10].

Представители рода *Glomospira* широко распространены и в пространстве и во времени. Известны определения данного рода даже в Каледонскую эпоху (силурийский период). Раковина у представителей этого рода агглютинированная, состоит из минеральных частичек скрепленных часто известковым цементом. В разрезах Северного Кавказа Гофман Е.А. [6] приводит представителей этого рода из юрских отложений, начиная с отложений нижней юры (плинсбахский ярус) и кончая келловеем- это вид *G. gordialis* (Park. et Jones). Это же отмечают З.А. Антонова [2] и Макарьева С.Ф. [9]. Наиболее обильно этот вид встречается в разрезах севера Сибири. А.А.

Герке [5] приводит описание этого рода и описание часто встречаемого и широко понимаемого вида *G. gordialis*. Он отмечает его широкое распространение, начиная с карбона и до настоящего времени. При этом учитывает изменчивость признаков и допускает, что это возможно сборный вид, характерный для мелководных бассейнов.

Очень качественно и аргументировано дана морфология этого рода М.А Алексеевым [1]. Им изучен материал из юрских отложений в дельте р. Лены. Он отмечает, что единственно корректно описанный вид из юрских отложений – *Glomospira gerkei* Kiss. et Run, и чаще всего ниже и среднеюрские гломоспиры определяются как *G. ex gr. gordialis* (Park. et Jones) или *G. perplexa* Furs. Изучение гломоспир из юрских отложений дельты р. Лена, с применением метода выстраивания онтогенетических рядов, а также многократным фотографированием раковин в разных ракурсах позволило ему выделить 4 новых вида, которые были использованы при стратиграфическом расчленении ниже - среднеюрских отложений. Следует отметить, что у Алексеева было достаточное количество раковин хорошей сохранности и довольно крупных размеров. В результате ему удалось их детально изучить и использовать при стратиграфическом расчленении. Ниже приводится таблица из его работы, где изображены *G. hireplicata* (фиг. 1-2), *G. gerkei* Kiss et Run. (фиг.3), *G. tetradrata* Alex. (4-5), *G. ovata* Alex. (фиг.6-7), *G. subsaerica* Alex. (фиг.8-9), *G. pyramidalis* Alex. (фиг.10-11).

Таблица 1.



Дагестанский материал отличается от сибирского малочисленностью экземпляров каждого вида (1-2 экземпляра) при общем большом количестве образцов из разрезов, содержащих представителей этого рода. При их изучении нами были сфотографированы раковины в разных проекциях. Изучение проводилось под микроскопом ZEIS Axio Cam HRC, при увеличении 100.

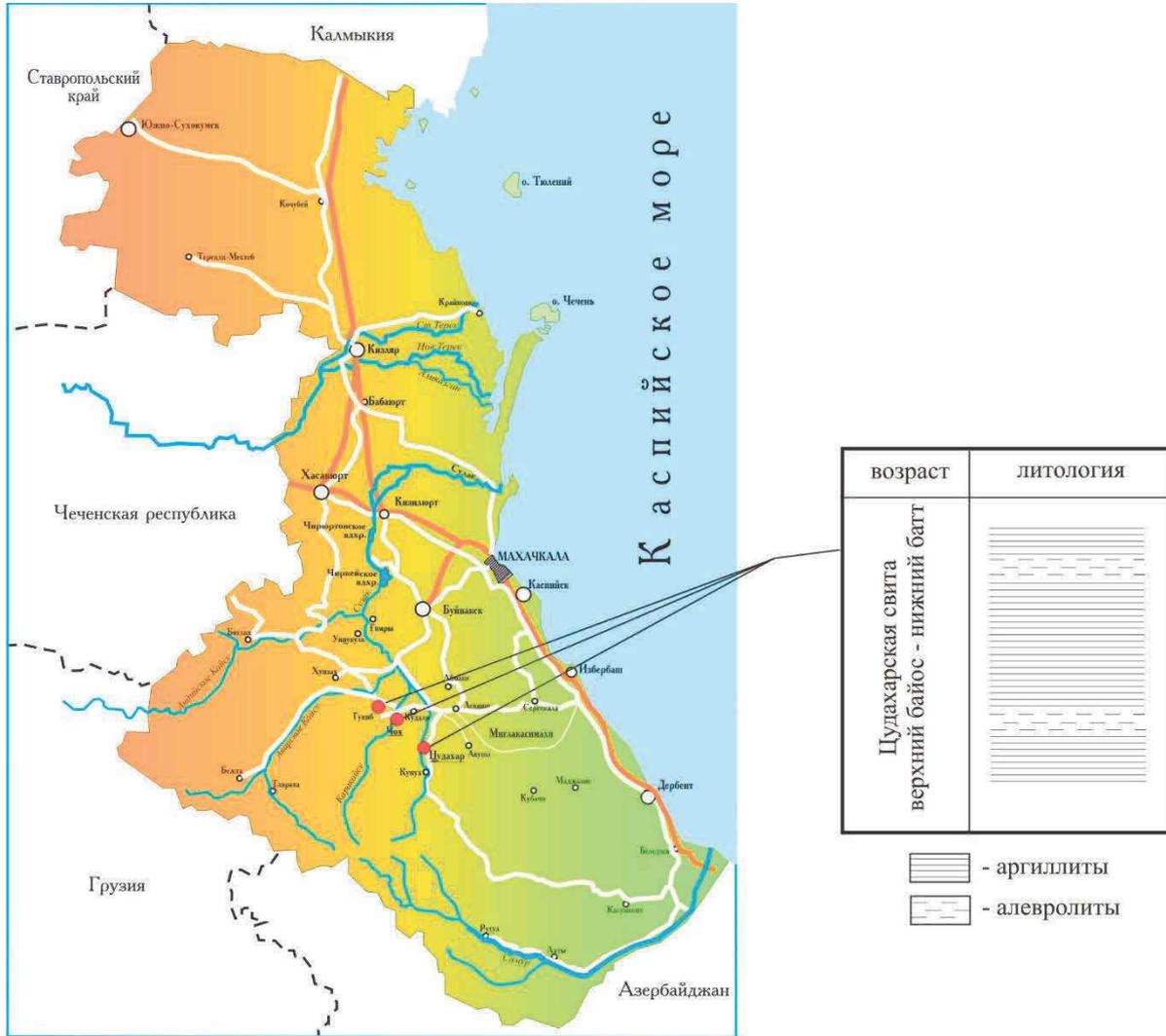
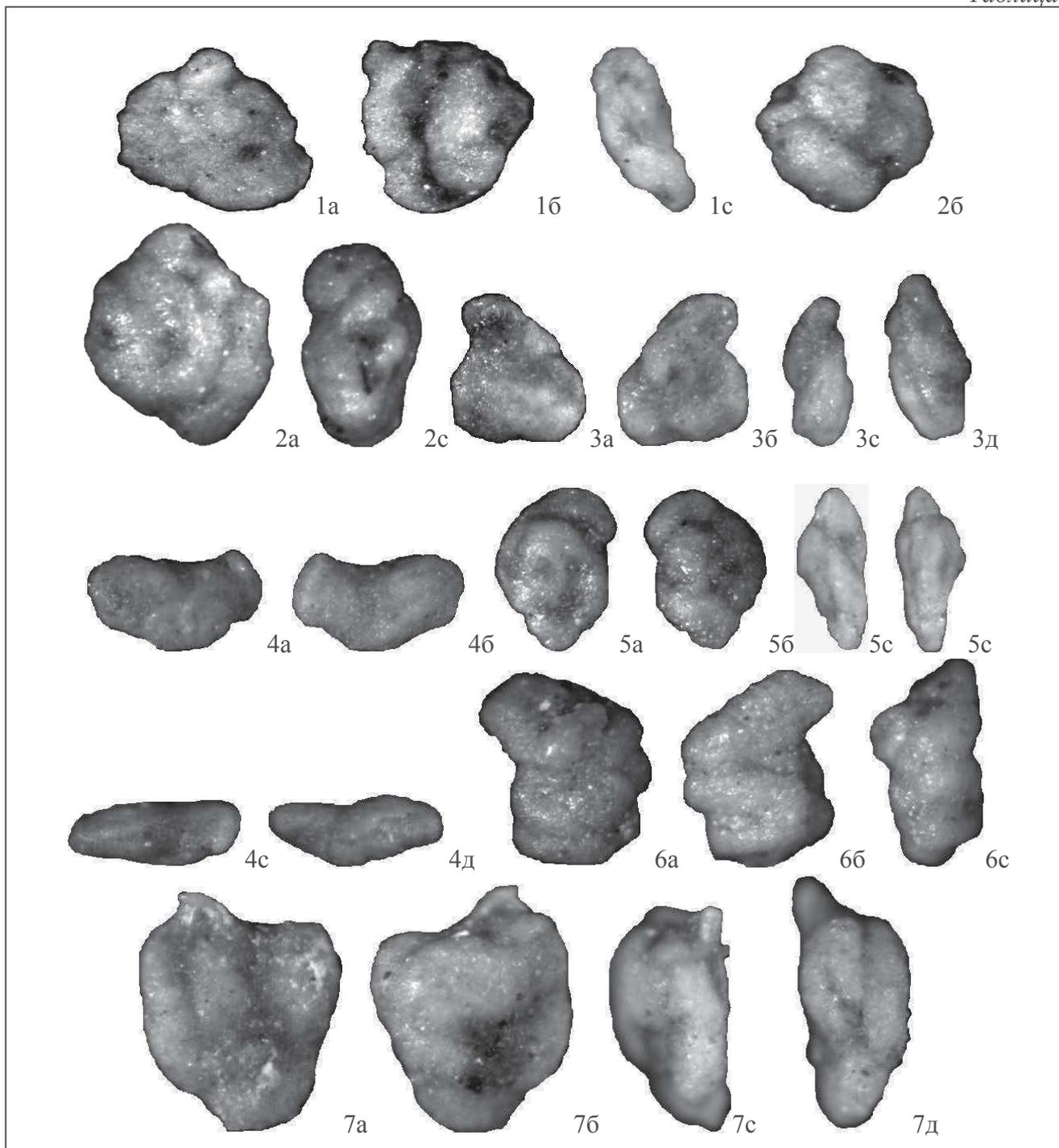


Рис. 1.
Схематическая карта Дагестана
● - селения: Чох, Цудахар, Гуниб - места отбора образцов

Ниже приводится изображение видов *Glomospira*, встреченных в Центральном Дагестане. Определение их до вида было бы не корректным из-за малочисленности экземпляров каждого из них, но может быть полезным при дальнейшем изучении представителей этого рода. В таблице 2 приведены изображения и описание некоторых из них, без видовых определений. Все они происходят из верхнего байоса Дагестана, с. Цудахар. На рисунке 1 изображена уплощенная раковина, ромбовидных очертаний, устье на конце 2-ой камеры. На рисунках 2-3 – раковина овальная в разной степени уплощенная, устье на конце 2-ой камеры, не всегда хорошо выражено. На рисунках 4-5 раковина неправильных очертаний, с хорошо выраженным устьем. На рисунках 6-7 раковина неправильных очертаний, сплюснутая. Подобное описание видов можно продолжить и привести рисунки, но из-за малочисленности экземпляров каждого вида определение было бы не корректным.

Таблица 2



Анализ полученных результатов, в некоторой степени, дает представления о видовом составе этого рода. Однако малочисленность материала, а также его сохранность не позволяет с большой достоверностью отнести изучаемые объекты к определенным видам, при этом приводимые рисунки встреченных форм дают некоторые представления о полноте его составе и могут быть использованы при изучении морфологии этого рода.

Для более детального и достоверного определения видовой принадлежности необходимо отобрать ряд образцов из байосских отложений, дальнейшее изучение которых позволит пополнить родовой состав.

Следует отметить, что представители изучаемого рода приурочены к глинистым и алевроитовым породам. Это отмечает М.А. Алексеев и находит подтверждение на дагестанском материале. Дальнейшие исследования позволят конкретизировать видовые определения и дополнить объем рода.

Литература

1. Алексеев М.А. Фораминиферы рода *Glomospira* из опорного разреза юрских отложений в дельте реки Лена. Регион. Геол. и металлог., №50, 2012, с.37-45.
2. Антонова З.А. К расчленению разреза юрских отложений бассейна р. Лабы по фауне фораминифер. Тр. ВНИГНИ, сб. по Кавказу и Украине. М., Гостоптехиздат, 1958.
3. Баркуева Л.С. Морфологическое строение родов *Nodosaria* и *Vojarikaella*. Материалы научно-практической конференции «Геология и нефтегазоносность Юга России». Махачкала. 2008. с.148.
4. Безносков Н.В. Байосские и батские отложения Северного Кавказа. М. Недра, 1967, 179 с.
5. Герке А. Фораминиферы пермских, триасовых и лейасовых отложений нефтеносных районов Севера Центральной Сибири Л., 1961, с.518.
6. Гофман Е.А. Фораминиферы юры Северного Кавказа. М. Наука. 1967, с.165
7. Казакова В. П. к стратиграфии среднеюрских отложений Дагестана. Бюлл. МОИП, 1956, отд. геол., т. XXXI, вып.6, с.103-111.
8. Крымгольц Г.Я. Аммониты нижне- и среднеюрских отложений Северного Кавказа Л. Изв. Ленинград ун-та, 1962, с.167.
9. Макарьева С.Ф. Ориктоценозы фораминифер и палеобиография юрского бассейна Северо-Восточного Кавказа. М., Н.1975. с. 224-229
10. Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С. Уточнение родовой принадлежности некоторых среднеюрских *Nuregamminidae*. Материалы XI11 Всерос. микропал. сов. М. 2005 63с.
11. Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С. Особенности распространения среднеюрской биоты в бассейнах северного и юго-восточного Тетиса. Тр. Ин-та Геологии ДНЦ РАН. 2014. вып.63, с.253-254.
12. Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С. Микробиота среднеюрских бассейнов Дагестана. // Геология и ресурсы Кавказа. 2017, №1, С.25-28, Махачкала, РАН ИГ ДНЦ.
13. Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С. Сравнительно-морфологический анализ родов *Ophthalmidium* и *Spiroloculina*. – Вестник ДНЦ РАН, №10, 2001, с.25-28.
14. Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С. Представители рода *Vojarikaella* Basov (фораминиферы) из средней юры Дагестана // Материалы по биостратиграфии, фауне и флоре фанерозоя России, Атлантики и Антарктиды. Сб. научн. тр., т.26. С.Петербург, 2013, с.98-101.
15. Pazdrova O. *Ophthalmidium wezulu* i batonu okolic Czestochovi. Inst. Geol. Warszawa, Bull, 121, t.111. 1958.
16. Seibold E. Foraminiferen der Bank- und Schwaman-Fazies in Unteren Malm Suddeutschlands. Neues Jahrb. Geol. und Palaont. Abhandl., Bd.100. 3 1960.
17. Wood A. The type specimen of the genus *Ophthalmidium*. Quart. J. Geol. Soc. London, vol.102, pt.4. 1947.

УДК 504.054:614.8.02

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-74-78

АНАЛИЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ

Бериев О.Г., Козырев Е.Н., Закс Т.В., Комжа А.Л., Харебов К.С., Джусоева Н.Г.

Геофизический институт ВИЦ РАН

Территория и население Республики Северная Осетия-Алания подвергаются воздействию природных, техногенных, биолого-социальных чрезвычайных ситуаций (ЧС), что приводит нередко к гибели людей и наносит большой экономический ущерб. Ведущее место среди ЧС занимают природные чрезвычайные ситуации, которые обусловлены большим разнообразием климатических, геолого-геоморфологических, ландшафтных условий и высокой сейсмичностью территории республики. Из техногенных ЧС наибольшее распространение получили чрезвычайные ситуации на автотранспорте, приводящие к большому числу погибших и пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях. Наибольшую угрозу для жизни населения представляют теракты.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, сейсмичность, оползни, сели, ДТП, теракты, опасность, угроза.

THE ANALYSIS OF EMERGENCY SITUATIONS ON THE TERRITORY REPUBLIC of NORTHERN OSSETIA-ALANIA

Beriev O.G., Kozhyrev E.N., Zaks T.V., Komzha A.L., Kharebov K.S., Dzhusoeva N.G.

Geophysical Institute of VSC RAS

Territory and population of the Republic of North Ossetia-Alania are exposed to natural, man-made, bio-social Emergency Situations (ES), which often leads to death and causes great economic damage. The leading place among ES is taken by natural emergencies which are caused by a wide variety of climatic, geological and geomorphological, landscape conditions and high seismicity of the Republic territory. Among man-made ES the most widespread have emergency situations on automobile transport, leading to a large number of the dead and injured in road traffic accidents. The greatest threat to the lives of the population are terrorist attacks.

Keywords: emergency situations, seismicity, landslides, mudflows, accidents, terrorist attacks, danger, threat.

Введение

Для населения и территории Республики Северная Осетия-Алания большую опасность представляют чрезвычайные ситуации (ЧС) природного, техногенного и биолого-социального характера. Это связано с большим разнообразием климатических, геолого-геоморфологических, ландшафтных особенностей территории РСО-Алания и значительным воздействием техногенных факторов, обусловленных нагрузкой объектов горнодобывающей промышленности на окружающую среду [1, 2]. А также наличием потенциально опасных экономических объектов, большого, из года в год растущего, количества транспорта. Особую угрозу представляет для населения близость республики к территориям с высокой степенью террористической опасности.

Чрезвычайные ситуации на территории РСО-Алания были проанализированы за период 2010-2016 годы по данным государственных докладов МЧС республики (материалы для ежегодного государственного доклада «О состоянии защиты населения и территорий Республики Северная Осетия-Алания от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Владикавказ, 2010-2016 гг.). Общие сведения о ЧС за вышеуказанный период представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, за анализируемый период на территории Северной Осетии произошло 15 ЧС, в том числе 5 техногенных, 6 природных, 4 биолого-социальных. В этих ЧС погибло 51 человек, пострадало 11696 человек. Суммарный ущерб составил более 935 миллионов рублей. Приведенные данные наглядно свидетельствуют о той опасности, которые чрезвычайные ситуации несут для населения и территории республики.

Таблица 1

Сведения о чрезвычайных ситуациях, произошедших в 2010-2016 г. по РСОАлания

Год	Техногенные ЧС, ед.	Природные ЧС, ед.	Биолого-социальные ЧС, ед.	ЧС всех видов, ед.	Ущерб, млн. руб.	Количество, чел	
						Погибло	Пострадало
2010	0	1	2	4	605,399647	22	212
2011	1	3	0	4	48,91	10	47
2012	1	-	-	1	-	3	12
2013	0	1	1	2	30,507	0	31
2014	0	0	0	0	0	0	0
2015	1	0	1	2	13,900825	6	1047
2016	2	1	0	3	236,301456	10	10347

Для сравнения приведем аналогичные сведения за тот же период по территории Российской Федерации (табл.2)

Таблица 2

Сведения о чрезвычайных событиях на территории РФ за 2010-2016 годы

Год	Общее количество ЧС	В т.ч. техногенных	В т.ч. природных	В т.ч. биолого-социальных	Погибло в результате ЧС	Пострадало в результате ЧС
2010	338	199	96	45	680	2992
2011	292	186	66	43	753	23555
2012	437	230	149	57	819	95105
2013	335	167	117	47	620	211540
2014	262	187	44	31	567	129869
2015	115	77	19	19	323	9630
2016	298	177	54	67	786	130938

При сравнении количества ЧС на территории РФ и РСО-Алания видно, что на территории РФ преобладают ЧС техногенного характера (58,8 % от общего количества ЧС), а на территории РСО-Алания – природные чрезвычайные ситуации (40% от общего количества ЧС). Этому способствует высокая сейсмичность территории республики (более 50%), что является следствием высокой неотектонической активности. На территории республики с помощью методов палеосейсмологии неопровержимо выявлены проявления исторических землетрясений с 9-10 балльной интенсивностью. Высокий сейсмический риск или ожидаемые экономические и социальные потери также обусловлен высокой плотностью населения [3]. С сейсмической активностью региона многие специалисты связывают и сход ледника Колка. Подтверждением этой гипотезы служит то, что наибольшее количество землетрясений зафиксированных локальной сетью сейсмических наблюдений Геофизического института Владикавказского центра РАН в 2002 году, приходится на январь (9), июнь (14), октябрь (10), и ноябрь (14), а на остальные месяцы года приходится всего 2-6 событий. В тоже время нельзя исключать и возможность влияния других причин на сход ледника Колка [4,5]

Среди ЧС природного характера, несомненно, выделяются лавины, сели и оползни, основная локализация которых приходится на Алагирский и Ирафский районы. В горах этих районов

находится более 500 лавинных очагов: 300 – в бассейне реки Ардон, 107 – в бассейнах рек Фиагдон и Гизельдон и 77 – в бассейне реки Урух [6].

Большую опасность и разрушительную силу представляют оползни. Чаще всего воздействию оползней подвергается Транскавказская автомагистраль.

В настоящее время в Северной Осетии зафиксированы десятки действующих и стабилизированных оползней. Так в бассейне реки Урух наблюдается 12 активных и 15 стабильных оползней. В бассейнах рек Ардон-Мамисондон – 10 активных и 12 стабильных. Фиагдона – 8 активных и 10 стабильных. Камбилеевки – 5 активных и 7 стабильных, Гизельдона – 4 активных и 5 стабильных [7].

Северная Осетия-Алания один из наиболее селеопасных районов России. Селевые потоки в республике проявляются ежегодно, в том числе и за счет сложнорасчлененного рельефа, а также значительных осадков [9]. В горной части республики выявлены 145 селевых бассейнов. Общая площадь пораженности селями приблизительно равна 2165 кв. км, что составляет 25% от всей площади республики. Средняя площадь селевого бассейна равна 29,4 кв. км. Общая длина селевых русел приблизительно равна 792,7 километра, среднее значение – 11,4 километра. Наибольшая площадь поражения селями в Северной Осетии наблюдается в долине реки Ардон (937 кв. км) [9].

Сели на территории Северной Осетии могут иметь не только природный характер, но и так называемый «фрукоторный», например, при аварийном сбросе воды из водохранилища Зарамагской ГЭС [10]. Сама Зарамагская ГЭС также представляет большую опасность ввиду ее расположения в сейсмоопасной зоне [11].

Из техногенных ЧС наибольшую опасность представляют чрезвычайные ситуации на транспорте, львиная доля из которых приходится на автомобильный транспорт. Сведения о дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) за анализируемый период представлены в таблице 3.

Таблица 3

Сведения о ДТП на территории РСО-Алания за 2010-2016 гг.

Год	Количество ДТП	Погибло чел.	Ранено чел.
2010(за 11 мес.)	583	130	789
2011(за 10 мес.)	509	122	732
2012(за 11 мес.)	685	149	967
2013(за 10 мес.)	698	113	988
2014	653	120	907
2015	709	118	1017
2016	692	110	1012

Таким образом, за анализируемый период на территории РСО-Алания произошло 4529 ДТП, в которых погибло 862 человека и 6412 человек получили ранения.

Наибольшее количество ДТП происходит в г. Владикавказе и на автомобильных дорогах федерального значения. Основными причинами ДТП являются: несоблюдение скоростного режима, выезд на встречную полосу, управление автотранспортом в состоянии опьянения.

К причинам роста ДТП в республике можно смело отнести рост количества автотранспорта (табл.4) при недостаточном качестве улично-дорожной сети.

Таблица 4

Сведения о количестве автотранспорта на территории РСО-Алания

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Количество автотранспорта	193680	201978	211177	223791	235451	248059	251517

На территории республики широко распространены синергетические проявления опасных природных и техногенных процессов, когда природная или техногенная чрезвычайная ситуация приводит к другой. Суммарный эффект такой катастрофы может оказаться значительно большим, чем сумма последствий каждого из составляющих ее негативных явлений, если бы они произошли независимо друг от друга. Примером может служить сход лавин и селей с повреждением газопроводов, линий ЛЭП, автотранспорта, зданий и сооружений.

Наибольшую угрозу из биолого-социальных ЧС для населения представляют теракты. Небольшая наша северокавказская республика - Северная Осетия одна из первых в стране (тогда еще СССР) столкнулась с этим уродливым общественным явлением, в частности, в виде захвата школьного автобуса [12]. К счастью, благодаря грамотным действиям правоохранительных органов, тогда удалось обойтись без человеческих жертв.

Необходимо отметить, что на территории Республики Северная Осетия-Алания есть целый ряд опасностей различной природы, существенно расширяющих круг возможных ЧС и особенности формирования которых, изучаются весьма активно в последние годы [13-19].

В связи с вышеизложенным надо также отметить, что в последние годы за рубежом значительно возрос интерес ученых к прогнозу ЧС и особенностей его протекания [20-24], доходя даже до перепечатки более ранних статей [23].

Выводы

1. Чрезвычайные ситуации представляют для населения и территории Республики Северная Осетия-Алания большую угрозу, приводящие к гибели людей и экономическому ущербу.
2. Ведущую роль среди чрезвычайных ситуаций занимают ЧС природного характера, что обусловлено большим разнообразием климатических, геолого-геоморфологических, ландшафтных условий и высокой (более 50%) сейсмичностью территории республики.
3. Из чрезвычайных ситуаций техногенного характера наибольшее распространение получили ЧС на автомобильном транспорте, приводящие к большому числу погибших и пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях.
4. На территории Северной Осетии широко распространены синергетические проявления опасных природных и техногенных процессов, когда природная или техногенная чрезвычайная ситуация приводит к другой.
5. В республике сохраняется высокая степень опасности совершения терактов, что грозит жертвами среди населения.

Литература

1. Bosikov I.I., Klyuev R.V., Revazov V.Ch.. Performance evaluation of functioning of natural-industrial system of mining-processing complex with help of analytical and mathematical models //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering conference proceedings. 2018. С. 022013.
2. Bosikov I.I., Klyuev R.V., Kelekhsaev V.B. Development of indicators for performance functioning natural-industrial system evaluation at the mining and processing complex using the analytical hierarchy method //2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) Electronic resource. 2017.
3. Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Бурдзиева О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Онкозаболеваемость населения г. Владикавказ и его взаимосвязь с различными факторами //Геология и геофизика Юга России. 2013. № 3. С. 29-38.
4. Бергер М.Г. О природе катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 г. Монография. Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А: Владикавказ. 2014. С. 247-251.

5. Котляков В.М., Рототаева О.В., Носенко Г.А., Осокин Н.И., Чернов Р.А. Подвижки ледников на Северном Кавказе и Кармадонская катастрофа 2002 г. Монография. Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А: Владикавказ. 2014. С. 212-233.
6. Хулелидзе К.К. Анализ опасных природных процессов на территории Северной Осетии //Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 1. С. 48-49.
7. Хацаева Ф.М., Томаев В.А. Оползневая опасность бассейнов горных рек Республики Северная Осетия-Алания //Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1.
8. Кондратьева Н.В. Изменения селевой деятельности с запада на восток на серном склоне Большого Кавказа. Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований. Коллективная монография. Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2017. С. 594-602.
9. Кондратьева Н.В., Аджиев А.Х., Беккиев М.Ю., Гедуева (Гяургиева) М.М., Перов В.Ф., Сейнова И.Б., Хучунаева Л.В. Кадастр селевой опасности юга европейской части России. Москва-Нальчик: ООО «Феория», Печатный Двор, 2015. С. 55-56.
10. Запорожченко Э.В., Каменев Н.С., Никулин А.С. Бассейн р. Баддон (Республика Северная Осетия-Алания): селевые процессы природные и «рукотворные». Труды Международного семинара «Опасные природные процессы в горах: уроки Кармадонской катастрофы» к 10-летию катастрофы на леднике Колка 20 сентября 2002 г. – Под ред. Ж.Ф. Шнайдера и С.С. Черноморца. Владикавказ, 2012. С. 24-26.
11. Хацаева Ф.М. Воздействие каскада «Зарамагские ГЭС» на горные ландшафты РСО-Алания //Устойчивое развитие горных территорий. № 4 (22). 2014, С.70-74.
12. Бериев О.Г., Шевцова Я.В. Правила поведения при угрозе террора //Компьютерная образовательная программа. Свидетельство об официальной регистрации в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 2006610245 от 10.01.2006 года.
13. Burdzieva, O.G.; Zaalishvili, V.B.; Beriev, O.G. etc. Mining Impact on Environment on the North Ossetian Territory //International Journal of Geomate. T.10, Vol: 19, 2016, pp.: 1693-1697.
14. Gorbaticov, A.V.; Rogozhin, E.A.; Stepanova, M.Yu. etc. The Pattern of Deep Structure and Recent Tectonics of the Greater Caucasus in the Ossetian Sector from the Complex Geophysical Data //Izvestiya Physics of the Solid Earth T: 51 Vol.: 1, 2015, pp.: 26-37.
15. Milyukov, V.K.; Yushkin, V.D., Kopaev, A.V. etc. Monitoring Current Vertical Movements of the Northern Caucasus by Absolute and Relative Gravimetry //Measurement Techniques, T.: 56, Vol: 10, 2014, pp.: 1105-1110.
16. Shempelev, A.G., Zaalishvili, V.B.; Kukhmazov, S.U. Deep Structure of the Western Part of the Central Caucasus from Geophysical Data //Geotectonics T.51, Vol.: 5, 2017, pp: 479-488
17. Zaalishvili, V.B., Mel'kov, D.A. Reconstructing the Kolka Surge on September 20, 2002 from the Instrumental Seismic Data //Izvestiya Physics of the Solid Earth, 2014, pp.:707-718.
18. Zaalishvili, V.B., Nevskaya, N.I.; Nevskii, L.N. etc. Geophysical Fields Above Volcanic Edifices in the North Caucasus //Journal of Volcanology and Seismology. T.: 9, Vol.: 5, 2015, pp.: 333-338.
19. Zaalishvili, Vladislav; Melkov, Dmitry; Kanukov, Alexandr etc. Spectral-temporal Features of Seismic Loadings on the Basis of Strong Motion Wavelet Database //International Journal of Geomate. T.: 10, Vol.: 19, 2016, pp.: 1656-1661.
20. Bartel Van de Walle, Murray Turoff. Decision Support for Emergency Situations. Springer. OpenAccess. 2008, pp. 6: 295-316.
21. Sven Fuchs, Alexandr Shnyparkov, Vincent Jomelli, Nikolay Kazakov, Sergey Sokratov. Editorial to the Special Issue on Natural Hazards and Risk Research in Russia. Springer. CrossMark. 2017, pp. 88:S1–S16.
22. Deqiang Wang, Danhuai Guo, Hui Zhang. Spatial Temporal Data Visualization in Emergency Management: A View From Data-driven Decision. EM-GIS'17. 2017, pp.:1-9.
23. Rajan Batta, Narasimha R. Mannur. Covering-Location Models for Emergency Situations That Require Multiple Response Units. Management Science. 2012, pp.:16-23.
24. Shevchenko V., Bychkov O., Shevchenko A. Dynamic Objects Emergency State Monitoring by Means of Smartphone Dynamic Data. CADSM, 2017, pp.: 292-294.

УДК 550.344

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-79-87

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ЦЕНТРАЛЬНОМ КАВКАЗЕ И СТРУКТУРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА ГЛУБИННОМ РАЗРЕЗЕ ГЕНАЛДОНСКОГО ПРОФИЛЯ

Чотчаев Х.О., Рогожин Е.А., Голик В.И., Чернов Ю.К., Шемпелев А.Г.

Геофизический институт ВНИИ РАН

В статье рассматривается возможность выделения наследственных признаков геодинамической обстановки и элементов структурно-вещественных комплексов, участвующих в геологическом развитии Кавказа, на глубинных геоэлектрических и сейсмологических разрезах для создания геолого-геофизической модели земной коры вдоль региональных профилей. Современные структурно-тектонические и структурно-вещественные комплексы восточной части Центрального Кавказа интерполируются с основными структурами консолидированной коры и низов коры. Обосновывается научный и практический интерес корреляционной увязки глубинных коровых и мантийных структур с месторождениями твердых полезных ископаемых и углеводородов, и роль границы Мохоровичича в локализации месторождений.

Ключевые слова: геодинамическая обстановка, Центральный Кавказ, структурно-вещественные комплексы, МОВЗ, МТЗ, гравимагнитометрия.

GEODYNAMIC SITUATION IN THE CENTRAL CAUCASUS AND STRUCTURAL COMPLEXES ON THE DEPTH SECTION OF THE GENALDON PROFILE

Chotchaev Kh.O. Rogozhin E.A., Golik V.I. Chernov Yu.K., Shempelev A.G.

Geophysical Institute of VSC RAS

The article considers the possibility of identifying of inheritable characters of the geodynamic situation and elements of structural and compositional complexes involved in the geological development of the Caucasus on depth geoelectrical and seismological sections in order to create geological and geophysical model of the Earth's crust along regional profiles. Modern structural and tectonic and structural and compositional complexes of the eastern part of the Central Caucasus are interpolated with the main structures of the consolidated crust and lower crust. Scientific and practical interest of the correlation of deep crustal and mantle structures with deposits of solid minerals and hydrocarbons, and the role of Moho discontinuity in the localization of deposits is proved.

Keywords: geodynamic conditions, Central Caucasus, structural-material complexes, earthquake converted-wave method, magnetotelluric sounding, gravity magnetometry.

Геодинамические циклы развития и составные элементы структуры Большого Кавказа

В условиях сложно дислоцированного геологического разреза Большого Кавказа при глубинных исследованиях земной коры и верхов мантии представления об исторических циклах активизации той или иной геодинамической обстановки (внутриплитных, конвергентных, дивергентных, трансформных) в условиях определенного комплекса элементов геологической структуры (островные вулканические дуги, задуговые внутренние моря, типы плит и зон) способствуют правильной интерпретации геофизической модели, что и является поводом краткого экскурса в легенду геологического развития структуры Большого Кавказа.

Под геодинамическими обстановками понимаются особенности динамического взаимодействия литосферных плит, участвующих в развитии Кавказа как геологической единицы. Под структурными характеристиками понимается дислоцированность и морфологические особенности элементов комплексов, подверженных изменению под воздействием геодинамических сил, а под вещественными комплексами - формационный состав стратифицированных, метаморфических и плутонических комплексов.

Современное представление об истории геологического развития орогена Большого Кавказа сформировано на основе мозаики плит земной коры и концепции их мобильности в вязкой астеносфере благодаря конвективным течениям в верхней мантии за счет различных РТ - условий и плюмовых струй. Согласно этой концепции геодинамическая обстановка и элементы гео-

логической структуры, имеющие отношение к Большому Кавказу, возникли еще в конце палеозоя, когда в зоне субдукции северных обрамлений океанической коры и южных окраин Русской (Восточно-Европейской) платформы (некогда подвижный пояс) образовалось горное сооружение, трансформировавшееся в результате коллапса в Скифскую платформу.

Дальнейшие спредингово-субдукционные взаимодействия океанической коры (затем и Большекавказского бассейна (или рифтогенного прогиба киммерийского времени по другой модели [Корсаков и др, 2002]) отделенного от основного океана островной вулканической дугой [Зоненшайн, Ле Пишон, 1987; Пруцкий, Лаврищев, 1989] и континентальных плит Гондваны с юга и Евразии с севера привели к образованию на западе и востоке задугового бассейна Западно-Черноморской и Южно-Каспийской впадин [Хаин, 2001], а Скифская плита была погружена в шельфе мелководного моря на юге Евразийского континента, где возникли условия для накопления карбонатных и глинисто-карбонатных осадков фораминиферовой серии.

Сокращение океана Тесис за счет сближения Африки и Евразии привели к субдукции океанической коры Большекавказского задугового бассейна под южную окраину Евразийского континента. Приближение Аравийской плиты к полосе островных дуг и дальнейшее перемещение ее на север ускорило завершение сокращения Большекавказского бассейна и последующую трансформацию морских отложений в горный рельеф.

Продолжавшаяся коллизия Евразийской и Афро-Аравийской континентальных плит привела к интенсивному горообразованию и возникновению новой зоны вулканического проявления по южной окраине Скифской плиты (Казбек, Эльбрус, Чегемская кальдера) [Муратов, Гзовский, 1948].

В сформировавшемся горном сооружении Большого Кавказа Скифская плита образует его северный склон и далее на север продолжается в виде современной Предкавказской равнины. Морские отложения Большекавказского задугового бассейна слагают южный склон мегантиклинория, а островная вулканическая дуга стала основой Закавказского массива, южная часть которой представляется Малым Кавказом.

Такова в общих чертах легенда геологического развития зоны Кавказского орогена на протяжении более чем 400 миллионов лет, основанная на концепции мобилизма литосферных плит.

Каждое из приведенных событий вносило свои коррективы в развитии коры и пространственное положение основных маркирующих границ, в литолого-стратиграфическое содержание осадочного чехла, в структурно-тектоническую схему районирования, в формирование микротектонических поясов, в возникновение зон вулканического проявления и магматизма, в сейсмическую активность, хотя последующее событие могло, как накладываться, так и нивелировать предыдущие трансформации.

Обусловленность глубинных исследований

Современный уровень научно-технического прогресса ограничивается единичными возможностями проникновения прямыми методами исследований в недра земли до глубин едва более 10 км, результаты которых лишь априори могут рассматриваться в последовательной цепи генетических связей взаимозависимых геологических процессов. Такое рассмотрение возможно либо на основе теоретических представлений геологического развития, либо опираясь на данные косвенных методов исследования, среди которых основная роль принадлежит геофизическим исследованиям.

Скрытые рудопроявления в пределах даже хорошо известных рудных провинций изучены, как правило, до глубин порядка 100 м, включая и геофизическими методами. Месторождения, залегающие ниже, остаются необнаруженными с одной стороны из-за низкой разрешающей способности на таких глубинах традиционно применяемых геофизических методов, а с другой, из-за недостаточно полного понимания генезиса руд, геологических условий их образования, характерных структурно-тектонических, магматических, геоморфологических, физико-химических признаков-спутников, сопутствующих локализации месторождения того или иного типа.

Между тем полиметаллические месторождения, к примеру, могут локализоваться до глубин 5 км и более.

Детально изучив отдельное месторождение, нельзя создать алгоритм поиска его аналога по его же характерным признакам (структурно-тектоническим, литологическим, геохимическим, магматическим или еще каким-то другим, присущим данному месторождению). Для создания такого алгоритма необходимо знать региональную особенность геологического развития территории и флюидоконтролирующих структур, глубинные источники флюидопоступления, геотектонику территории, закономерные признаки коррелируемости особенностей маркирующих литосферных границ и глубинных геоморфологических и тектонических структур с рудовмещающими и рудоконтролирующими структурами, критерии кристаллизации, количественные и качественные характеристики геофизических полей.

Научный интерес глубинных исследований заключается в познании общих направлений формирования и развития основных структур Большого Кавказа, в реконструкции геодинамической обстановки в коллизионной зоне, в определении морфологии кровли и подошвы консолидированной коры, создании современной глубинной модели Центрального Кавказа.

Прикладной интерес определяется возможностью установления наследственной пространственно-временной связи особенностей глубинной геодинамики и коро-мантийных структур и приповерхностных месторождений полезных ископаемых и вмещающих их структур более высоких порядков.

По результатам глубинных сейсмических исследований линейные положительные и отрицательные структуры, зоны пониженных скоростей и градиентные зоны в верхах мантии и, как правило, в рельефе поверхности Мохо соответствуют минерагеническим поясам, что может свидетельствовать о влиянии глубинных процессов на формирование месторождений и о мантийных источниках рудного вещества и углеводородов [Ермаков и др., 1994]. По данным теллурического зондирования (МТЗ) линейные субвертикальные и площадные проводящие зоны в коровых слоях соответствуют в первом случае углеродистым породам и рудной минерализации, а во втором - месторождениям углеводородов [Безрук и др., 1995]. Проводящие зоны по МТЗ и зоны пониженных скоростей ГСЗ, прослеженные на глубину, включая верхи мантии, часто совпадают с разломными зонами, которые, по всей видимости, служат подводящими каналами флюидов из мантии.

Являясь маркирующим горизонтом для сейсмических волн при глубинных сейсмических зондированиях (ГСЗ), морфологические особенности поверхности Мохо отражают основные структурно-тектонические единицы земной коры. Область, охватывающая Предкавказье, выделяется на поверхности Мохо серией положительных и отрицательных линейно вытянутых структур северо-западного простирания. На восточном сегменте орогена Прикаспийской впадине на поверхности Мохо соответствует структура выпуклой формы с перепадом глубин от 30 км в центральной части до 40 км к периферии впадины [Егоркин, Матушкин, 1969].

Подобная картина поведения границы Мохо наблюдается и в Черноморской впадине, где граница от центра погружается к окраинам с 18-22 км до 35-40 км. На основании этих исследований для Черноморского бассейна сделан важный вывод о значениях и зависимостях средних и граничных скоростей от глубины. Для «безграничной» глубоководной части зависимость средней скорости от глубины можно представить выражением $V_r = 1,8 + h \cdot \text{tag} 22^\circ$, для переходной зоны до глубин 17-18 км выражением $V_r = 2,3 + h \cdot \text{tag} 7,5^\circ$, а ниже глубин 17-18 км выражением $V_r = 3,4 + h \cdot \text{tag} 4^\circ$.

Зависимость средней скорости от глубины в шельфовой области может меняться в пределах $V_r = (2,5 \div 4,8) + h \cdot \text{tag} 4^\circ$. Граничные скорости при этом, как в осадочных породах, так и в «гранитном» и «базальтовом» слоях и на границе Мохо практически не зависят от глубины, что говорит о зависимости этого параметра от литологического состава пород, а не от величины статического давления [Непрочнова, 1971].

Глубинный разрез восточного фланга Центрального Кавказа уверенно дифференцируется тремя четкими границами, интерпретируемыми как границы раздела подошвы палеозойского фундамента и «гранитного» слоя, подошвы консолидированной коры и границы Мохо и переходной в астеносферу границы в верхней мантии [Краснопевцева и др., 1967].

Что касается геологии нефти и газа применительно традиционного органического происхождения, то она всегда была глубинной и, как правило, стратифицированной. Нефтегазовые структуры-ловушки приурочены к региональным структурам равнинно-платформенного типа и, оставаясь стратифицированными, очевидно, обязаны соответствующей геодинамической обстановке в определенной подвижной зоне, хотя такое предположение можно истолковать уже в пользу мантийного источника нефти.

Если рассматривать мантийную природу нефти, а с ней следует уже считаться, то наравне с глубинными тектоническими нарушениями, уходящими в мантию, соединительными каналами традиционных структур-ловушек нефти с верхами мантии могут служить континентальные рифты (авлакогены), которые не получили развития и были залечены осадочными породами большой мощности.

Рассмотрение структур-ловушек рудных и углеводородных полезных ископаемых в качестве производных единой цепи геологического развития дает возможность расширить комплекс основных признаков локализации месторождений, которые позволяют разработать алгоритм их выделения, что, безусловно, представляет огромный прикладной интерес к проводимым фундаментальным глубинным исследованиям.

Глубинные геофизические исследования Центрального Кавказа

В рамках «Федеральной целевой программы (ФЦП) развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации» для получения обоснованных глобальных моделей геотектоники, нефтегазоносности и металлогении и для решения задач детального сейсмического районирования Предкавказья и Российская территория орогена Большого Кавказа покрыта сетью региональных профилей глубинных геофизических исследований

Анализ результатов этих работ акцентирована на выделении наследственных проявлений геодинамических процессов и элементов структурно-вещественных комплексов на разрезах региональных глубинных геофизических профилей.

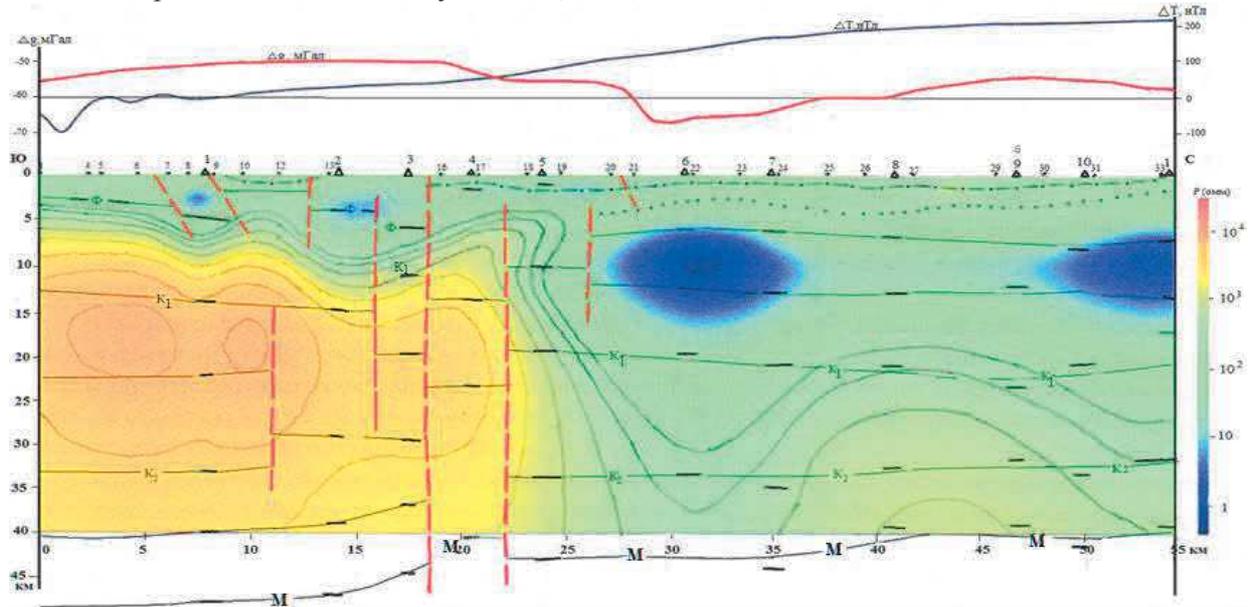
Результаты исследований представляют особый интерес в двух аспектах: перспектив выделения глубинных нефтегазоносных структур в консолидированном фундаменте Предкавказья, возможно со временем, и прогнозирования мантийных источников миграции углеводородсодержащих флюидов; установление закономерностей пространственного распределения основных литолого-стратиграфических и структурно-тектонических элементов Скифской плиты в пределах глыбово-складчатой мобильной зоны северного склона Большого Кавказа как следствия геодинамических процессов в зоне коллизии литосферных плит и положения и морфологии основных внутрикоровых маркирующих границ, границы Мохо. Второй аспект является предметом многопланового поэтапного анализа глубинных разрезов структуры Большого Кавказа, один из которых - вдоль Геналдонского профиля рассматриваются в данной статье.

Основной комплекс геофизических методов исследований: обменных волн землетрясений (МОВЗ), теллурического зондирования (МТЗ), гравимагниторазведки.

Геналдонский профиль отработан в два этапа: в 2003 г. в Осетинском секторе Центрального Кавказа на уровне меридиана г. Владикавказа от северного склона г. Казбек на протяжении 55км до р. Камбилеевка по широте г. Беслана в связи со сходом ледника Колка. Исследованиями на этом отрезке профиля предполагалось получить ответ на вулканический характер воздействия вулкана Казбек на ледник Колка, в очередной раз, сошедшего со своего ложа с катастрофическими последствиями.

Продолжение исследований Геналдонского профиля на север до населенного пункта Левокумское выполнено в 2013 г. в рамках программы получения обоснованных глобальных моделей геотектоники, нефтегазоносности и металлогении вдоль региональных профилей.

Разрез на южном фланге профиля (рис.1) представляет Складчато-глыбовое поднятие Большого Кавказа и Осетинскую впадину, составляющую структуру, заложенного в краевой части Скифской платформы, Терско-Каспийского передового прогиба. Без четких границ в физических полях Северное крыло переходит в зону Главного хребта, характеризующегося относительно положительными значениями поля силы тяжести. Гравитационные максимумы здесь определяются приповерхностным слоем с избыточной плотностью $0,15 \text{ г/см}^3$, верхняя и нижняя границы которого находятся на глубинах 0,5 и 4,5 км.



Условные обозначения:



1 - изолинии электрического сопротивления ($\lg\rho$); 2 - ось горизонта повышенных электрических сопротивлений; 3 - ось проводящего горизонта; 4 - точки (а) и предполагаемые поверхности (б) обмена PS-волн (М - Мохо, К - Конрада, Ф - фундамента); 5 - субвертикальная зона нарушений корреляции волновых форм; 6 - станции МТЗ (а) и МОБЗ (б) и их номера.

Рис.1. Глубинная геолого-геофизическая модель южного фланга Геналдонского профиля.

Это может соответствовать толще глубоководных нижнеюрских осадков с продуктами основного магматизма (дайки, интрузии, силлы Казбекского диабазового пояса), залегающей на кристаллическом фундаменте.

Складчато-глыбовое поднятие включает три структурно-вещественных комплекса – зоны Главного хребта, Северной моноклинали и Скалистого хребта. Основными структурно-вещественными комплексами Главного хребта, пересеченными Геналдонским профилем, являются зона Киммерийской складчатости, узкая полоса Шаухох-Дарьяльского поднятия и Мамисон-Казбекский реликтовый рубец, ограниченные с юга Адайком-Казбекским разломом, с севера пологим поддвигом, проходящим в основании эскарпа Скалистого хребта.

Зона Киммерийской складчатости ограничивается с юга Цариит-Цатадонским и Белореченским разломами, отделяющими ее от Шаухох-Дарьяльского поднятия. Литология по составу основания юрской толщи в зоне Киммерийской складчатости представлена алевролитами и песчаниками, выделяемыми в морскую терригенную формацию среднего лейаса.

Шаухох – Дарьяльское, поднятие расположено в юго-восточной части Горной Осетии, где занимает гребень и склоны Бокового хребта. Состоит из сравнительно крупных Шаухохского и

Дарьяльского массивов, разделенных Чачским покровом. Шаухохский массив располагается в междуречье р.р. Фиэгдон - Гизельдон. Ограничен массив с севера юго-западной частью Джимара-Годтанадагского разлома и Цариит-Цатадонским взбросом. Южная граница его представлена Сырхубарзондским взбросом, ограничивающим с севера, как и Главный надвиг на западе, Мамисон-Казбекский реликтовый рубец. Ядерная часть блока сложена отложениями позднекарбоновой сероцветной молассы, а также позднекарбоновой - раннепермской туффито - песчаной и поздне-пермской карбонатной метаморфизованной формаций, которые перекрываются образованиями раннего лейаса метапесчаников, кварцитов, узловатых и пятнистых сланцев, а также отложениями среднелейасовой аспидной формации. Перечисленные породы секутся многочисленными дайками среднеюрской габбро-диабазовой формации казбекского комплекса. Фундамент массива, представленный отложениями палеозоя, обнажается в тектонических клиновидных блоках и в ядре Геналдонской антиклинали.

Мамисон-Казбекский реликтовый рубец или геосутура представляется выполненной тектонизированным терригенным материалом, содержащим разного размера глыбы и блоки вулканогенно-осадочных пород и ремобилизованные олистостромы пород офиолитового комплекса. При этом, в той или иной степени серпентинизированные пикриты, нигде не встречающиеся без андезито-базальтовой или диабазовой оболочки, хорошо укладываются в схему процесса диапиризма, прошедшего на первой стадии тектонической мобилизации офиолитов. Незначительная роль в строении Мамисон-Казбекской зоны принадлежит субинтрузивным образованиям плиоценовой диоритовой формации.

Зона Северной моноклинали охватывает Пастбищный и Скалистый хребты. Его основным тектоническим элементом является разрывная тектоника, интенсивность которой заметно нарастает с севера на юг, т.е. вниз по стратиграфическому разрезу, достигая максимума у южной границы зоны - у поддвига Скалистого хребта.

Северная моноклираль ограничивает с юга Осетинскую впадину, представляющую собой глубокий прогиб, переходящий на юге в северное крыло Кавказского антиклинория. Формирование прогиба относится к верхнесарматскому периоду установления режима устойчивого прогибания. Выполнена впадина мощной толщей континентальных образований неогенового и четвертичного периодов [Стеклов, 1963], образующих верхнюю молассу, в основании которой располагаются конгломераты и галечники Лысогорской свиты. На конгломератах лысогорской свиты располагаются туфогенно-конгломератовые отложения свиты рухсдзуар. Эти породы выполняют значительную площадь котловины. Мощность их достигает 1450 м. Завершается разрез верхней молассы четвертичными плейстоцен-голоценовыми аллювиальными и флювиогляциальными образованиями мощностью от 0 до 750 м. Общая мощность его осадочного чехла в центральной части составляет (без подсолевого комплекса) порядка 9 км.

Складчато-глыбовое поднятие Большого Кавказа и Осетинскую впадину разделяет зона разлома, расположенная в интервале между 17-м и 28-м километрами профиля. Она характеризуется резкими смещениями осей электропроводимости и границ обмена PS-волн, повышенными градиентами гравитационного поля. Зона глубинного разлома, мощность которой достигает 10 км, является региональным Предкавказским разломами и характеризует собой зону сопряжения Альпийской складчатой области и Скифской платформы. Зона в значительной части перекрыта комплексом моноклинали Скалистого хребта, представляющим граничную структуру между орогеном Большого Кавказа и Терско-Каспийским прогибом. Количественные расчёты для гравитационной ступени, наблюдаемой на 28-29 км профиля, дают северное падение плоскости раздела под углами 65-70° при эффективной плотности порядка -0,1 г/см³. Аномалия отражает флексурный перегиб Владикавказского разлома в молодых отложениях [Шемпелев, 2007]. На глубинах 5-10 км разреза зона разлома выделяется на 26-27-м км профиля максимальными градиентами поля электрических сопротивлений и расфазировкой волновых форм. Нарушения Предкавказского разлома фиксируются и западнее в пределах 17 - 23-го км профиля (между пунктами расположения станций МОБЗ №№ 3-5), которые продолжаются в мантию.

Под Осетинской впадиной, сложенной палеоген-четвертичными образованиями на глубинах 6-13 км выделяется низкоомный слой со значениями электрических сопротивлений ниже 10

Омм. Учитывая наличие в его пределах локальных аномалий со значениями сопротивлений менее 1-го Омм, отложения могут быть представлены чередованием ангидридов, галитов и гипсов (гандалбосская свита).

Поверхность предполагаемых подсолевых отложений, характеризующихся электрическими сопротивлениями более 100 Омм, находится на глубинах 12 - 13 км. Выдержанная по простиранию карбонатно-сульфатно-соленосная толща может свидетельствовать о существовании палеопргиба. Данные геофизических исследований подчёркивают его грабенообразный характер. Так, субвертикальная южная граница палеопргиба располагается на 25-27-м км Геналдонского профиля, то есть несколько южнее Владикавказского флексурного перегиба. Установлено, что вдоль южного борта Осетинской впадины в раннетитонское время получили широкое развитие рифогенные постройки, которые впоследствии были доломитизированы [Вобликов и др., 2006]. На разрезе они выделяются по повышенным значениям электрических сопротивлений к югу от хорошо проводящей соленосной толщи в интервале 18-25 км профиля. Сейсмическими работами рифогенные образования относятся к перспективным структурам на нефтегазоносность.

Осетинская впадина с севера ограничивается Сунженской и Терской антиклинальными неотектоническими структурами, разделенными Алханчуртской синклиналью, представляющие собой зону инъекционной складчатости, обусловленной активной деятельностью глубинных мантийных разломов, приводящих к высокой тектонической расслоенности верхних горизонтов осадочного чехла.

Корреляционная картина обмена волн в комплексе с данными теллурических наблюдений позволяют выделить глубинные структуры и границы раздела, интерпретируемые как рифовые и две границы консолидированной коры (K_1 и K_2) за счет предположительно удвоения мощности условно базальтового слоя. В качестве маркирующей границы выделена граница Мохо. Кристаллический фундамент отмечается на глубинах порядка 5-ти км.

Модель глубинного строения по всей линии профиля построена преимущественно по данным МОВЗ и на основе подбора плотностного разреза (рис.2). Данные МТЗ использованы для Южного фрагмента профиля.

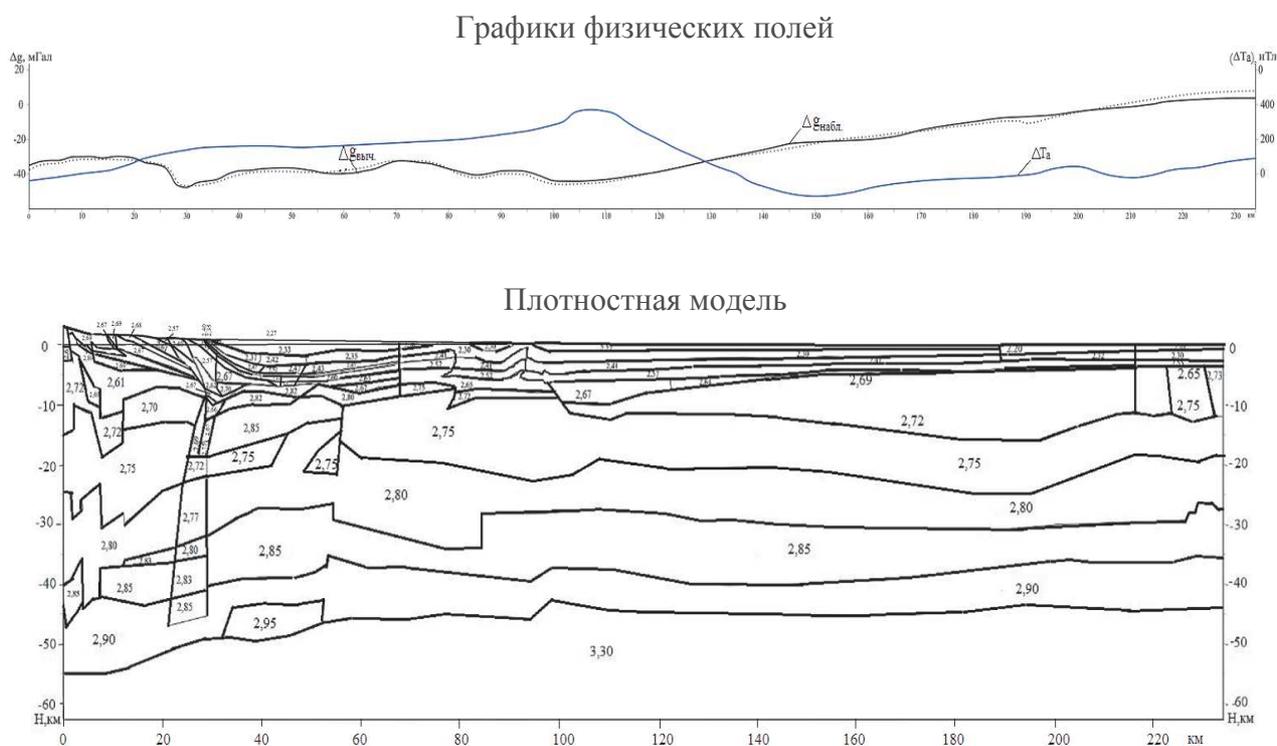


Рис. 2. Графики физических полей и плотностная модель вдоль Геналдонского профиля

Гравитационное поле на всем протяжении профиля отрицательное (от -25 до -50 мГал). В области складчато-глыбового поднятия восточной части Центрального Кавказа поле силы тяжести спокойное, практически не дифференцируемое (-25 - -30 мГал), в общих чертах имеет широтную ориентировку. При переходе в зону Предкавказских прогибов рисунок изоаномал гравитационного поля приобретает северо-западную ориентировку, что, вероятнее всего, связано с областью сочленения Чернолесско-Кабардинского и Терско-Каспийского краевых прогибов. Значения поля в этой области уменьшаются до -40 - -50 мГал. Граница складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа с зоной Предкавказских краевых прогибов и поднятий сопровождается высоким градиентом силы тяжести строго широтного направления, отождествляемым с зоной глубинного Владикавказского разлома. Менее контрастными градиентами отмечаются контакт Предкавказских краевых прогибов и поднятий с Терско-Сунженской антиклинальной зоной.

Магнитное поле слабоположительное, и лишь на южном отрезке высокогорной части профиля имеет отрицательные значения (до -20 нТл). Смена знака магнитного поля происходит при переходе из зоны киммерийской складчатости в Шаухох-Дарьяльское поднятие и в зону Мамисон-Казбекской сутуры. Отрицательное магнитное поле увязывается с близповерхностным залеганием домезозойского фундамента, что согласуется с общим отрицательным полем, характерным для складчато-глыбового поднятия Главного хребта на всем его протяжении. Также как и в гравитационном поле, в области сочленения горного сооружения с системой Предкавказских прогибов происходит переориентировка поля с широтного на северо-западное направление.

По сейсмическим данным прослеживаются две практически непрерывные границы обмена волн. Верхняя граница отождествляется с кровлей (кристаллического) фундамента. В области Северо-Кавказской складчато-блоковой системы данная граница располагается в общем виде конформно поверхности домезозойского фундамента и зарегистрирована на глубинах 8-10 км. В пределах Скифской плиты Предкавказья положение сейсмической границы фундамента не согласуется с положением подошвы мезозойских отложений. Здесь по подошве мезозоя выделяется положительная структура Прикумско-Нефтекумского сводового поднятия, подошва которого плавно поднимается с юга на север с глубины - 8 до глубины -3 км, тогда как по кровле кристаллического фундамента отчетливо прослеживаются грабено- и горстообразные структуры соответственно Ногайской ступени и Прикумской системы поднятий.

Нижняя граница обмена волн в качестве маркирующей принята за границу Мохо. В складчато-блоковой системе граница Мохо погружается в южном направлении с области Терско-Сунженской системы поднятий под складчатые зоны поднятия Центрального Кавказа с отметки -45 до отметки -55 км. В пределах Скифской плиты Предкавказья граница Мохо располагается практически горизонтально на отметках -44 - -45 км. Скачок в положении границы Мохо происходит на северном склоне Моздокского кристаллического выступа. Общая мощность земной коры в южной части Геналдонского профиля возрастает до 49-ти км. Корреляционная картина обмена волн в комплексе с данными теллурических наблюдений позволяют выделить глубинные структуры и границы раздела, интерпретируемые как рифовые и две границы консолидированной коры (K_1 и K_2) за счет предположительно удвоения мощности условно базальтового слоя. В качестве маркирующей границы выделена граница Мохо. Кристаллический фундамент отмечается на глубинах порядка 5-ти км. Общая мощность земной коры в южной части Геналдонского профиля возрастает до 49-ти км.

Заключение

Одним из основных признаков геодинамической обстановки зоны субдукции является «удвоение» мощности базальтового слоя, что имеет место, исходя из двух выделенных границ K_1 и K_2 , которые разделяют вероятно гранитный и базальтовый слои собственно континентальной коры и базальтовые слои континентального и океанического. Увеличение суммарной мощности коры в направлении к складчато-глыбовому сооружению за счет базальтовой составляющей подтверждает субдукционный характер коллизии литосферных плит.

Субширотная структура Мамисон-Казбекского реликтового рубца (геосутуры), уверенно выделяемого по минимумам напряженности полного вектора магнитного поля и прослеженная на протяжении 550 км, по структурно-вещественным элементам (олиостромы, офиолиты, микситы) представляется убедительным наследственным признаком субдукции. Мамисон-Казбекский реликтовый рубец или геосутура представляется выполненной тектонизированным терригенным материалом, содержащим разного размера глыбы и блоки вулканогенно-осадочных пород и ремобилизованные олиостромы пород офиолитового комплекса.

Активизация продвижения Аравийской плиты в глубь Евразийского континента приводит к интенсивному сокращению площади Кавказа в меридиональном направлении за счет скупивания материала. Последнее проявляется поднятием “возрожденных” гор, в которых горные хребты являются телами надвигов, имеющих сложную внутреннюю структуру и характеризующихся сочетанием многоэтапных деформаций (Боковой, Скалистый, Пастбищный, Лесистый хребты). Движения здесь происходили в форме поддвигов с юга на север. Яркими иллюстрациями этого являются Боковой хребет, под который по “Главному надвигу” поддвигаются структурные образования реликтового рубца, и Скалистый хребет, под который по подвику “Скалистого хребта” поддвигаются все южнее расположенные более древние породы и образованные ими структуры. Формирование “возрожденных” гор сопровождается интенсивной вулканической деятельностью четвертичных вулканитов (Казбекско-Кабарджинская группа). Продолжается накопление материала верхней молассы, выполняющей Владикавказскую котловину (свита рухсдуар и четвертичные аллювиально-флювиогляциальные отложения).

Литература

1. Корсаков С.Г., Семенуха И.Н., Горбова С.М. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:200 000. Издание второе. Серия Кавказская, лист L-37-XXXIV С-Пб., ВСЕГЕИ, 2002, С.182.
2. Зоненшайн Л.П., Ле Пишон К. Глубоководные впадины Черного и Каспийского моря - остатки мезозойских тыловых бассейнов. М., 1987, С. 74-93.
3. Пруцкий Н.И., Лаврищев В.А. Северо-Западный Кавказ в мезозое. В кн. Геодинамика Кавказа. М., Наука, 1989, С. 92-98.
4. Хаин В.Е. «Тектоника континентов и океанов» М, Научный мир, 2001, С. 577-580.
5. Муратов М.В., Гзовский М.В. «Основные этапы развития Эльбруса как вулкана». Тр. МГРИ. Т. 23. 1948. С. 75-82.
6. Ермаков Б.В., Ерхов В.А., Ивановская Л.В., Краснопевцева Г.В., Михальцев А.В., Попова О.Г., Семов В.Н., Щукин Ю.К. «Результаты исследования земной коры и верхней мантии в решении задач прогноза минерагении Северной Евразии». Геофизика, 5. 1994. С. 51-54.
7. Безрук И.А., Борисова В.П., Чернявский Г.А. «Возможности минерагенического прогноза и прогноза сейсмоопасных зон по данным глубинной электроразведки». Геофизика, 3.1995. С. 51-54.
8. Егоркин А.В., Матушкин Б.А. «Строение земной коры на Кавказе и в Западной части Средней Азии по данным геофизических исследований». Известия Академии наук СССР, серия геологическая №5, 1969. М. «Наука». С. 5-15.
9. Непрочнова А.Ф. «О распределении скоростей сейсмических волн в земной коре Черноморской впадине» Известия Академии наук СССР, серия геологическая № 6, 1971. М. «Наука». С. 27-35.
10. Краснопевцева Г.В., Матушкин Б.А., Попов Е.А. «Геофизические исследования на региональном профиле Волгоград – Нахичевань». Известия Академии наук СССР, серия геологическая № 12, 1967. М. «Наука». С. 43-52.
11. Стеклов А.А. Наземные моллюски неогена Предкавказья и их стратиграфическое значение. МГУ, 1963. С. 22.
12. Шемпелев А.Г. Результаты глубинных геофизических исследований вдоль Геналдонского профиля. Труды Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2007. С. 457-463.
13. Вобликов Б.Г., Мельников Е.А., Шайпов А.А. Об условиях формирования карбонатно-сульфатно-галогенных толщ верхней юры Терско-Каспийского прогиба //Сборник научных трудов СевКав. ТГУ. Серия «Естественно-научная» № 2. 2006. С.172.

Информация для авторов

Материалы для опубликования в журнале направлять по адресу: 367030, г. Махачкала, ул М.Ярагского 75. Институт геологии ДНЦ 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 на: dangeogis@mail.ru). К рукописи необходимо приложить разрешение на публикацию от учреждений, в которых выполнены исследования

Каждой статье присваивается DOI (Digital object identifier) или цифровой идентификатор объекта - это современный стандарт обозначения предоставления информации в сети Интернет, используемый всеми крупнейшими международными научными организациями и издательствами.

Правила оформления рукописи в журнале

Название журнала: "Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Геология и ресурсы Кавказа".

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. Тексты статей будут проверяться на плагиат на специальных сайтах.

7. 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 других иностранных языках. Авторский коллектив приводится полностью. В списке литературы даются только опубликованные работы. Ссылка в тексте дается в квадратных скобках и номер ссылки.

Список литературы 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.

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

7. 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 ДНЦ 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 (75) 2018

Издаются по решению ученого совета ИГ ДНЦ РАН

Сборник набран, сверстан и отредактирован на компьютерной
базе Гис-центра Института геологии ДНЦ РАН.

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

Подписано в печать 25.11.2018 г. Формат 60x84¹/₈.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 10,2. Уч.- изд. л. 6,2. Тираж 200 экз. Заказ №18-12-720.



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