



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт геологии
Дагестанского научного центра РАН

ISSN: 2541-9684

№ 4 (83), 2020
Ежеквартальный
научный журнал

"ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН"

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

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

Научно-редакционный совет:

*д.т.н., ИПГ ДНЦ РАН,
академик РАН, Коми НЦ УрО РАН
д.г.-м.н., г.н.с., профессор ЮРГПУ (НПИ)
д.г.-м.н., г.н.с., профессор ГИН РАН
академик РАН, ОНЗ РАН
член-корреспондент НАН Азербайджана
д.г.-м.н., профессор ИГиГ НАН Азербайджана
д.ф.-м.н., профессор, Геофизический институт ВНИЦ 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*

Редакционная коллегия:

д.г.-м.н., г.н.с.

к.т.н., с.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., (научный 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)

н.с., (технический редактор)

Алхасов А.Б.

Асхабов А.М.

Богуш И.А.

Гаврилов Ю.О.

Глико А.О.

Алиева Э.Г.-М

Гусейнов Д. Д.

Заалишвили В.Б.

Карапетян Д.К.

Карачаев Н.А.

Керимов И.А.

Морозов Ю.А.

Рабаданов М.Х.

Рундквист Д. В.

Федонкин М.А.

Черкашин В.И.

(главный редактор)

Мамаев С.А.

(зам. главного редактора)

Алиев И.А.

Ахмедов Г.Я.

Ахмедов С.А.

Ашурбеков Н.А.

Газалиев И.М.

Гусейнов А.А.

Залибеков З.Г.

Ибаев Ж.Г.

Идармачев Ш.Г.

Идрисов И.А.

Курбанисмаилов В.С.

Магомедов Р.А.

Маммаев О.А.

Мацапулин В.У.

Таймазов Д.Г.

Темирбекова У.Т.

Тотурбиев Б.Д.

Юсупов А.Р.

Якубов А.З.

Гусейнова А.Ш.

Мамаев А. С.

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

При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.

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

наш сайт в интернете <http://www.igdncran.ru>, e-mail: dangeogis@mail.ru

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

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

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

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

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

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

Научное направление журнала - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

ISSN: 2541-9684

Журнал является рецензируемым.

Журнал выходит 4 раза в год.

Тираж - 200 экземпляров

<http://elibrary.ru/> (РИНЦ)

<http://www.igdncran.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ И ИХ УНИФИКАЦИЯ В ОСАДОЧНО-ПОРОДНЫХ БАССЕЙНАХ ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ <i>Меликов М.М., Гаджиева Т.Р.</i>	4
ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКА НЕТРАДИЦИОННЫХ ЛОВУШЕК НЕФТИ И ГАЗА В ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА <i>Меликов М.М., Гаджиева Т.Р.</i>	8
ПОИСКИ ВОЗМОЖНЫХ НЕТРАДИЦИОННЫХ ЛОВУШЕК УВ В ПЕРМО-ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДАГЕСТАНСКОГО СЕКТОРА ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ <i>Меликов М.М., Гаджиева Т.Р.</i>	13
ВЛИЯНИЕ АБИОТЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ФОРАМИНИФЕР В МЕЛОВОМ ПЕРИОДЕ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА <i>Исаева Н.А.</i>	17
РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПИТАНИИ РЕК ДАГЕСТАНА <i>Курбанова Л.М., Базманова П.М.</i>	22
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ПЛОЩАДИ г. МАХАЧКАЛЫ В СВЯЗИ С ПОДТОПЛЕНИЕМ <i>Кондаков В.М., Мамаев С.А., Мусаев М.А.</i>	28
ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПОЛНЕНИЕ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД – КАК СПОСОБ ОХРАНЫ ОТ ИСТОЩЕНИЯ <i>Сулейманов В.К., Курбанисмаилова А.С.</i>	41
КАРТА «ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ДАГЕСТАНА для атласа «КУЛЬТУРНОЕ И ПРИРОДНОЕ НАСЛЕДИЕ ДАГЕСТАНА» <i>Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш.</i>	46
РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ КАК НАУЧНОЙ ШКОЛЫ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ <i>Мельков Д.А., Кануков А.С.</i>	51
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ПЛОЩАДНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВ <i>Таймазов Д.Г.</i>	75
РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ГОРНЫХ ПОРОД В ЗОНЕ ОБХОДНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПЛОТИНЫ ЧИРКЕЙСКОЙ ГЭС <i>Идармачев¹ И.Ш., Марченко² М.Н., Магомедов¹ А.Г., Идармачев¹ А.Ш.</i>	82
ВЛИЯНИЕ ОТНОШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН К СКОРОСТЯМ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН И ПЛОТНОСТИ ГРУНТОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ <i>Харегов К.С., Баскаев А.Н., Макиев В.Д., Майсурадзе М.В.</i>	89
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ НИЗМЕННОГО ДАГЕСТАНА <i>Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Алхулаев К.Г., Мамаев А.С., Юсупов З.А.</i>	95

УДК 553.9

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-4-7

СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ И
ИХ УНИФИКАЦИЯ В ОСАДОЧНО-ПОРОДНЫХ БАСЕЙНАХ
ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

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

В работе рассматриваются перспективы поисков нетрадиционных ловушек УВ в Восточном Предкавказье на основе анализа мировой и отечественной литературы, а также приводятся различные схемы классификации ловушек.

Ключевые слова: резервуар, прогноз, антиклиналь, геологоразведочный процесс, морфологический, классификация, традиционный, генезис, рифогенный, экранированный, комбинированный, эрозионно-аккумулятивный.

THE DEGREE OF STUDY OF NON-TRADITIONAL NATURAL RESERVOIRS AND THEIR
UNIFICATION IN THE SEDIMENTARY ROCK BASINS OF THE EASTERN CASCASUS

*Melikov M.M., Gadzhieva T.R.
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

The paper discusses the prospects for the search for unconventional hydrocarbon traps in the Eastern Ciscaucasia on the basis of an analysis of the world and domestic literature, and also provides various schemes for the classification of traps.

Keywords: reservoir, forecast, anticline, geological exploration process, morphological, classification, traditional, genesis, reef, screened, combined, erosion-accumulative.

Скопление УВ в ловушках традиционного (антиклинального) типа, в принципе, можно считать исчерпанными, по крайней, в настоящее время они исчерпали свои возможности. А поиски нетрадиционного типа является более сложным этапом геологоразведочного процесса и носит прогнозный характер. Если объектами исследований на первом этапе были относительно простые структуры (пласты и комплексы антиклинального типа), то объектами изучения на этом этапе являются сложные геологические образования различного происхождения и морфологических особенностей ловушек, требующих сложных геолого-геофизических методов их обнаружения. В связи с этим обстоятельством, поиск и разведка нетрадиционных ловушек осуществляется при ограничении фонда традиционных таковых нефти и газа.

В последнее время, судя по обзору отечественной и мировой литературы, тенденция увеличения доли добычи нефти и газа из объектов, связанных с нетрадиционными ловушками растёт. Степень геолого-геофизической изученности нефтегазоносных регионов, в том числе прямыми методами – бурением достигает в среднем 100 м/км^2 , что можно сравнить со степенью и уровнем изученности наиболее разведанных регионов России (Самарская область – 108 м/км^2). По мнению зарубежных специалистов, в частности, США из залежей нетрадиционного типа в недалёком будущем будет извлекаться около 75-80 % всей добываемой в мире нефти [1].

Тенденция роста количества открываемых месторождений нетрадиционного типа отмечается в России, Украине, Азербайджане, Канаде, Мексике, Китае и др. странах. В Северо-Китайском нефтегазоносном бассейне 30 % добываемой нефти приходится на долю нетрадиционных ловушек. В Азербайджане, на смежной с Дагестаном территории – Сиазанской моноклинали, месторождения нефти и газа приурочены, в основном, к неантиклинальным структурам приразрывных трещиноватых зон. В Западном и Центральном Предкавказье в результате тесной связи науки и производства открыт ряд месторождений УВ, содержащих залежи неан-

тиклинального и комбинированного типов, часть из которых выявлена при поисках залежей на антиклинальных структурах.

Большой объём исследований ловушек различного типа обусловил возможность создания разнообразных многочисленных схем общей классификации природных резервуаров и ловушек, наиболее значительными из которых являются классификации Алексина А.Г., Брода И.О., Еременко Н.А., Мирчинка М.Ф., Успенской Н.Ю., Ратнера В.Я. и др. Из зарубежных авторов следует отметить Вилсона В.Б., Хилди К., Россела В.Л. Наиболее важные классификации подверглись анализу в работах Габриэлянца Г.А. (1973).

Естественно, что относительно терминологии, связанная с многообразием классификаций, возникают некоторые вопросы [2].

Наиболее удачными представляются термины применительно к ловушкам «традиционная» и «нетрадиционная», поскольку термин «структурная» не совсем точен, ибо ловушка предполагает определённую структуру, а термины «антиклинальная» или «неантиклинальная» не совсем корректны, когда речь идёт о ловушках смешанного типа. Наиболее приемлемой является классификация Ратнера В.Я. и др. [3], где в качестве главного признака выделяется морфология резервуара, а в свою очередь каждый тип ловушек делится по генетическим признакам на классы. Первый тип ловушек связан с перегибами кровли резервуаров и включает в себя четыре класса: ловушки пликативных дислокаций при складкообразовании; ловушки биогенных выступов рифогенного генезиса; ловушки эрозионных выступов. Второй тип – ловушки экранов слабопроницаемых пород объединяет различные классы нетрадиционных ловушек, основными из которых являются:

-ловушки литологических экранов (выклинивание или замещение пород); ловушки дизъюнктивных экранов (экранирование по разрыву);

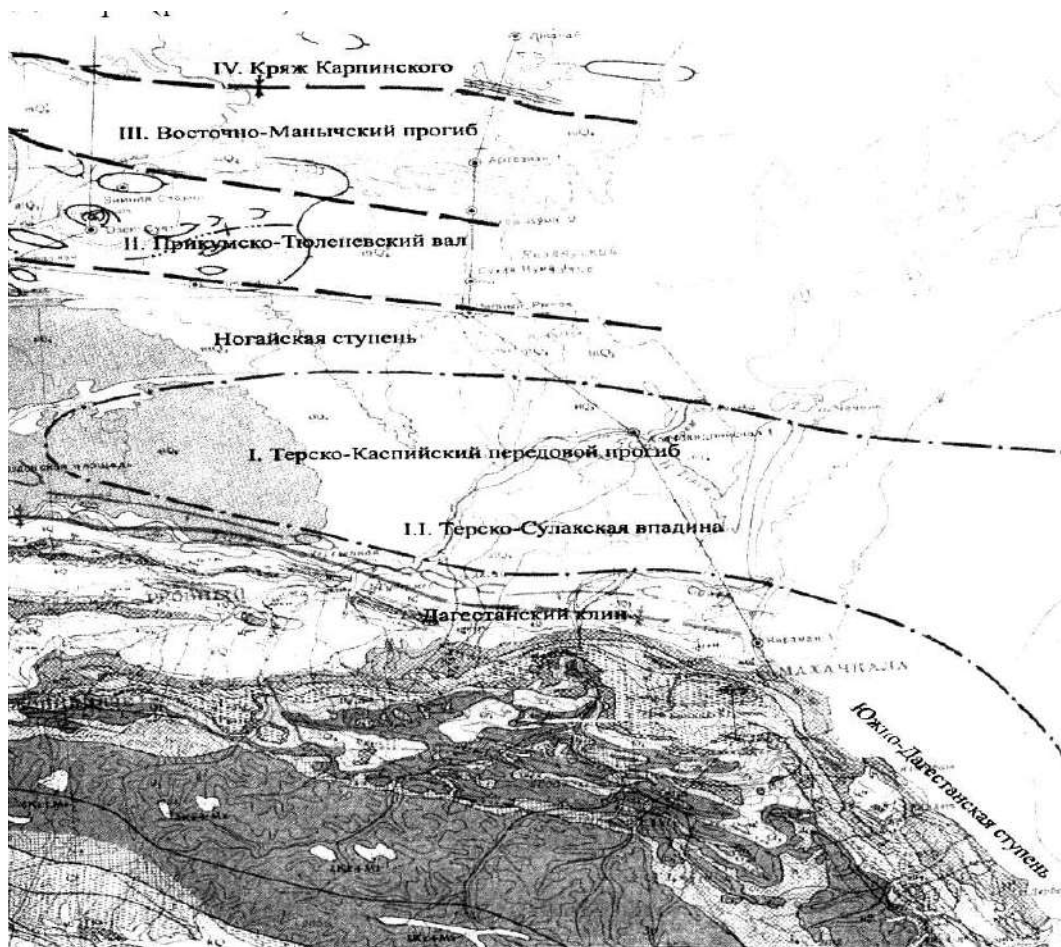
-ловушки стратиграфических экранов (экранирование по поверхности несогласия). Кроме того, второй тип объединяет три класса комбинированных ловушек по совокупности тех или иных признаков. Например, комбинированные по литологическому и тектоническому признакам;

-литологическому и стратиграфическому; тектоническому и стратиграфическому. Третий тип – литологически замкнутые ловушки подразделяются на три класса:

- ловушки аккумулятивных тел; эрозионно-аккумулятивных тел; ловушки, сформированные за счёт процессов диагенеза и эпигенеза. Они представляют собой природные резервуары, образованные в результате неравномерного уплотнения осадков, цементации, вторичной трещиноватости, выветривания, окислительно (растворяющего) действия пластовых вод и других физико-химических процессов.

Таким образом, следует отметить, что нетрадиционные ловушки имеют более развернутый спектр разнообразия по морфологии и происхождению, что это вовсе не значит, что в реальной природной геологической обстановке и для конкретного региона они встречаются чаще, чем традиционные ловушки, генетические особенности которых составляют научную основу при прогнозировании зон распространения возможных ловушек УВ, как хорошо изученных, так и в новых регионах, в то время как морфологические особенности имеют прикладное значение и должны учитываться при выборе рационального комплекса поисково-оценочных работ. В приведённой выше классификации не нашли отражения природные резервуары, представляющие собой синклиальный изгиб коллекторской матрицы, и, так называемые замкнутые гидродинамические ловушки в виде оползневых глыб (олистолиты). Хотя и те и другие нетрадиционные ловушки не имеют сколько-нибудь заметного распространения в различных нефтегазоносных и нефтедобывающих регионах. Но, тем не менее, они должны быть объектами первоочередного изучения в Восточном Предкавказье и сопредельных районах, имеющих аналогичную историю геологического развития. Не исключено, что отмеченная классификация может быть пополнена классами нетрадиционных ловушек в виде: разуплотнённых тектониче-

ских пород-коллекторов, и в т. ч., глинистых, ранее считавшихся бесперспективными в плане коллекторских резервуаров; оползневых глыб карбонатных пород в глинах депрессионных зон (синклинальные прогибы). Именно в этих ловушках могут быть обнаружены промышленные скопления УВ в передовых прогибах Восточного Кавказа. Следует отметить, что Предкавказье является первым нефтедобывающим районом страны, где установлены залежи УВ, приуроченные к ловушкам неантиклинального типа. К настоящему времени в Предкавказском регионе (Краснодарский, Ставропольский края и Дагестан) открыто более 90 месторождений, содержащих залежи нетрадиционного и комбинированного типов. В Восточном Предкавказье поиски нетрадиционных залежей должны проводить в межантиклинальных полях, где закладываются одиночные скважины (южный склон вала Карпинского, Восточно-Маньчский прогиб, Прикумская зона поднятий) (рис.).



Условные обозначения

- предполагаемые древние срединные массивы.
- ось Предгорного рва.
- погребенные брахиантиклинали, антиклинальные зоны
- геологические границы.
- разрывные нарушения.
- выход сарматских отложений на поверхность.

Рис. Схематическая структурно-тектоническая карта южной части Восточного Предкавказья

Установленные (традиционные и/или нетрадиционные) и прогнозируемые ловушки тесно увязаны с нефтегазоносными свитами (региональные, локальные) и тектоническими этажами и дифференцированы по структурно-тектоническим зонам (платформенная часть Дагестана, предгорья и шельф Каспия). Так, ниже-среднеюрский тектонический этаж в Платформенном

Дагестане характеризуется регионально нефтегазоносным, содержащим нетрадиционные ловушки (XI пачка нижней юры в районе площадей: Сухокумской, Ахтынской, Солончаковой и Центральной). Для этого тектонического этажа характерны две разновидности комбинированных залежей: литологические и тектонически-экранированные.

Таким образом, комплексная геолого-геофизическая информация и результаты анализов данных бурения могут служить надёжной основой для решения проблемы нетрадиционных залежей УВ в Восточном Предкавказье.

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

Литература

1. Леворсен А.И. Поиски залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа. М. Недра. 1985. С. 22-25.
2. Леворсен А.И. Геология нефти и газа. М. Недра. 1970. С. 12-18.
3. Ратнер В.Я., Булатов Н.Н. и др. Залежи нефти и газа в ловушках неантиклинального типа. М. Недра. 1982. С. 18-25
4. Шарафутдинов Ф.Г., Мирзоев Д.А. и др. Геология и нефтегазоносность доюрских образований Восточного Предкавказья. Махачкала. 1978. 178 с.
5. Ломизе М.Г. Региональные и глобальные события в развитии Кавказской геосинклинали //Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. - М.: Наука, 1987 - с. 21-34.

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-8-12

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКА НЕТРАДИЦИОННЫХ ЛОВУШЕК НЕФТИ И ГАЗА В ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

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

В работе рассматривается геологическое строение верхнемеловых отложений, которых можно оценить как потенциальные коллектора нетрадиционного типа для открытия месторождений нефти и газа в Предгорном Дагестане.

Ключевые слова: литолого-стратиграфический, складко-образовательные процессы, палеограбен, выступ, песчаник, известняк, комплекс, нефтегазоносный, осадконакопление, тетонически-экранированный, палеотектоника, нефтегазоаккумуляция, трещиноватость, резервуар, пористость, проницаемость.

PROSPECTS FOR THE SEARCH FOR UNCONVENTIONAL OIL AND GAS TRAPS IN THE UPPER CRETACEOUS SEDIMENTS OF PIEDMONT DAGESTAN

*Melikov M.M., Gadzhieva T.R.
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

The paper considers the geological structure of the Upper Cretaceous sediments, which can be estimated as potential unconventional reservoirs for the discovery of oil and gas fields in Piedmont Dagestan.

Keywords: lithological-stratigraphic, fold-educational processes, paleoграбен, ledge, sandstone, limestone, complex, oil and gas bearing, sedimentation, tectonically screened, paleotectonics, oil and gas accumulations, fracturing, reservoir, porosity, permeability.

О сложных литолого-стратиграфических и структурных взаимоотношениях осадочных образований, существовавших в мезозойское время, свидетельствуют геологические исследования, проводившиеся в Дагестане (Голубятников В.Д., Криволицкий А.Е., Шолпо Д.В., Брод И.О., Конюхов И.А., Куприн П.Н., Галин В.Л., Коршенбаум Ф.М. (2007.) [1-2]. В проводившихся исследованиях особое внимание специалистов привлекали складкообразовательные процессы, протекавшие в мальм-неокомское время на Восточном Кавказе, имевшие большое значение для решения задач, связанных с выявлением закономерностей размещения залежей УВ, экранированных стратиграфическим несогласием. На основании палеотектонического анализа было установлено, что в результате активной тектонической деятельности в мальм-неокомское время в Предгорном Дагестане происходило формирование и параллельное разрушение складчатых структур. Данная фаза складкообразования фиксируется в Дагестане региональным стратиграфическим перерывом в осадконакоплении, объём которого закономерно увеличивается от области Известнякового Дагестана к его предгорьям. Для определения интенсивности складкообразовательных процессов в области передовой складчатости Дагестана Коршенбаумом Ф.М. была проведена детальная корреляция разрезов приконтактной части меловых и юрских отложений с выделением надёжных маркирующих горизонтов, что позволило ему изучить размеры несогласий и условия залегания юрских отложений.

В области Западной антиклинальной зоны одновременно образовался пологий синклинальный прогиб, прослеживаемый в с-з направлении на значительной части Предгорного Дагестана. Установлено, что формирование Западной антиклинальной зоны, как самостоятельной структуры, протекало, в основном, на более поздних этапах геологического развития Предгорного Дагестана. Анализ структурных форм области передовой складчатости в мальм-неокомское время и литолого-стратиграфическое соотношение среднеюрских и меловых отложений позволили выявить на крыльях этой зоны палеоантиклиналей, погребённых под мощ-

ными толщами меловых и палеоген-неогеновых отложений, благоприятных для формирования стратиграфически экранированных залежей. Так, на с-в погружении Губденского выступа можно выделить зону нефтегазонакопления, в пределах которой имеются определённые благоприятные условия для формирования залежей стратиграфического типа в отложениях средней юры. Выделенная зона нефтегазонакопления ограничена по восстанию размытым сводом преднижнемеловой палеоантиклинали. На моноклиналином склоне может появиться толща пород бат-байосских отложений общей мощностью 800 м, содержащих пласты алевролитов и песчаников, экранированных несогласно покрывающими слоями нижнего мела и залегающих на глубинах 3000-4500 м. Эта зона нефтегазонакопления представляет собой полосу шириной 2,5-3 км и длиной до 20-25 км и имеет продолжение на с-в крыле Мугринской антиклинали, где на ю-з борту Алхаджикентской синклинали ожидается появление размытых в своде палеоантиклинали горизонтов средней юры. Условия, благоприятные для формирования стратиграфически экранированных залежей в байосских отложениях, имеются и на ю-з крыле Восточной антиклинальной зоны. Определённый интерес в этом отношении представляет толща алевролитов и песчаников, залегающая выше VI пласта, развитая в Хошмензиле и на ю-з крыльях поднятий Дагогни и Дузлак. Предполагаемая глубина их вскрытия составляет от 3000 до 4500 м.

В Предгорном Дагестане имеются благоприятные условия для выявления тектонически экранированных залежей нефти и газа и на с-в крыле Кадар-Апшинской (Ирганайской) антиклинали, где свод структуры был эродирован в мальм-неокомское время и на байосских отложениях залегают породы барремского яруса. Особенно этот размыв значителен на с-в крыле. Проведённые, в последнее время геофизические исследования и пробуренные скважины (геотермальные в окрестностях г. Буйнакс), позволили впервые выделить узкий палеограбенный прогиб, отделяющий с-в крыло Кадар-Апшинской антиклинали от Буйнакской синклинали. Палеограбенный прогиб установлен резким увеличением мощности отложений верхнего мела и палеогена. Амплитуда сброса может достигать 500 м, при ширине – 2,5-3 км и протягивается от с. Чиркей до с. Буглен параллельно с-в крылу Кадар-Апшинской антиклинали. В этой зоне могут быть обнаружены тектонически экранированные залежи нефти и газа на ю-з борту Буйнакской синклинали в отложениях средней, верхней юры, мела и палеогена.

Перспективы поиска нетрадиционных ловушек нефти и газа в верхнемеловых отложениях Предгорного Дагестана

Основной объём сейсмических исследований и глубокого бурения были сосредоточены в Нараттюбинской складчато-надвиговой зоне, обрамляющей внешнюю, наиболее погружённую часть Дагестанского клина, а также в Акташ-Аксайской депрессии и других синклиналиных структурах. Проведённые сейсмические исследования МОВ ОГТ позволили выявить и подготовить к бурению многие погребённые поднятия в верхнемеловых отложениях, однако региональная структура меловых отложений остаётся не выясненной до конца. Анализ и обобщение геолого-геофизической информации позволил выяснить основные особенности геологического строения и нефтегазонаосности верхнемеловых отложений региона, пересмотреть результаты поискового бурения отдельных площадей, дать современную оценку перспектив нефтегазонаосности и наметить перспективное направление поисково-оценочных работ [3-6]. В результате этих исследований установлено, что верхнемеловые отложения под моноклиналино залегающими отложениями олигоцен-миоцена, погружаясь к ТКП, образуют ступенчатые протяжённые блоки меловых пород, разделённых разрывными нарушениями. Некоторые тектонические блоки осложнены антиклинальными перегибами. Такая морфология погребённых структур характерна для всей Нараттюбинской моноклинали и депрессионных зон Предгорного Дагестана. Палеотектонический анализ и построения позволили установить, что во время отложения осадков хадумского и миатлинского горизонтов в результате импульсных тектонических движений

(растяжение) узкие блоки пород по образовавшимся разрывным нарушениям опускались, образуя грабены шириной 1,5-3 км и глубиной 250-500 м, заполненные осадками в виде оползней с соседних блоков (глыбы палеогеновых отложений). Зоны грабенов в майкопе, видимо, возникли там, где ранее в палеогене и, возможно, в верхнем мелу были уже заложены такие структуры.

В результате преакчагыльских тектонических движений (Восточно-Кавказская фаза складчатости) образовалась крупная передовая моноклираль и некоторые антиклинальные складки в пределах Предгорного Дагестана. В связи с этими преобразованиями палеограбенные прогибы стали тектоническими экранами для верхнемеловых отложений в моноклиналях и создали условия для образования ловушек, способных формировать промышленные запасы нефти и газа. Палеограбенные прогибы хорошо выделяются по материалам сейсморазведки и по данным бурения скважин. На сейсмических временных разрезах зоны палеограбенов характеризуются потерями коррелируемости отражающих горизонтов меловых отложений за счёт сильной нарушенности пород и аномально повышенного поглощения энергии сейсмических волн в этих зонах.

Данные бурения также подтверждают существование палеограбённых прогибов, когда скважина вскрывает относительно увеличенную (несколько раз) мощность миатлинского или других горизонтов майкопской серии. Наиболее крупные и глубокие палеограбенные прогибы характерны для зоны перехода головной, наиболее крутопогруженной части Нараттюбинской моноклинали к пологим предгорьям. Палеограбенный прогиб, прослеживающийся от Манас-озеньского до Шура-озеньского поперечных разломов экранирует крупный блок верхнемеловых пород, в пределах которого расположены такие известные месторождения нефти и газа, как Димитровское, Махачкала-Тарки и поисковые площади Тернаир и другие. Далее к западу прослеживается палеограбен Шамхал-Терменский, экранирующий Кумторкалинский выступ с основными площадями Алмало и Сафарали (Смирнова М.Н.). Южнее этого палеограбёна наблюдается Пираузский, который экранирует Шамхал-Булак-Истису-Кумторкалинский блок. К западу, за р. Сулак этот же палеограбен экранирует Шавданский блок до поперечного Дылымского выступа. В пределах Акташ-Аксаиской депрессии проходит Новолакский палеограбен, экранируя блоки Аркабашский и Кара-тюбинский и прослеживается в Петропавловскую синклираль Чечни.

Южнее, от Хадумского поднятия через Гумбетовскую и Бугленскую структуры наблюдается следующий крупный палеограбен, отделяющий Буйнакскую синклираль и входящие в её пределы поднятия Талги, Заузанбаш, Эдадьма от Гимринской моноклинали. Крупный палеограбенный прогиб также наблюдается южнее от Манас-озеньского поперечного разлома через Катын-таусскую синклираль с некоторым смещением по Кака-озеньскому поперечному разлому, далее по Алхаджикентской синклинали и до самого Самурского поперечного разлома. Этот палеограбен экранирует всю предгорную часть Южного Дагестана от меловой моноклинали, где находятся известные нефтегазоносные структуры Ачи-су, Гаша, Селли, а также антиклинали Балхас-Хунук, Экендиль, Аджинаур. Все перечисленные крупные блоки экранированные палеограбёнами, в свою очередь разбиты продольными и поперечными разрывами на блоки меньшего порядка. Так, в пределах блока, экранированного ятарки-ятаусским палеограбёном, находятся блое-антиклинали Димитровская, Махачкала-Таркинская, разделённые разрывными нарушениями. В свою очередь Димитровская структура поперечным Черкез-озеньским разломом делится на северную и южную части. Севернее Тернаирский поперечный разлом отделяет Махачкала-Таркинский блок от блоков площадей Тернаир и Агачаул, которые постепенно погружаются в сторону Шура-озеньского поперечного разлома. На рисунке приводится схематическая карта распространения нетрадиционных ловушек

Таким образом, исходя из вышеприведённого представления о геологическом строении Предгорного Дагестана наиболее перспективными тектонически экранированными могут быть следующие: в Акташ-Аксайской депрессии – Арка-башский и Каратюбинский блок-антиклинали. На Аркабашской структуре промышленная продукция получена только в скважине-5 в её западной части. В то время как в наиболее перспективной части (Восточный Аркабаш) из пробуренных скважин продукция не была получена, хотя в скважине 10 Новоллак во время испытания при недостаточной депрессии на пласт (ниже репрессии до 3-х раз) в испытателе пластов был получен глинистый раствор с нефтью и газом. В скважине-4, пробуренной в сводовой части этой структуры, испытания верхнемеловых отложений были проведены некачественно. Положение палеосводов структур можно определить по мощности майкопских отложений, вскрываемых скважинами на каждой площади. В сводовых частях мощность майкопа оказывается меньше на 400-500м, чем в скважинах, вскрывших эти отложения на крыльях палеоподнятий. Недостаточно изучены поисковым бурением, перспективные на получение нефти и газа, погребённые верхнемеловые структуры (ловушки) как Алмалинская, Тернаирская, Агачаульская, Айри-тюбинская и другие.

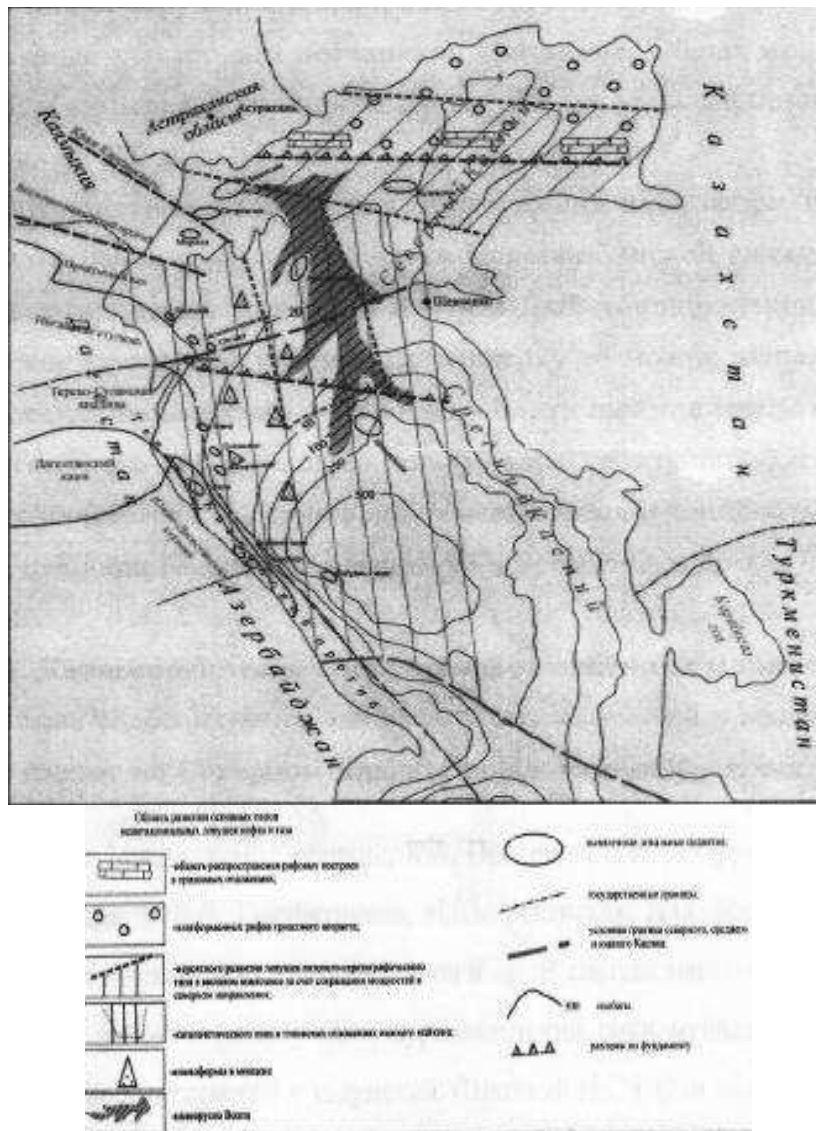


Рисунок. Схематическая карта распространения нетрадиционных типов ловушек

Полученный геолого-геофизический материал по меловым отложениям в скважинах Бабаюртовской площади Терско-Сулакского прогиба позволяет предположить, что прогнозируемые в них скопления нефти и газа аналогичны Правобережным месторождениям Чечни, где с глубины 5400 мполучен промышленный приток нефти.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно отметить, что в Предгорном Дагестане есть ещё возможность для открытия крупных месторождений нефти и газа в верхнемеловом продуктивном комплексе на блок-структурах и ловушках со смешанным экранированием.

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

Литература

1. Леворсен А.И. Поиски залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа. М. Недра. 1985.
2. Ратнер В.Я., Булатов Н.Н. и др. Залежи нефти и газа в ловушках неантиклинального типа. М. Недра. 1982.
3. Ломизе М.Г. Региональные и глобальные события в развитии Кавказской геосинклинали // Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. - М.: Наука, 1987. С. 21-34.
4. Семенович В.В. Перспективы и направления поисков неантиклинальных ловушек. Тр. ВНИГНИ. М, вып.173. 1975, стр.7-22.
5. Безносков Н.В., Гришина И.В., Ермаков В.И. О поисках залежей нефти и газа, связанных с ловушками литологического и стратиграфического типов (Предкавказье) //Геология нефти и газа. 1963. № 3, стр.16-22.
6. Коршенбаум Ф.М. Роль новокимммерийской фазы складчатости в формировании стратиграфически экранированных залежей нефти и газа в Предгорном Дагестане //Тр. ВНИГНИ, вып. 100. 1970, стр. 132-141.

УДК: 550.8

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-13-16

ПОИСКИ ВОЗМОЖНЫХ НЕТРАДИЦИОННЫХ ЛОВУШЕК УВ В ПЕРМО-ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДАГЕСТАНСКОГО СЕКТОРА ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАКАЗЬЯ

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

В работе рассматривается геологическое строение пермо-триасовых отложений, часть которых характеризуются высокими фильтрационно-емкостными свойствами и рассматривать их как возможные потенциальные нетрадиционные ловушки для скоплений УВ.

Ключевые слова: метаморфизованные сланцы, доломит, известняк, свита, комплекс, нефтегазоносный, пелитоморфный, вал, прогиб, трещиноватость, пористость, обломочно-оолитовый, резервуар, пористость, проницаемость.

SEARCHING FOR POSSIBLE NON-TRADITIONAL HC TRAPS IN THE PERMO-TRIASSIAN SEDIMENTS OF THE DAGESTAN SECTOR OF EASTERN PRECASKAZIA

*Melikov M.M., Gadzhieva T.R.
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

The paper considers the geological structure of the Permian-Triassic sediments, some of which are characterized by high filtration-capacity properties and consider them as potential potential unconventional traps for hydrocarbon accumulations.

Keywords: metamorphosed shale, dolomite, limestone, suite, complex, oil and gas bearing, pelitomorphous, swell, deflection, fracturing, porosity, clastic-oolitic, reservoir, porosity, permeability

В последние годы основными направлениями геологоразведочных работ в платформенной части Восточного Предкавказья являются поиски и разведка залежей УВ в пермо-триасовом комплексе. Обобщение полученных данных в результате поискового и разведочного бурения, а также в последних данных геолого-геофизического изучения разрезов позволило выявить особенности геологического строения пермо-триасового комплекса, оценить его нефтегазоносность и определить направление дальнейших поисково-оценочных работ. [1-3].

Пермо-триасовые отложения, составляющие переходный тектонический комплекс, трансгрессивно залегают на глубоко эродированную поверхность палеозойского основания, сложенную метаморфизованными сланцами и гранитами, которые несогласно перекрываются платформенными глинисто-песчаными образованиями юры и мела. Они характеризуются непостоянством распространения, резким изменением мощностей и состава пород, наличием региональных и локальных перерывов, внутриформационных несогласий. В литофациальном отношении пермо-триасовый комплекс сложен морскими лагунно-континентальными, вулканогенно-осадочными и эффузивными образованиями. Общая мощность их меняется от 0 до 2500 м, что связано с блоковым строением, свидетельствующем о сложных палеотектонических условиях развития региона, характеризующихся переходным режимом от геосинклинального к платформенному. Среди многообразных типов пород пермо-триасового комплекса лишь их часть характеризуется высокими фильтрационно-емкостными свойствами. К их числу можно отнести трещиноватые и трещиновато-кавернозные известняки и доломиты нефтекумской свиты и анизийского яруса, с которыми связана промышленная нефтегазоносность в Платформенном Дагестане.

Нефтекумская свита сложена в нижней части глинистыми пелитоморфными известняками, которые вверх по разрезу переходят в органогенные известняки. Они распространены в

широтной зоне сочленения Восточно-Маньчского прогиба и Прикумского вала, а также на южном склоне последнего и характеризуются изменчивостью состава от чистых известняков на западе (Русский Хутор и др.) до доломитов на востоке (Юбилейное, Кумухское). В результате складкообразования, имевшего место в конце нефтекумского времени, известняки претерпели значительные вторичные изменения, связанные в том числе и с трещиноватостью. Каверны и поры выщелачивания, пустоты вторичной доломитизации, тектонические трещины определяют основные фильтрационно-ёмкостные свойства карбонатных пород нефтекумской свиты. По лабораторным данным общая пористость известняков свиты изменяется от 1,5 до 15 %, средняя 3-5 %, проницаемость, как правило, очень низкая и редко превышает $0,01 \times 10^0$ мкм².

По данным же промысловых гидродинамических исследований скважин проницаемость известняков достигает $0,165$ мкм², в среднем принимается $0,05$ мкм².

Многообразные формы несогласного залегания различных горизонтов триаса, юры и мела на известняках нефтекумской свиты создали благоприятные условия для образования ловушек структурного, литолого-стратиграфического и тектонически экранированного типов. Условия палеотектонического развития региона указывают на существование в Восточном Предкавказье пред-аленекского перерыва в осадконакоплении, сопровождающегося формированием структуры палеорельефа ранее отложившихся осадков нефтекумской свиты, которые в значительной степени, а иногда и полностью оказались смыты. При следующей трансгрессии отложения нефтекумской свиты, а также палеозойского фундамента были перекрыты терригенно-карбонатными осадками култайской, демьяновской свит и анизийскими образованиями. В анизийских отложениях благоприятными ёмкостными свойствами обладает пачка известняков в средней части яруса, сложенная доломитизированными известняками и их зернистыми, микрокристаллическими, обломочно-оолитовыми разновидностями с различной степенью глинизации.

Общая пористость карбонатных пород колеблется от 0,27 до 11 %, среднее значение – не более 2 %. Проницаемость, по данным промысловых гидродинамических исследований, достигает $0,250$ мкм².

Установленные стратиграфические и угловые несогласия в сочетании с тектоническими нарушениями в пермо-триасовом комплексе обуславливают наличие различных видов ловушек, благоприятных для формирования залежей нефти и газа. Перспективные участки для выявления таких ловушек – это зоны сочленения Восточно-Маньчского прогиба (ВМП) с Прикумским поднятием – на юге и с кряжем Карпинского – на севере, а также сводовые части и крылья Величаевско-Зимне-ставкинского и Дадинского валообразных поднятий. Оба поднятия субширотного простирания протягиваются более чем на 150 км при ширине – 8-10 км и находятся в пределах Маньчских прогибов [4]. В последнее время на южном перспективном склоне Дадинского вала было установлено крупное Озёрное месторождение нефти. Здесь только на отдельных участках южного борта ВМП и Прикумского поднятия глубоким бурением установлено ориентировочное её положение и по поверхности палеозойского складчатого основания выявлены крупные погребённые выступы, в пределах которых пермотриасовые отложения смыты. Склоны этих выступов, где пермо-триасовые отложения сохранились от размыва, наиболее благоприятны для поисков ловушек литолого-стратиграфического типа. Залежи нефти в ловушках подобного типа выявлены на Урожайненской и Совхозной площадях Ставрополя.

Заслуживает внимания ю-з окончание Таловского валообразного выступа, в сводовой части которого пермо-триасовые отложения смыты. По мере погружения к Юбилейному месторождению мощность пермо-триасовых отложений достигает 260 м, где доказана нефтегазоносность нефтекумской свиты. Развитие этой свиты отмечается и к северу от Западно-Юбилейной площади к Солончаковому месторождению, где установлена промышленная нефтегазоносность анизийского яруса и нефтекумской свиты. К югу, по мере воздымания фун-

дамента и пермо-триасовых слоёв, следует ожидать срезания карбонатной толщи нефтекумской свиты, и создания благоприятных условий образования стратиграфически экранированных ловушек. Общая протяжённость центральной зоны выклинивания известняков нефтекумской свиты достигает 30-40 км. Вторая зона выклинивания этой свиты, протяжённостью несколько десятков километров, прослеживается южнее Катранного и Южно-Сухокумского месторождений, через Майское на ю-з. О размыве пермо-триасовых отложений в западном и ю-з направлении свидетельствуют также данные сейсморазведки, где нижнеюрские отложения по отражающему горизонту «Т» трансгрессивно залегают на сланцах карбона (Северо-Соляная).

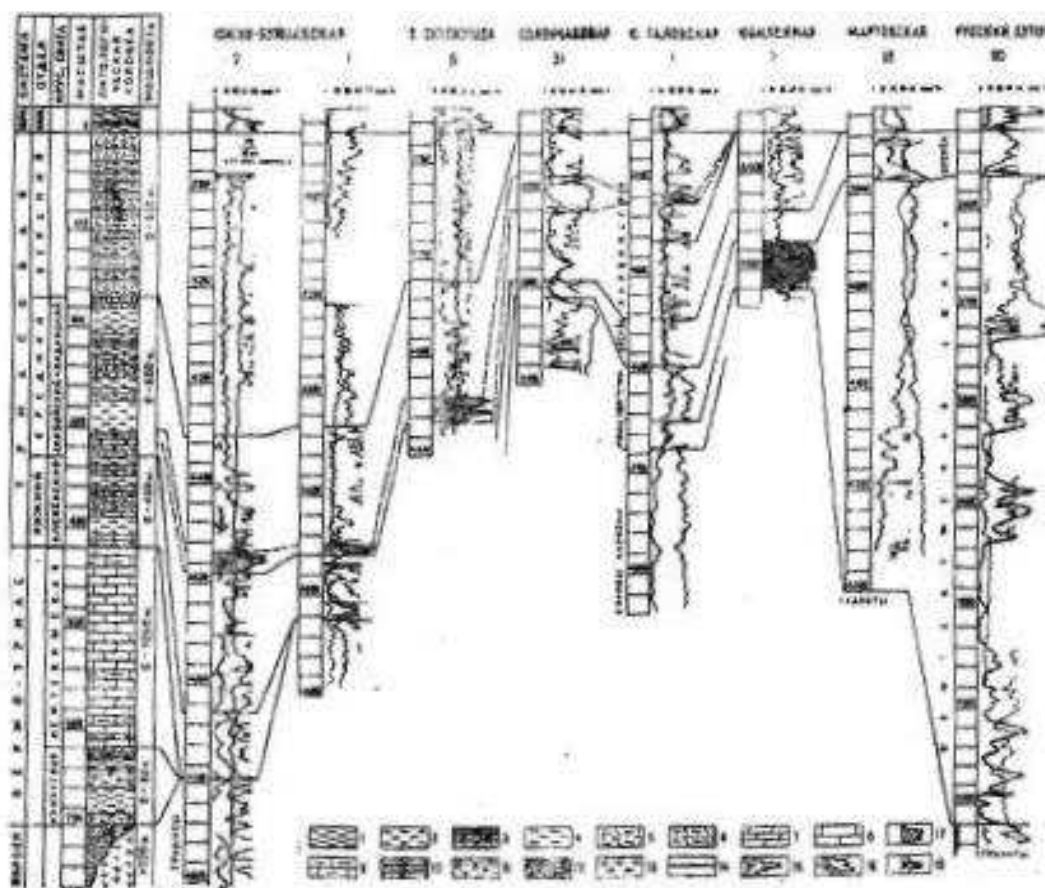


Рис. Схема сопоставления пермо-триасовых отложений Равнинного Дагестана

Определённый интерес для поисков залежей УВ представляют эродированные выступы фундамента, сложенные интрузивными образованиями, и их склоны, на которых элювиальные осадки (аркозовые песчаники и гравелиты), в основном, пермского возраста перекрыты непроницаемыми породами-покрышками среднего и нижнего триаса. В этом отношении перспективны также базальные слои среднего и нижнего триаса, в частности, на склонах погребённых гранитных массивов в пределах Южно-Буйнакской, Восточно-Песчаной, Мартовской, Русский Хутор, Капиевской площадей. Залежи могли формироваться при латеральной миграции УВ из нефте-газопродуцирующих отложений триаса и средней юры смежных депрессионных зон с аномально высокими пластовыми давлениями. Так перспективными могут быть оценены и коренные граниты в повышенных частях массивов, в зонах значительной трещиноватости (Комсомольско-Тереклинский разлом).

Таким образом, пермо-триасовый комплекс по всем геолого-геофизическим показателям является благоприятными нетрадиционными коллекторами-ловушками для поисков УВ.

Перспективными могут также быть оценены и коренные граниты в повышенных частях массивов, в зонах значительной трещиноватости (Комсомольско-Тереклинский

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

Литература

1. Стасенков В.В., Летавин А.И., Копылов Н.Т. и др. Перспективы поисков литолого-стратиграфических залежей нефти и газа в пермо-триасовых отложениях Восточного Предкавказья. Геология нефти и газа. 1983. № 5, стр. 23-27.

2. Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г. Геологические перспективы поисков неантиклинальных ловушек нефти и газа в пермо-триасовых отложениях Дагестана. Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, вып. 26. 1982, стр. 180-187.

3. Мирзоев Д.А., Беняминов И.Б., Джапаридзе Л.И. Геологические предпосылки поисков литологических и стратиграфических залежей нефти и газа в мезозойских отложениях восточной части Терско-Кумской впадины. Геология нефти и газа. 1971. № 11, стр. 8-13.

4. Сабанаев К.А., Сабанаев А.К. Геологическое строение осадочного чехла Северного и Среднего Каспия //Вестник Российского университета дружбы народов. Изд-во РУДН. № 2, 2007, стр. 108-112.

УДК: 551.763.12

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-17-21

ВЛИЯНИЕ АБИОТЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ФОРАМИНИФЕР В МЕЛОВОМ ПЕРИОДЕ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА*Исаева Н.А.**Институт геологии ДФИЦ РАН*

В статье рассматриваются закономерности распространения и эволюции отдельных таксонов ископаемой органики, оценки реакции биоты на экологические события. В ходе этих событий происходили значительные палеоклиматические изменения, повлекшие за собой перестройки в составе морской и наземной биоты, а также режиме седиментации. Установлено, что данные по количественному распределению фораминифер в меловых отложениях указывают на заметные изменения в бассейне палеоэкологических обстановок Восточного Кавказа.

Ключевые слова: абиотические события, морская биота, трансгрессия-регрессия, планктон, бентос, олиготрофная обстановка, биономические условия

THE INFLUENCE OF ABIOTIC EVENTS ON THE DISTRIBUTION OF FORAMINIFERS IN THE CRETAL PERIOD IN THE TERRITORY EASTERN CAUCASUS*Isaeva N.A.**Institute of Geology, DPRC RAS*

The article discusses the patterns of distribution and evolution of individual taxa of fossil organic matter, assessments of the biota's response to environmental events. In the course of these events, significant paleoclimatic changes occurred, which entailed rearrangements in the composition of the marine and terrestrial biota, as well as the sedimentation regime. It has been established that data on the quantitative distribution of foraminifera in the Cretaceous deposits indicate noticeable changes in the basin of the paleoecological conditions of the Eastern Caucasus.

Keywords: abiotic events, marine biota, transgression-regression, plankton, benthos, oligotrophic environment, bionomic conditions

Изменения физико-химических факторов в различных возрастных бассейнах, в том числе и в меловом периоде, влияют на состав комплексов фораминифер, а также на их строение и форму раковин. Колебание процентного содержания бентосных и планктонных форм по ярусам меловых отложений, а также различное соотношение видов, обладающих песчанистой и известковистой раковиной, отражают в некоторой степени режим существовавшего бассейна.

Изменение климата, а также колебания уровня водоема, распространение осадков обогащенных органическим веществом влечет за собой перестройку в составе морской биоты, что является характерными признаками для этих событий. Динамика изменения состава фораминиферовых ассоциаций, отдельные представители которых являются показателями температуры и солености, позволяет проводить реконструкции палеогеографии и палеоклимата их местообитания. К глобальным событиям, зафиксированным в океанах и на континентах, относятся меловые Океанические Аноксические События ОАЕ1а (Selli Event, конец раннего апта) и ОАЕ2 (Bonarelli Event, терминальный сеноман) и событие на границе мела и палеогена. Менее значимыми являются следующие события: поздневалажинское Weissert, позднеготеривское Faraoni, ОАЕ1b (Jacob, Paguier, Killian), ОАЕ1c (Toolebus), ОАЕ1d (Breistroffer), среднесеноманское событие, позднеконьякское ОАЕ3, пограничное мел-палеогеновое событие.

Меловые аноксические события, в ходе которых произошли резкие палеоклиматические пертурбации, обусловили значительное ускорение эволюционных изменений в составе комплексов фораминифер. Однако установлено, что в ходе глобальных событий ОАЕ1а и ОАЕ2 увеличение числа вымирающих и возникающих форм отмечается непосредственно перед собственно «аноксическим событием», а также сразу после него. Внутри же битумозных отложе-

ний наблюдаются только резкие количественные изменения в численности и соотношениях разных таксонов [Гаврилов и др., 2006].

Палеоэкологическое изучение динамики изменений комплексов основных групп микробиоты включает статистический, биометрический и морфологические анализы. Уже довольно давно показана приуроченность различных групп бентосных фораминифер к определенным батиметрическим условиям и окисческому уровню придонных вод, что позволяет использовать их в качестве наиболее точного инструмента при анализе гидрологического режима придонных вод. Установлено вертикальное распределение отдельных родов планктонных фораминифер в толще водного столба, поэтому вариации в их составе дают информацию о гидрологии поверхностных вод бассейна [Гаврилов и др., 1996].

В числе заметных изменений в составе комплексов планктонных фораминифер (ПФ) на протяжении мелового периода является периодическое увеличение количества особей с удлиненными камерами последнего оборота. Удлинение камер являлось «возвращающимся» морфологическим признаком в меловом периоде и кайнозое. Это позволяет предположить, что такая раковина имела преимущество в определенных условиях окружающей среды. Одним из возможных условий этого преимущества является их адаптация к низкому содержанию кислорода в водной толще. Основанием для такого предположения послужил фактический материал из большого количества разрезов разных регионов мира [Кобаевич, 2008]. Периодическое появление ПФ с удлиненными камерами зафиксировано и в разрезах Крымско-Кавказского региона.

В Дагестане горизонты, соответствующие всем этим событиям прослеживаются в нескольких разрезах – Аймаки, Леваши, Акуша, Цудахар, Ансалта, Хучни, Маджалис и др.

Анализ большого литературного и фактического материала показал, что фораминиферы разных таксонов, но обладающие вытянутыми камерами последнего оборота приурочены к событиям Фараони, Селли и Бонарелли. Каждый из этих интервалов имеет свои особенности. Появление первых меловых морфотипов с удлиненными камерами предшествует недолгому эпизоду дефицита кислорода Фараони [Кобаевич, 2013]. В области Центрального и Северного Дагестана начало готерива ознаменовалось усилившейся трансгрессией морского бассейна и обогащением фауны видами, не встречающимися в валанжине. Бассейн изобиловал бентосными фораминиферами.

Наиболее многочисленными среди них являются представители родов *Lenticulina*, *Astacolus*, *Citharina*, изредка отмечаются представители родов *Nodosaria*, *Tristix*, *Trochammina* и другие. Обилие фораминифер отразилось на литологическом составе органогенно-оолитовых и органогенно-обломочных известняков. В глинистых фациях лентиккулины, как это видно на примере разреза по р. Чирахчай, тонкостенные, чаще обладают вытянутой и уплощенной раковиной. В прослоях песчаных глин в пачках глауконитовых песчаников преобладают раковины округлой формы с натечным диском, что, возможно, связано с батиметрической приуроченностью местообитания фораминифер [Исаева, 2010].

С событием Селли связано резкое увеличение таксономического разнообразия фораминифер с удлиненными камерами. Комплекс фораминифер нижнего апта характеризуется присутствием в нем как планктонных, так и бентосных фораминифер. Наличие в ассоциации хедбергелл свидетельствует о том, что морской бассейн был широким и открытым, так как хедбергеллы обычно обитают в условиях нормальной морской солености. Появление различных групп фораминифер с удлиненными камерами можно объяснить степенью их толерантности к стрессовым обстановкам [Самышкина, 1997].

Альбские события Пакье, Амадеус и Брейштоффер не сопровождались заметным увеличением количества ПФ с удлиненными камерами. В разрезах Дагестана в этом стратиграфическом интервале фиксируется резкое сокращение бентосных фораминифер вплоть до полного отсутствия. Нормальная соленость и газовый режим благоприятствовали массовому развитию

фораминифер. Среди планктонных форм характерными являются: *Hedbergella infracretacea* (Glaessn.), *H.globigerinellinoides* (Subb.), *H.planispira* (Tapp.) и др., среди бентосных – *Neobulimina spicata* Bukal., *Marssonella trochus* (Orb.) и др. В верхней части позднего альба происходит сокращение разнообразия пелигической биоты, преобладание в развитии видов отдельных групп, происходит увеличение эндемизма, наблюдается уродливость и гигантизм отдельных видов фораминифер. В частности, у рода *Ticinella* наблюдается раздвоенность в последней камере, деление последней камеры на две, а затем смещение одной из камер по отношению к другой и уменьшение одной из них и увеличение другой. Указанные признаки не получили в дальнейшем закрепления [Самышкина, 1983]. В тоже время после события Брейштоффера начинается бурная эволюция высоко-специализированного рода *Rotalipora* s.l. Аналогичная картина наблюдается и в разрезах Италии, где таксономическое разнообразие ПФ с удлинёнными камерами является более высоким, появляются планоспиральные ПФ с раздвоенными камерами, что является, по мнению некоторых исследователей, реакцией на ОАЕ.

Самое заметное влияние на морфологию и таксономический состав ПФ оказало пограничное сеноман-туронское событие Бонарелли (ОАЕ2). Оно привело к значительным изменениям в структуре комплексов фораминифер, а также весьма существенно повлияло на морфологию их раковины.

В позднесеноманский век также происходила смена комплексов с преобладанием планктонных фораминифер комплексами с преобладанием бентосных. Фораминиферы многочисленны. Размеры раковин средние и крупные. Преобладающее значение имеют планктонные формы, составляющие иногда 80% от общего числа фораминифер. На секретионный бентос приходится 18%. Представители *Rotalipora cushmani*, как правило, образуют многочисленные скопления. На границе сеноман-турон отмечается некоторое изменение литологического состава пород – увеличение песчаности, а также появление пиритизированных конкреций в терригенных прослоях нижнего турона, что может служить свидетельством кратковременного нарушения газового режима бассейна – заражения его дна сероводородом. Из фораминифер в раннем туроне продолжают существовать *Rotalipora reicheli* (Morn.), *Praeglodotruncana stephani* (Gandolfi), появляется *Hedbergella holzli* (Hagn.). Большое распространение получили и бентосные аномалины, годрины, годринеллы, спироплектины и др. [Исаева 2019].

Учитывая важность исследований влияния абиотических событий на распространение микробиоты и строение раковин фораминифер и их привязку к палеобиономическим событиям, нами проведен детальный анализ существующего материала по нескольким разрезам Дагестана.

При переходе из турона в коньяк не наблюдается резких изменений, однако процентный состав планктонных форм увеличивается, бентосных представителей фораминифер в этот период резко уменьшается. Планктонные фораминиферы, преобладающие в верхних горизонтах вод морского бассейна, непосредственно связаны с климатическими факторами, существовавшими в коньякском периоде. Как известно, основная часть современных пелагических фораминифер связана с областью теплых поясов открытого моря. Поэтому обилие глоботрунканид позволяет сделать вывод о хорошем кислородном режиме, нормальной солености и теплой температуре воды, способствовавшей интенсивному извлечению из воды, необходимой для построения раковины. Переход из отложений коньякского яруса в сантонский характеризуется некоторым изменением в режиме бассейна. Прежде всего наблюдается уменьшение планктонных форм, бентосных увеличивается до 85%, из которых наиболее распространенными являются надсемейства *Discorbinae*, *Ataxophragminae*, *Vernerilinae* и др. Обмеление бассейна в нижнесантонское время, а вместе с этим и последующее изменение солености бассейна, температуры, света и т.д. способствовало развитию бентосной фауны фораминифер. Крупные, массивные раковины фораминифер являются показателями благоприятных биономических

условий. Сантонские отложения характеризуются развитием форм перешедших из коньяка и появлением родов *Orbignyna*, *Clavulina*, *Ataxophragmium*, *Harlophragmoides*, *Plectina*. Появляется род *Grammostomum*.

Переход от сантонских к кампанским постепенный. Характер осадка указывает на унаследованный от сантона режим бассейна. На протяжении всего кампана морской бассейн был неглубоким, хороший кислородный режим, достаточное количество продуктов питания, нормальная соленость способствовали пышному развитию богатой и разнообразной микрофауны. Наибольший расцвет в отложениях кампана получили представители подсемейств *Ataxophragminae*, *Buliminae*, *Valvulinae*, *Discorbinae* и др. В некоторых разрезах кампанские отложения имеют нарушенное напластование, связанное с подводными оползнями.

В нижнекампанских отложениях Дагестана распространены представители следующих родов: *Ataxophragmium*, *Plectina*, *Beissellina*, *Orbignyna*, *Clavulina*, *Stensioina* и редко *Globotruncana*. Многие из перечисленных видов продолжали жить и в верхнекампанское время. Характерным для кампана является обилие особей каждого вида, крупные размеры раковин. Бентосные представители составляют 99-100% от общего состава фораминифер. Наступившая кампанская трансгрессия в значительной степени обновила микрофауну. Унаследованные представители сантонского времени в кампане испытали наивысший расцвет.

В маастрихте, особенно в начале его, связь с морями Бореальной зоогеографической провинции продолжала существовать, о чем свидетельствуют общие виды фораминифер с такими Русской платформы. Маастрихтские отложения в Дагестане развиты повсеместно. Глубина бассейна не превышала 200м, а в некоторых районах Северо-Западного и частично Центрального Дагестана далеко не достигала этой величины. В нижнемаастрихтских отложениях бентосная микрофауна занимает 100%, тогда как в верхнемаастрихтских отложениях на бентосные формы приходится 83-52%, на планктонные формы 16-47 % от общего количества фораминифер.

Таким образом, маастрихтский бассейн характеризовался мелководностью, обладал хорошим газовым режимом, температура воды оставалась такой же, как и в кампане. В датское время связь с морями средиземноморской зоогеографической провинции устанавливается еще в большей степени, чем в верхнем маастрихте. В верхних слоях датские планктонные формы занимают 92,7%, на долю бентосных приходится 7,3%, в нижних слоях датские бентосные формы занимают 47,6% от общего числа фораминифер, на планктонные приходится 52,4%. Морская трансгрессия датского времени обогатила микрофауну новыми видами, планктонные формы преобладают над бентосными; кроме глобигерин в верхних слоях датских отложений начинают появляться акаринины, получившие большое развитие в палеогене. Тем не менее связь с бореальной зоогеографической провинцией продолжает существовать. В нижних слоях датских отложений в комплексе фораминифер в значительных количествах присутствуют и маастрихтские виды. В датское время, особенно в ранней части его, бассейн был мелководным. Нижние слои датского яруса откладывались в более мелководной части неритовой зоны открытого моря, где среди фораминифер начинают преобладать планктонные формы.

Состав комплексов свидетельствует о смене стабильных олиготрофных обстановок условиями эвтрофии. Интенсивность влияния событий на морфологию раковин фораминифер и состав комплексов на больших территориях указывает на глобальный характер события и наименьшее влияние локальных особенностей. Скорее всего, морфологические изменения фораминифер были пропорциональны масштабу стресса.

Верхнемеловые отложения Дагестана содержат в себе богатую и разнообразную микрофауну, насчитывающую более 300 видов и разновидностей фораминифер. На основании изучения процентного соотношения бентосных и планктонных представителей, изучения условий их

жизни с учетом литологического характера содержащих их пород, дали возможность восстановить палеобиономические условия существовавших бассейнов верхнемеловой эпохи.

Анализ материала по Восточному Кавказу показал, что в течение мелового периода наибольшее биоразнообразие и количество микроорганизмов приурочено к периодам длительных трансгрессий, без резких изменений среды обитания. Частое изменение условий (трансгрессия-регрессия) ведет к сокращению разнообразия фораминифер, изменения их таксономического состава или полному их исчезновению.

Для более детального изучения вышеназванных событий предполагается проведение масштабных работ по различным разрезам Республики Дагестан и всего Восточного Предкавказья.

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

Литература

1. Гаврилов Ю.О., Щербинина Е.А., Черкашин В.И. Отображение глобальных и межрегиональных биосферных событий мезозоя и кайнозоя в осадочных комплексах Северо-Восточного Кавказа (Дагестан) //Труды Института геологии ДНЦ РАН, выпуск № 50, Махачкала. 2006. С.15.
2. Гаврилов Ю.О., Копаевич Л.Ф. О геохимических, биохимических и биотических следствиях эвстатических колебаний //Стратиграфия. Геологическая корреляция. //М.: Наука, том 4, №4. 1996. С.11-12.
3. Исаева Н.А. Развитие сеноман-туронской биоты фораминифер Северо-Восточного Кавказа в связи с абиотическими факторами //Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы Пятого Всероссийского совещания 23-28 августа 2010г. Ульяновск. 2010.С.174-178.
4. Исаева Н.А. Этапы развития фораминифер в отложениях позднего мела на территории Восточного Кавказа // Труды Института геологии ДНЦ РАН, №3 (98), 2019г., стр.78-80.
5. Копаевич Л.Ф., Вишневская В.С. Палеогеография Восточно-Европейской платформы и ее южного обрамления в позднем мелу на основе анализа комплексов микроорганизмов (фораминиферы и радиолярии) //Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы Четвертого Всероссийского совещания 19-23 сентября 2008г. Новосибирск.2008. С.107.
6. Копаевич Л.Ф. Обстановки дефицита кислорода и их влияние на морфологию раковин меловых планктонных фораминифер //Систематика организмов. Ее значение для биостратиграфии и палеогеографии. Материалы LX сессии Палеонтологического общества 1-5 апреля 2013г. Санкт-Петербург. 2013. С.64.
7. Самышкина К.Г. Новые данные стратиграфического расчленения альбских и сеноманских отложений Восточного Кавказа на основании фораминифер. // Биостратиграфия и микроорганизмы фанерозоя Евразии. Труды XII Всероссийского микропалеонтологического совещания, посвященного 100-летию со дня рождения Д.М.Раузер-Черноусовой. ГЕОС.1997. С.180.
8. Самышкина К.Г. Фораминиферы и стратиграфия меловых отложений Восточного Кавказа //М.: Наука, 1983. С.30-31.

УДК 556

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-22-27

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПИТАНИИ РЕК ДАГЕСТАНА

*Курбанова Л.М., Базманова П.М.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Дана характеристика типов питания рек. Рассматривается роль подземного стока как одного из источников питания рек. Описывается режим наиболее крупных рек Дагестана.

Ключевые слова: подземный сток, режим, грунтовые воды, источники питания рек.

ROLE OF GROUNDWATER IN THE SUPPLY OF THE RIVERS OF DAGESTAN

*Kurbanova L.M., Bazmanova P.M.
Institute of Geology, DPRC RAS*

The characteristics of river feeding types are given. The role of underground runoff as one of the sources of river feeding is considered. The regime of the largest rivers of Dagestan is described.

Key words: underground runoff, regime, groundwater, sources of river supply.

Процесс взаимосвязи подземных и поверхностных вод в природной обстановке разнообразен и очень сложен. В зависимости от условий залегания и типа подземных вод, климатических факторов и гидрологического режима водотоков происходит питание поверхностных водотоков подземными водами, или наоборот возникают потери речных вод на пополнение запасов подземных вод.

Подземный сток – это наиболее постоянный источник питания большинства рек, действующий почти круглый год и поддерживающий водность рек в маловодные периоды – в летнюю и зимнюю межень. В приходной части водного баланса многих рек подземное питание составляет весьма заметную величину. Интенсивность подземного стока в реки зависит от ряда природных факторов и условий, из которых наибольшее значение имеют климатические особенности, геологическое строение, литологический состав горных пород, характер рельефа и растительности, а также эрозионная деятельность речной сети.

В подземном питании рек выделяют две основные ветви: грунтовое и артезианское (напорное) питание. Грунтовое питание бывает сезонное и постоянное. Сезонное грунтовое питание носит непостоянный характер и связано в основном с весенне-летними и осенне-зимними периодами интенсивной инфильтрации атмосферных осадков и речных вод весенних разливов. Для рек горных областей оно может иметь существенное и в ряде случаев исключительное значение. Постоянный грунтовый сток обеспечивает более или менее стабильный приток вод в реку, обычно в течение всего года.

Артезианское питание рек обусловлено поступлением глубоких напорных подземных вод различных типов: артезианских, карстовых, трещинно-жильных, подмерзлотных, термальных и др., и осуществляется в областях разгрузки этих вод восходящим стоком.

В Дагестане насчитывается 6255 рек. Большинство из них (96,2%) представляют собой небольшие водотоки длиной от 3 до 8 км и только 285 рек имеют протяженность более 10 км. Среднегодовой сток рек в среднем для республики составляет около 13,3 л/сек/км² [1].

Подавляющее большинство рек Дагестана формируется в горах. Наибольшей густоты речная сеть достигает в горных районах, где выпадает большое количество осадков. Распределение речной сети зависит также от проницаемости пород и грунтов: в районах распространения известняков она реже, чем в районах развития глинистых сланцев. Большая часть поверхностного стока (70%) формируется в районах внутригорной зоны Дагестана, сложенной из-

вестняками, которые вследствие их трещиноватости и кавернозности являются хорошими аккумуляторами осадков и конденсационной влаги.

Реки Дагестана отличаются друг от друга по условиям питания, режима, стока и влияния на режим и ресурсы подземных вод.

Режим речного стока на низменной территории очень изменчив и, хотя доминирующее влияние имеют атмосферные осадки, значительную роль в этом процессе играют и подземные воды. В свою очередь в режиме подземных, в первую очередь грунтовых, вод доминирующую роль играют поверхностные воды: реки, оросительные и дренажные каналы и озера.

Режим предгорных рек характеризуется тем, что в их питании подземные воды играют доминирующую роль. Доля подземных вод достигает 40-60%.

Для горных рек Дагестана доля подземных вод в питании в среднем составляет 20-30%. В тех зонах, где горные породы представлены трещиноватыми известняками, песчаниками и мощными аллювиально-деллювиальными отложениями, роль подземных вод в питании рек достигает 50-60% (Известняковый Дагестан). В то же время для Сланцевого Дагестана эта доля не превышает 10-20% [2].

Таким образом, в формировании поверхностных водотоков наблюдаются выраженные закономерности, обусловленные гипсометрией, геолого-тектоническими и литолого-фациальными условиями.

Самые крупные реки, дренирующие горный Дагестан это Сулак, Самур и Гюльгерычай. К внешнегорным рекам республики относятся: система реки Акташ (Ямансу-Ярыксу-Аксай), Шура-озень, Манас-озень, Гамри-озень, Уллучай и Рубас. Крупнейшие реки Северного Кавказа – Терек и Кума, протекают по территории Равнинного Дагестана в нижнем своем течении.

Сулак – самая многоводная река внутреннего Дагестана. В бассейн реки входят 2430 рек общей протяженностью 13500 км. Суммарная площадь водосбора составляет 15218 км², среднегодовой расход – 4,7 км³.

Бассейн Сулака занимает часть предгорий и склонов гор Большого Кавказа, а также Прикаспийской низменности. Верховье реки протекает по глубокому каньону. Бассейн реки сложен легко эродируемыми сланцами, русло имеет развитые аллювиальные формы. Встречаются порожисто-водопадные участки и участки с неразвитыми аллювиальными формами. В равнинной части бассейна русло реки извилистое. При впадении в море Сулак формирует широкую дельту площадью 45,1 км², которая представляет собой плоскую аллювиальную равнину, сложенную речными наносами.

Река характеризуется относительным постоянством стока на всем протяжении, высоким половодьем с апреля по октябрь (с максимумом в июне-июле), обусловленным вертикальной зональностью снеготаяния и дождевыми паводками, и устойчивой зимней меженью (ноябрь-март).

Основными источниками питания реки Сулак являются талые воды высокогорных снегов и ледников (60%), а также дождевые осадки (30%). Грунтовое питание составляет около 10%. Годовое количество осадков в бассейне реки изменяется от 1000 мм (горная часть) до 400 мм и меньше (низовье реки). Средний слой осадков для бассейна реки составляет 700 мм, слой испарения – 438 мм.

Сулак играет большую роль в питании подземных вод, прорезая мощную толщу песчаных отложений третичного и четвертичного периода, по которым происходит инфильтрация речной воды в подземные. Инфильтрационными водами низовьев Сулака образовано крупнейшее на Северном Кавказе Сулакское месторождение пресных подземных вод с эксплуатационными запасами 430 тыс. м³/сут, что является ярким примером взаимосвязи поверхностных и подземных вод [3]. Состав речной воды гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый. Минерализация колеблется в пределах 200-850 мг/л, составляет в среднем 400 мг/л [4].

Река Сулак имеет важное народнохозяйственное значение для Дагестана. Воды Сулака используются для орошения полей, водоснабжения городов и населенных пунктов. Площадь орошаемых земель в бассейне реки превышает 100 тыс. га. На реке действует каскад многочисленных ГЭС (Чиркейская, Чирюртские, Миатлинская и др.). В реку заходят на нерест рыбы осетровых пород.

Самур – вторая по величине река внутреннего Дагестана и самая крупная в Южном Дагестане. Она берет начало на Главном Кавказском хребте от ледника, расположенного близ горы Гутон, на высоте 2880 м, и впадает в Каспийское море. Площадь водосбора составляет 4430 км², протяженность – 213 км. Современное оледенение занимает около 0,15% общей площади водосбора. Средний многолетний расход воды составляет 2,1 км³. Воды реки отличаются высокой мутностью.

Бассейн реки Самур составляют 65 притоков, длиной более 10 км и общей протяженностью 1820 км. Площадь бассейна реки равна 7,33 тыс. км². В верховье бассейн Самура сложен глинистыми сланцами, в низовье – песчаниками и меловыми отложениями. Первую треть своего пути Самур пробивается в узком и мрачном ущелье среди обнаженных глинистых сланцев. При выходе на Приморскую низменность течение реки замедляется, разбиваясь на ряд рукавов и образуя широкую дельту с многочисленными островами и осередками, поросшую густым широколиственным лесом. При впадении в Каспий Самур образует на дне моря песчано-гравелистый бар.

Климатические условия на всем протяжении реки отличаются контрастностью: от влажных высокогорий (до 800 мм осадков в год) до степных и полупустынных (с годовой суммой осадков 200-300 мм) в нижнем течении. Большая часть осадков выпадает в виде дождей в теплый период года. Весной и летом река многоводна; иногда в это время проходят мощные паводки, обусловленные интенсивным таянием снега и теплыми дождями или ливнями в горах.

Питание реки смешанное: подземные воды, талые и дождевые воды. На долю подземного питания приходится от 20-30 до 40% годового объема стока. Режим реки относится к типу весенне-летнего половодья с хорошо выраженной зимней меженью.

Воды реки в нижнем течении широко используются для орошения. В настоящее время водами реки Самур орошается более 100 тыс. гектаров плодородных земель Дагестана и Азербайджана (Самур-Апшеронский и Самур-Дербентский каналы).

Гюльгерычай – вторая по величине река Южного Дагестана длиной в 40 км. Площадь водосбора составляет 2340 км². Основными фазами режима реки являются весенне-летнее половодье и зимняя межень. Наибольшие расходы обычно проходят в июне, когда наряду с таянием снега выпадает значительное количество осадков. Естественный сток в значительной степени нарушен многочисленными водозаборами. Средний годовой расход — 9,11 м³/с.

В прошлом река впадала в Каспийское море, а в настоящее время старое русло ее перекрыто плотиной и вода направлена в левый рукав Самура – Малый Самур. Река протекает в широкой долине (200-300 м), которая сменяется глубоким оврагом, прорезанным в рыхлых отложениях Приморской низменности. Русло реки галечно-каменистое, разветвленное, образует ряд небольших островов и осередков. Вода разбирается на орошение.

Река *Рубас* образуется выходом многочисленных родников на склоне горы Джуфудаг и впадает в Каспийское море. Площадь водосбора составляет 1190 км², средняя высота водосбора 2600 м, средняя густота речной сети 0,44 км/км². Длина реки 92 км. Водосборный бассейн располагается в горной и предгорной частях (около 56%), и в Приморской низменности. В верховье река прорезает ряд известняковых предгорных хребтов, образуя глубокие ущелья и каньоны шириной 10-20 м. Последний хребет она огибает под прямым углом, поворачивая к юго-востоку, и протекает в широкой ящикообразной долине, обрамленной террасированными склонами.

Территория бассейна сложена глинистыми и туфогенными сланцами, песчаниками и мергелями, предгорная часть сложена песчаниками известняками и конгломератами. Верхнее течение реки порожистое с частыми выходами скальных пород, водопадами и водобойными нишами.

Режим реки характеризуется паводками в теплую часть года и зимней меженью. Наибольшие за год расходы воды обычно формируются при выпадении дождей. Осадков в горной части выпадает 800 мм, в предгорной 550 мм и в низменной 300-400 мм. В верховьях реки зимой наблюдается заметное половодье. Средний годовой расход – 1,01 м³/с.

В нижнем течении река интенсивно разбирается на орошение и большую часть года река представляет ряд разобренных плессов, глубиной до 1-2 м, подпитываемых грунтовыми водами.

Река *Гамриозень* длиной 58 км, берет начало на северных склонах хребта Лес. Площадь водосбора составляет 359 км², средняя высота водосбора – 1020 м. Бассейн реки занимает центральную часть предгорного Дагестана. Верхняя часть бассейна сложена нижнемеловыми известняками и мергелями, возвышенные части – глинистыми сланцами и песчаниками, а в равнинной части – современными морскими и речными отложениями.

Питание реки составляют дождевые, талые и подземные воды.

Река *Манасозень* берет начало на Хребте Чонкатау. Длина реки 92 км. Площадь водосбора 1480 км², средняя высота водосбора – 981 м, общее падение – 1882 м. На протяжении первых пяти километров река прорезает толщи известняков и песчаников и протекает в ящикообразной долине с крутыми склонами. Дно долины неровное, покрыто галечниками. Выйдя на низменность, река протекает в овражной долине с обрывистыми и обнаженными бортами и вследствие маловодности представлена рядом разобренных плесов, слабо сообщающихся между собой. Только в период прохождения паводков мутные воды ее, покрывая все дно долины, вливаются в Каспийское море.

Площадь водосборного бассейна в верхнем течении расположена в Известняковом Дагестане, а в нижнем течении – в Приморской низменности. Основная часть осадков выпадает в теплое время года в количестве 500 мм в год в горной части, и 300-350 мм – в низменной. Основное питание реки дождевое. Так как бассейн реки на значительном протяжении сложен известняками, подземный сток занимает значительное место в питании реки.

Уллучай – одна из относительно полноводных рек Дагестана, зарождается на склонах хребта Кокма на высоте 2370 м и, протекая в широтном направлении, впадает в Каспийское море. Площадь водосбора составляет 1440 км², длина реки – 111 км.

Годовое количество осадков колеблется от 550 мм в горной части – до 350 мм в низменной зоне. Водный режим реки Уллучай характеризуется половодьем в теплую часть года и низкой зимней меженью. Наибольшие за год расходы воды обычно формируются при выпадении дождей. Летние дождевые паводки иногда носят катастрофический характер. Средний годовой расход воды составляет 4,9 м³/сек. Наибольшие среднемесячные расходы отмечаются в июне и в августе и составляют 21-22 м³/сек, наименьшие – 0,4 м³/сек наблюдаются в феврале и марте. В некоторые годы наблюдаются ледовые явления.

Бассейн реки расположен в основном в горной части (около 80%). На большом протяжении река прорезает ряд поперечных хребтов, сложенных из известняков и песчаников, и образует узкие, недоступные ущелья с крутыми склонами. Поэтому можно предположить, что доля подземного стока в питании реки значительна.

Река *Акташ* образуется множеством родников на северо-восточном склоне хребта Суябимеэр. Долина реки сложена толщей аллювиальных песчано-гравелистых отложений. В летний период вследствие забора воды на поливы, долина ее в нижней части представляет собой ряд разобренных плесов, подпитываемых грунтовыми водами. Режим реки изменчив: в верховьях реки отмечается весеннее половодье, а в нижнем течении – паводочный режим. Питание реки

смешанное – дождевое и подземное с преобладанием роли грунтовых вод, доля которых составляет более 50%.

Река *Акса́й* берет начало на северном склоне Андийского хребта от нескольких мощных родников, выбивающих на высоте 2080 м над уровнем моря. В верхнем течении русло реки порожистое, загроможденное обломками валунов и скал. Ниже по течению ширина реки возрастает, местами увеличиваясь до 23 м, и разветвляется на несколько рукавов, образуя островки. В низовьях реки воды почти целиком разбираются на орошение, и лишь небольшая часть стока в многоводные годы доходит до реки Акташ. Площадь водосбора реки составляет 1050 км². Средний многолетний сток равен 5,5 м³/сек. Скорости течения постепенно уменьшаются вниз по реке – от 2 до 0,1 м/сек. Характерной особенностью водного режима реки Аксай является довольно высокий (до 40%) подземный сток.

Река *Терек* является крупнейшей водной артерией Восточного Кавказа и Предкавказья с общей площадью водосбора 35400 км². Она берет начало в ледниках Главного Кавказского Хребта, в Грузии у ледника горы Зилга-Хох на высоте 3853 м, и впадает в Аграханский залив Каспийского моря. Устье реки представляет собой огромную дельту площадью около 8000 км² со множеством рукавов и озер. Площадь бассейна составляет 43200 км². Длина реки от истока до Чаканных ворот 644 км [5], а по другим источникам 599 км [6]. Средний годовой расход воды составляет 9,37 км³.

Преобладающий тип питания для рек бассейна Терека – снеговое и ледниковое (44% годового стока, доля ледникового стока в верховьях бассейна составляет 17,2%, а для всего бассейна реки – 8,5%). Подземные воды играют значительную роль в питании реки. Их доля в среднем составляет 37% для всего бассейна. На последнем месте стоит дождевое питание (19% водного стока). Распределение видов питания значительно изменяется с высотой местности: талый сток с высотой увеличивается, дождевой – наоборот, уменьшается. Внутригодовое распределение стока характеризуется половодьем от таяния льда и снега и пиками от ливневых дождей в период с мая по август. В период с сентября по апрель питание происходит в основном за счет грунтовых вод.

Режим реки характеризуется половодьем в теплую часть года с частыми наводнениями, и устойчивой зимней меженью. Сток распределяется неравномерно: зимой в среднем 16%, за летние месяцы 55%, основной объем – в период июнь-август. Среднемноголетний расход 297 м³/сек. Мутность воды значительная, в среднем составляет 1,8 кг/м³. Количество взвешенных наносов колеблется от 9,2 до 25 млн. т/год, во время паводков проносится до 65% их годового количества.

Незначительная минерализация (0,1-0,4 г/л – в половодье, в межень – до 0,6 г/л) дает возможность широко использовать воду для целей орошения, обводнения и питьевых нужд [7].

Река *Кума* берет начало далеко за пределами Дагестана с горы Кумбаши на высоте около 2000 м над уровнем моря. Длина ее 575 км, площадь водосбора превышает 21 тыс. кв. км. В нижнем течении от сел. Владимировка до устья, являясь границей между Дагестаном и Калмыкией, разбивается на ряд рукавов, пересыхающих в летний период. Русло ее проходит по дну отступившего моря в суглинистых и супесчаных отложениях. Выраженная речная долина отсутствует и река течет почти вровень с берегами, образуя пойму, то расширяющуюся до 10 км, то сужающуюся до 250 м. Вследствие усиленного водоразбора, просачивания и испарения, река Кума доносит свои воды до Каспия только в исключительно многоводные годы. В устьевой части река протекает в песках, местами подступающих к самому руслу. В период весеннего половодья Кума несет большое количество наносов и, отлагая их в низовьях, повышает из года в год свое русло, отчего и уровень воды местами на 5-6 м выше поверхности поймы. При высоких уровнях Кума выходит из берегов и затопляет пойму, образуя большое количество озер и забо-

лоченностей. Река не играет большой роли в водоснабжении, и подземные воды являются практически единственным источником водоснабжения населения в этом районе Дагестана [8,9].

Области питания реки расположены в основном в верхней части бассейна, за пределами Дагестана. Основное питание здесь реки получают за счет атмосферных осадков и грунтовых вод. Таяние выпавшего зимой снега вызывает значительное повышение стока весной, а с повышением температуры таяние сезонных снегов в горах способствует формированию второй волны половодья. Выпадающие дожди дают непродолжительные, но высокие паводки на фоне половодья. В период половодья (весенне-летний сезон) проходит основная часть стока (71%), на долю осеннего сезона приходится 17%, а на долю зимнего – 12%.

Минерализация от 0,3-1 г/л в период половодья – до 3,5 г/л в межень [7].

В питании рек Дагестана участвуют талые воды сезонных и высокогорных снегов и ледников, дождевые осадки и подземные воды. В зависимости от высоты водосбора изменяется соотношение питания: в нижнем поясе гор преобладает дождевое питание, с увеличением высоты возрастает доля талых сезонных снегов, а выше 3000-3500 м – высокогорных снегов и ледников. Значительная часть талых и дождевых вод поступает в реки подземными путями. Доля устойчивого подземного питания составляет в среднем 20-30% общего объема стока, в отдельных случаях достигает 65% (рр. Акташ, Аксай) [1].

Таким образом, почти все реки Дагестана в той или иной мере получают питание за счет разгрузки подземных вод. Удельный вес подземного питания, как правило, увеличивается с понижением местности.

Определение роли подземных вод в водном балансе речных систем Дагестана, изучение взаимосвязи поверхностных и подземных вод, а также факторов их определяющих, позволит обосновать рациональное использование водных ресурсов, а также прогнозировать возможные изменения их режима при интенсивной эксплуатации.

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

Литература

1. Муслимов В.Х. Гидроэнергетические ресурсы Дагестанской АССР. – Махачкала, 1972. 211 с.
2. Курбанова Л.М., Базманова П.М. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод Терско-Сулакской низменности //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск 50. Махачкала. 2006. С. 139-140.
3. Курбанов М.К. Северо-Дагестанский артезианский бассейн. – Махачкала, 1969. 92 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып. 3. Дагестан / под ред. П. П. Буртовой – Л.: Гидрометеиздат, 1964. 76 с.
5. Байдин С.С., Скриптунов Н.А., Штейнман Б.С., Ган Г.Н. Гидрология устьевых областей рек Терека и Сулака. – М.: Гидрометеиздат. 1971. 198 с.
6. Гюль К.К. и др. Реки Дагестанской АССР. – Махачкала, 1961.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 8. Северный Кавказ / под ред. Д. Д. Мордухай-Болтовского – Л.: Гидрометеиздат, 1964. 309 с.
8. Курбанова Л.М., Меликов М.М., Гусейнова А.Ш. Геолого-экологические аспекты контаминации подземных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна // Горный журнал № 3, 2018. С. 77-81.
9. Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш. Экологические аспекты мышьяковистого загрязнения Северо-Дагестанского артезианского бассейна // Аридные экосистемы, № 1(62), 2015 г. С. 48-52.

УДК 556.

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-28-40

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ПЛОЩАДИ г. МАХАЧКАЛЫ В СВЯЗИ С ПОДТОПЛЕНИЕМ

*Кондаков В.М., Мамаев С.А., Мусаев М.А.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Показаны природные условия г. Махачкалы. Проведено гидрогеологическое районирование территории с учетом дренированности и водопроницаемости грунтовых толщ. Показаны барражные участки. Отмечается наличие соленых грунтовых вод, связанное с их застоем, отсутствием дренированности территории и малой водопроницаемости водоносных толщ. В связи с застройкой города многоэтажными жилыми домами подтопление будет прогрессировать.

Ключевые слова: гидрогеологическое районирование, дренирование, барражные участки, водоносные горизонты.

GEOMORPHOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE CENTRAL AND SOUTH-EASTERN AREA OF THE CITY OF MAKHACHKALA IN RELATION TO ROOFING

*Kondakov V.M., Mamaev S.A., Musaev M.A.
Institute of Geology, DPRC RAS*

The natural conditions of Makhachkala are shown. Hydrogeological zoning of the territory has been carried out, taking into account the drainage and water permeability of soil strata. Barrage areas are shown. The presence of saline groundwater is noted, associated with their stagnation, lack of drainage of the territory and low water conductivity of aquifers. In connection with the development of the city with multi-storey residential buildings, flooding will progress.

Keywords: hydrogeological zoning, drainage, barrage areas, aquifers.

Актуальность. Основными причинами возникновения и развития подтопления [1] являются: подпор грунтовых вод (ГВ) в прибрежных зонах, морей и водохранилищ, вдоль каналов, утечки коммуникационных вод, а также барражные эффекты, в т.ч. антропогенные, гидромелиоративная деятельность на массивах орошения. Площадь г. Махачкалы является подтопленной в естественных условиях и дополнительно - сезонно подтапливаемой. Несмотря на верхний насыпной грунт мощностью до 1,0-2,0 м глубина залегания грунтовых вод довольно высокая и в среднем составляет 1,5-2,0 м. В связи со строительством многоэтажных жилых домов процесс подтопления будет прогрессировать.

Природные условия. В 1969 г. выходит книга по инженерно-геологическим условиям г. Махачкалы [2]. Прикаспийская равнина в пределах города пересекается почти в поперечном направлении, от северной оконечности горы Тарки-Тау до северо-западной оконечности гряды Анджи Арка (между пос. Альбурикент и озером Вузовским), глинистым увалом, который делит ее на две части: юго-восточную и северо-западную. Юго-восточная часть, вытянутая вдоль берега моря узкой полосой, не превышающей 5 км, имеет местное название Притаркинской низменности; северо-западная часть – собственно. Прикаспийская низменность – к северу от глинистого увала расширяется, вследствие довольно резкого изменения простирания Нарат-Тюбинского хребта почти на широтное, и уходит от моря.

Выходы подземных вод в виде родников имеются и на других участках северо-восточных склонов горы Тарки-Тау. В районе села Кяхулай насчитывается 13 родников, один источник отмечается в пос. Альбурикент. Северные и западные склоны горы Тарки-Тау безводны.

Из большого количества балок и оврагов, приуроченных к северо-восточному склону, самой значительной является Таркинской лощина. Глубина её вреза в склон (по бровке плато) достигает 300 м при ширине около 700 м.

Анджарская гряда почти со всех сторон ограничена невысокими склонами, переходящими в Прикаспийскую низменность, крутизна склонов в среднем достигает 20°. Наиболее сильно подверглись размыву древнего Каспия северо-западная и юго-восточная части Анджи-Арки. Здесь породы коренной основы выходят на поверхность или покрыты небольшим слоем делювиальных отложений. Остатки низов гряды выражаются в виде слабого повышения местности, прослеживающегося в юго-восточном направлении.

Большое распространение на территории города имеют две верхнехвалынские террасы (рис. 1) Махачкалинская (абсолютная отметка – 2) и Дагестанская (абсолютная отметка – 16). В пределах Притаркинской низменности более высокая Махачкалинская, начинаясь у юго-восточной оконечности хребта Анджи-Арка, протягивается полосой шириной до 1 км параллельно Буйнакской террасе, постепенно расширяясь, начиная от ул. Ломоносова. Более низкая – Дагестанская терраса, начинаясь в районе морского порта, резко расширяется к юго-востоку, достигая нескольких километров в ширину. На Прикаспийской низменности эти террасы проходят широкой полосой к западу и северо-западу от хребта Анджи-Арка. Сложены обе террасы песчаными и глинисто-песчаными отложениями.

Осадконакоплению в пределах Махачкалинской террасы предшествовала активная абразия, связанная с трансгрессией моря. Дагестанская терраса является преимущественно аккумулятивной.

Северо-западнее станции Махачкала 1 выделяются дюнные образования, перекрывшие на значительной площади верхнехвалынские и новокаспийские террасы. Состоят они из постоянно перемещающихся эоловых песков.

В пределах Притаркинской низменности на поверхности Дагестанской террасы расположены древние усохшие лагуны, отшнурованные от моря пересыпями, которые в настоящее время, благодаря заполнению поверхностными и грунтовыми водами, образовали озера Ак-Гель и Грязевое. Кроме того, в города имеется искусственное озеро Вузовское.

Ручей Тернаир берет начало на северо-восточных склонах Нарат-Тюбинского хребта и на низменность поступает по глубоко врезанной, балке, расположенной, западнее г. Тарки-Тау. Борта балки обрывистые, высота их колеблется от 1 до 8 метров. При подходе к Дагестанской террасе ручей резко поворачивает на востоки впадает в Каспийское море в районе железнодорожной станции Махачкала 1. На низменности он не имеет ясно выраженного русла и временами теряется в прибрежных песках. Наибольшее количество воды, ручей несет в период таяния снегов и обильно выпадающих осадков. В остальное время он мелеет и часто пересыхает.

Речка Черкез-Озень берет свое начало за южной границе города в Талгинском ущелье. Общая длина реки более 24 км, водосборная площадь около 153 км². В период таяния снегов и выпадения ливневых дождей водные потоки, стекающие по многочисленным балкам и оврагам, резко повышают уровень воды в речке. В остальное время года, особенно в июле-августе, это – небольшой, иногда пересыхающий ручей, впадающий в Каспийское море.

К нижнехвалынскому времени следует отнести начало образования склоновых отложений хребта Анджи-Арка (Q_{3.4}), представленных песками, песками с галькой и крупнообломочным материалом, общей мощностью от 1 до 8 м.

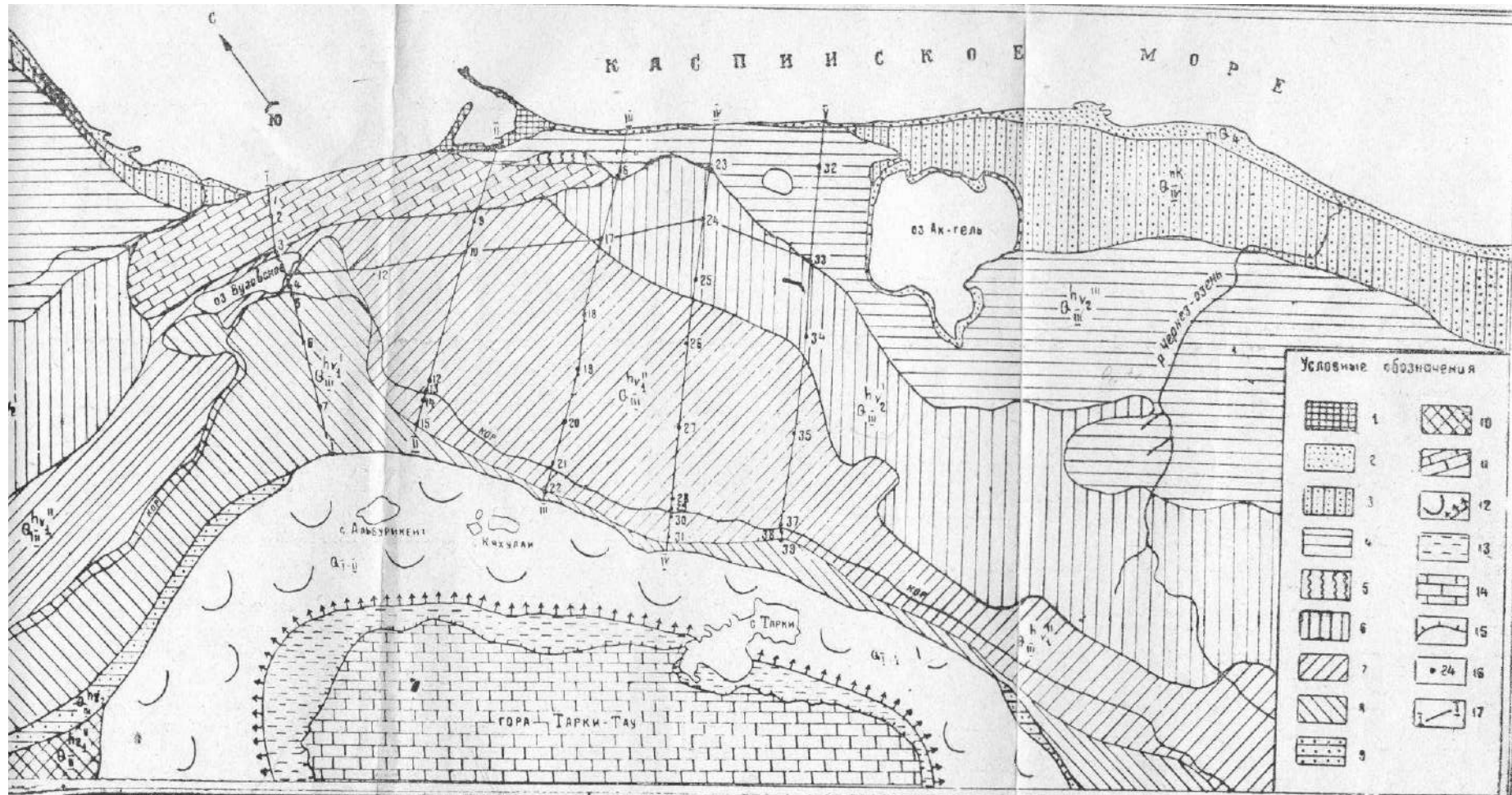


Рис. 1. Схематическая геоморфологическая карта г. Махачкалы.

1-зона искусственной подсыпки; 2- пляж; 3- новокаспийский террасы; верхнехвалынские террасы; 4-Дагестанская (-16 м.); 5-Сартасская(-12 м.); 6- Махачкалинская (-2 м.); 7- Буйнакская (+22 м.); 8- Максимальная (+48 м.); 9- верхнехазарская терраса (+55); 10- нижнехазарская терраса (+80); 11- анджарская гряда; 12- делювиально-оползневые склоны Тарки-Тау; 13- обвальнo-осыпные склоны Тарки-Тау; 14-плато Тарки-Тау; 15-карниз плато; 16- буровые скважины; 17- линии геолого-литологических разрезов.

Верхнехвалынские отложения (vh_2) получили распространение в пределах двух террас: более высокой – Махачкалинской и более низкой – Дагестанской. Отложения Махачкалинской террасы (hv_2') представлена слоем, мощностью до 10 – 12 м, желтовато-коричневых суглинков с тонкими прослоями песков, залегающих на размытой поверхности верхнесарматских глин или на частично размытых отложениях Буйнакской террасы. Иногда суглинки перекрываются слоем песков, мощностью до 2 – 4 м.

Отложения, слагающие Дагестанскую террасу (hv_2'') представлены частым переслаиванием песков, суглинков и супесей, общей мощностью до 5 – 7 м, залегающих на размытых отложениях Махачкалинской террасы или на размытой поверхности верхнесарматских глин и песчаников.

Гидрогеологические условия. Подземные воды в пределах территории г. Махачкалы распространены, почти повсеместно, однако гидрогеологические условия наиболее крупных орографических элементов местности – горы Тарки-Тау, гряды Анджи-Арки и, расположенной между ними, равнинной части города существенно различаются.

Таркинская лощина, глубоко врезанная в склоны и плиты Тарки-Тау, является мощной дреной подземных вод Таркинского водоносного комплекса. Из 54 родников, отмеченных на северо-восточных склонах горы Тарки-Тау, около 40 находятся в Таркинской лощине. Суммарный дебит их (А.В. Епископосова, 1963ф) составил в январе 1959 года около 1000 м³/сутки.

На склонах Таркинской лощины имеются многочисленные выходы подземных вод, образующие по дну лощины ручей с крутыми перепадами русла и расходом до 25 л/с (Б.И. Грицай, 1939ф). В Таркинской лощине (по В.И. Биячуеву, 1942г.ф.) имеется 40 родников с дебитом от весьма незначительного до 10 и более л/с, из которых, примерно, треть в настоящее время каптирована и используется для водоснабжения с. Тарки.

В пределах горы Тарки-Тау развит комплекс подземных вод, заключенный в породах коренной основы и в мощных оползневых накоплениях, слагающих северные и северо-восточные склоны горы Тарки-Тау.

Водовмещающими породами таркинского водоносного комплекса являются породы анджарской серии верхнего сармата в коренном и смещенном (в оползших блоках) залегании, представленные трещиноватыми известняками и песчаниками с подчиненными прослоями песков и мергелистых глин.

Вследствие различной трещиноватости более чем 200-метровой толщи известняково-песчаниковых отложений верхнего сармата и присутствия в них ряда невыдержанных водупорных прослоев глин и мергелей в коренном массиве горы Тарки-Тау (и, по-видимому, в оползших блоках верхнесарматских пород), следует предполагать наличие нескольких водоносных горизонтов, гидравлически не связанных между собой.

Водоупорным ложем таркинского водоносного комплекса служат верхнесарматские глинистые отложения, подстилающие породы анджарской серии. Особенности геологического строения горы Тарки-Тау, отсутствие выходов подземных вод на юго-западных склонах горы и, наоборот, сильная обводненность ее северо-восточных склонов дают основание предполагать, что подземные воды в толще пород горы Тарки-Тау движутся с юго-запада на северо-восток. На отдельных участках движение подземных вод не совпадает с общим направлением водоносного комплекса. Так, по данным А.В. Епископосовой (1963 ф), вблизи Таркинской лощины, вследствие синклиналичного строения горного массива, «подземный поток сосредотачивается в наиболее пониженной части складки и следует по ее наклону к месту частичной разгрузки в районе пос. Тарки».

Таблица 1.

**Результаты химического анализа проб грунтовых вод, отобранных в
г. Махачкале в сентябре-октябре 1967 г.(пп.1-6) и в современное время.**

Дата	№№ скважин, место	Сухой остаток мг/л	Анионы, мг/л			Катионы, мг/л			рН
			НСО ₃ '	SO ₄ "	Сl'	Са"	Mg"	К'+Na'	
10.1967	5	344,0	185,4	92,2	41,1	64,1	13,4	41,9	8,0
10.1967	31	872,0	400,2	146,3	109,8	136,3	135,4	25,1	7,7
10.1967	17	2148,0	771,0	460,9	437,2	228,5	87,6	338,6	7,0
10.1967	26	2568,0	863,8	489,9	684,5	77,8	283,4	378,6	8,0
10.1967	32	3280,0	532,0	1300,4	494,8	284,6	70,5	625,8	7,8
10.1967	23	3804,0	224,5	2243,5	321,3	513,0	126,5	539,5	8,0
06.2004	Котрова- Дахадаева	1600	354	480	114	170	49	338	7,0
06.2004	Котрова- Дахадаева 3	1920	1318	408	142	130	116	416	7,0
06.2004	Котрова- Дахадаева	1840	1122	456	163	150	140	310	
11.2004	Фабрика интерн. 3	1920	1525	264	114	140	66	488	7,0
06.2005	Танкаева	1920	1000	576	156	330	102	170	7,2
03.2004	И Казака 26	2760	1342	912	199	401	91	439	6,8
01.2004	Ушакова- Ярагского	1400	634	432	177	200	73	184	7,0
03.2004	Акушин.-5 линия	1200	780	780	99	160	140	67	7,0
04.2004	Лаптиева 53	1160	732	312	50	120	61	205	7,0
05.2004	И. Шамяля	2200	1037	720	156	250	91	377	7,0
12.2002	Пирогова- Ярагского	2200	1708	264	213	220	79	506	6,6
07.2004	Пос. Редукторный	2920	512	1128	483	140	110	678	7,0
02.2004	Издательство	1160	171	576	114	130	43	184	7,0
08.2004	Акушинского 8	920	488	270	64	120	98	76	7,0
05.2004	жил. комплекс Ак -Гель	18800	2196	6720	4615	852	976	4220	7,4
05.2004	жил. комплекс Ак -Гель	6000	793	2904	674	501	213	1150	6,6
09.2004	Мах-ла Сулак. трасса	15200	1037	2928	6035	751	152	4554	6,6
02,2013	жил. дом Ак Гель, «НУР»	21200	1586	9120	4260	701	1098	4853	7,6
03.2012	Пос.Газовиков	15770	451	4800	5460	700	1440	2502	8,0
03.2013	Промзона Дзержинец	4280	732	2208	248	381	146	782	7,2
03.2013	МКР Г-1, Уч.48,49	6200	854	2640	887	230	256	1414	6,7
07.2006	Кошевого 42	2160	1098	480	284	220	110	368	6,8
05,2007	Аэропорт. шоссе	36000	2684	12000	9940	1603	1159	9177	7,4

Таблица 2.

Гидрогеологические условия г. Махачкалы по данным инженерно-геологических изысканий

№ п/п	Место проведения работ	Дата	Глубина залегания грунтовых вод (ГВ), м	Категория грунтов по сейсмичности	Коэффициент водопроницаемости (КВ) м ² /сут		Гидрогеологические районы (ГР), Г-1; Г-2; Г-3	Глубина залегания коренных пород (N _{1s}), м	Уклон рельефа
					Верхней толщи	Нижней толщи			
1	Лаптиева 35, 37	07.2018	нет	2	-	-	3	4,0	>0,01
	Котрова 122-124	06.2018	2,2	3	4,0	2,0	1	19,4	>0,01
3	Дахадаева 124	2019	2,4	2	2,0	4,0	2	18,5	До 0,02
4	Дахадаева 86	10.2020	2,4	2	2,0	4,0	2	19,5	До 0,02
5	Ушакова 4	02.2020	1,8	2	2,0	4,0	2	19,5	До 0,02
6	Поповича	2016	нет	2			3	3,0	0,05
7	Мичурина 49	2018	1,6	2	2,0	4,0	2	18,5	0,02
8	Горького 28,30	2018	2,5	3	20,0	25,0	2	22,5	0,02
9	Больница №1	02.2016	0,6	2	20,0	1,0	1	2,5	0,01
10	Энгельса 5а	2020	1,8	2	15,0	-	1	5,3	>0,01
11	Ермошкина 52-70	03.2020	3,0	3	1,0	80,0	2	22,3	0,01
12	Ермошкина 117	06.2018	1,8	3	15,0	5,0	1	18,6	>0,01
13	Султана 5а (Уллубий)	2020	4,8	2	нет	6,0	2	6,0	>-0,01
14	Насрутдинова 50а	2017	1,8	2	40,0	нет	1	>14,0	0,01
15	Насрутдинова, МКР Г-2	2017	2,4	2	40,0	1,0	1	13,0	-0,005
16	И.Шамяля 92к	2018	2,5	2	1,0	нет	3	10,5	0,02
17	Акаева 13а	2018	2,4	2	нет	6,0	2	8,5	>0,01
18	Бейбулатова 28	2018	2,0	2	1,0	нет	3	7,0	-0,005
19	Фрунзе 4	2020	2,0	2	10,0	нет	1	7,0	>-0,01
20	Школа в пос. Семендер	2006	1,8	2	5,0	нет	1	5,5	0,01
21	Мед. Центр Здоровье	2020	1,6	2	5,0	нет	1	2,7	0,003
22	Садик в МКР Ак-Гель	2019	1,5	2	1,0	нет	3	10,4	0,005
23	У трассы пос. Хушет	2019	2,5	2	нет	нет	3	8,6	0,005
24	Леваневского 25	2017	2,5	2	10,0	5,0	1	>18,0	0,01
25	Турали, СУС-1	06.2017	2,9	2	35	нет	1	8,2	0,005

26	Кислородная станция, уч.26	2020	2,3	2	1,0	нет	3	5,5	0,001-
27	Атаева 9	2020	Без/ГВ	2	нет	нет	3	5,8	0,02
28	ул. Ярагского-Алиева	2005	1,4	2	2,0	4,0	2	22,00	0,01
30	Омарова, ниже КОР 100 м	10.2017	2,8	2	5,0	10,0	1	13,7	0,01
31	М-Тагирова (Казбекова КОР))	2016	Без/ГВ	2			3	4,0	0,01
32	Район Дагснаба	2019	1,0	2	2,0	4,0	2	20,5	0,01
33	Напротив Школы 22	02.2018	2,10	2	2,0	4,0	2	19,0	0,01
34	Многоэт. жил. дом ул. Котрова	06.2004	2,2	3	30,0	-	1	21,0	>0,01
35	12-ти эт. дом Кошевого 42	07.2007	2,0	3	4,0	20,0	2	19,7	0,01
36	САХ Кировского р-на	06.2006	4,6	3		100-	2	>17,0	-0,005
37	Мальгина-Дахадаева (гост.)	04.2005	2,1	3	10,0	5,0	1	17,3	>-0,01
38	Жил. комплекс Оскара (у гост. Ленинград)	2004	5,0	2	нет	нет	3	3,0	>-0,01
39	9-тиэт. дом в р-не Г-1	12.2007	0,5	2	30,0	нет	1	13,20	0,01
40	Жил. комплекс у озера Ак-Гель, слева	04.2005	1,0	2	5,0	нет	1	5,0	0,01
41	9-ти эт. дом Дзержинского (2 рынок)	2009	1,5	3	10,0	нет	1	>17,0	0,01
42	жилой квартал Грязевое озеро	06.2006	1,5	2	6,0	1,0	1	2,0-5,0	0,01
43	9-ти. эт. дом Аэропортовское Шоссе	05.2007	2,2	3	4,0	нет	1	15,3	0,005
44	Гамидова-Омарова	03.2007	2,6	2	5,0	5,0	1	9,0	0,01
45	Комплекс 13-ти эт. ж.д. (перес. Р. Черкез-Озень со скор. Трас.)	05.2017	1,5	2	5	-	2	9,5	0,003
46	Р-он дома 50Е (пос. Газовиков)	01.2017	2,10	2	25	-	1	5-10м	0,003
47	9-ти эт. дом. Озерная (у Ак Гель)	05.2017	1,5	2	До 2	-	3	4,4	0,002
48	Собор А. Невского	06.2017	2,1	2	40	-	1	13,0	0,001

49	Нахимова 11	03.201 7	1,7	2	1,0	3,0	3	>16м	0,01
50	«Дагтекстиль»	03.200 5	1,1	3	1	2	3	22,0	>0,01
51	12-ти эт. дом. Нефтепере- гонная, у моря	05.200 17	6,0	3	50	50	2	>18м	0,002
52	12-ти эт. дом Степной пос.	07.201 7	1,0	2	1,0	-	3	5,0	0,01
53	Азизова 5 (Степной пос.)	05.201 7	1,0	2	нет	нет	3	5,0	0,005
54	А.Султана,10к м	05.201 7	Без/ГВ	2	нет	нет	3	4,0	0,01
55	Фавзун- Городок (пос.Семендер)	2017	1,2	2	1,0	нет	3	12,5	0,005
56	Юсупова 51 (з- д Гджиева)	2017	2,5	2	нет	60,0	2	18,2	0,02- 0,01
57	Акушинского, 16 линия 40	2016	Без/ГВ	2	нет	нет	3	6,0	0,06
58	М. Тагирова 31(Казбекова)	07.201 7	1,30	2	35	нет	1	9,0	0,01
59	з-д «Авиаагрегат»	02.201 7	2,9	2	1,0	нет	3	8,6	0,01
60	Дахадаева 37	05.201 6	2,0	3	20	4	1	25,0	0,01

Гидрогеологическое районирование территории г. Махачкалы. При районировании территории были использованы принципы таксономических единиц предложенные ранее в работах Кац Д.М., Шестаков В.М. [4]. Коэффициенты фильтрации были взяты по аналогии с гранулометрическим составом [3]. В результате гидрогеологического районирования были выделены зоны дренированности и гидрогеологические районы (рис.2). Зоны дренированности (З-Д) были выделены по уклону рельефа: более или равно 0,01(З-Д); 0,01-0,005(З-СД); <0,005(З-ВСД). Гидрогеологические районы были выделены по соотношению водопроницаемости верхней и нижней покровных толщ до глубины залегания регионального водоупора. Зона дренированная (ЗД) распространена от подножья г. Тарки-Тау до улиц М. Гаджиева (под Анжи-Аркой), Р. Гамзатова и по железной дороге вплоть до пос. Н. Хушет (или по южной границе Дагестанской террасы).

Гидрогеологический район 1 (ГР-1) представляет собой случай залегания двухслойной тощи: сверху хорошо проницаемая водоносная толща с мощностью от 5 до 10м. Коэффициент водопроницаемости (КВ) верхней толщи составляет от 4 до 40 м²/сут, а нижней толщи –от 5 и менее м²/сут. Глубина залегания регионального водоупора меняется в пределах 5-25 м. На рис.3. показан инженерно-геологический разрез характерный для гидрогеологического района 1, под строительство многоэтажного дома по улице Насрудинова в районе дома № 50е в г. Махачкала.

Гидрогеологический район 2 представляет собой случай залегания также 2-х водоносных толщ: Сверху залегает слабопроницаемая толща мощностью от 5 до 10 м. Ниже залегает хорошо проницаемая толща с КВ от 4 до 60 м²/сут., а верхней толщи менее 4 м²/сут. На рис. 4. показан инженерно-геологический разрез, характерный для гидрогеологического района 2, инже-

инженерно-геологический разрез под строительство 12 этажного дома по улице Омарова (700 м. от ул. Гамидова).

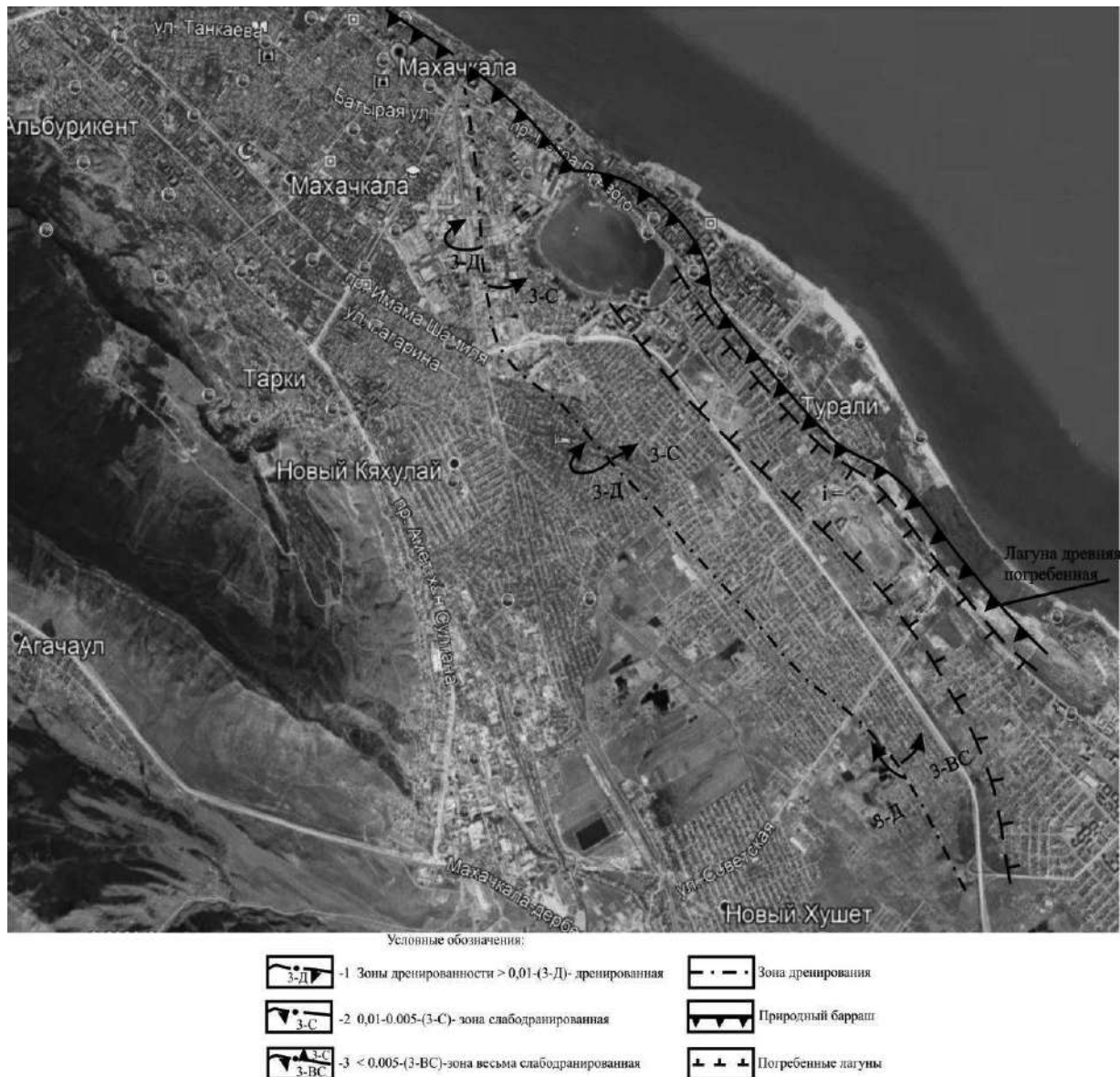


Рис. 2. Гидрогеологическое районирование площади г. Махачкалы (Центральной и восточной части).

Гидрогеологический район 3 представлен слабопроницаемыми одной или двухслойной толщей, с КВ менее 4 м²/сут. Глубина залегания регионального водоупора меняется в пределах 3-23 м, более часто до 5 м. Примерами служат следующие объекты: жилищный комплекс по Оскара (гостиница Ленинград); Степной поселок 12-ти этажный дом, по Азизова 5, объекты на заводе «Авиаагрегат, по ул. Поповича. Перечисленные площади ГР-3 (объекты) являются барражными участками, препятствием для потоков грунтовых вод, их оттока. На рис. 5. показан инженерно-геологический разрез, характерный для гидрогеологического района 3, под строительство многоэтажного дома по улице М. Азизова 5 в г. Махачкала.

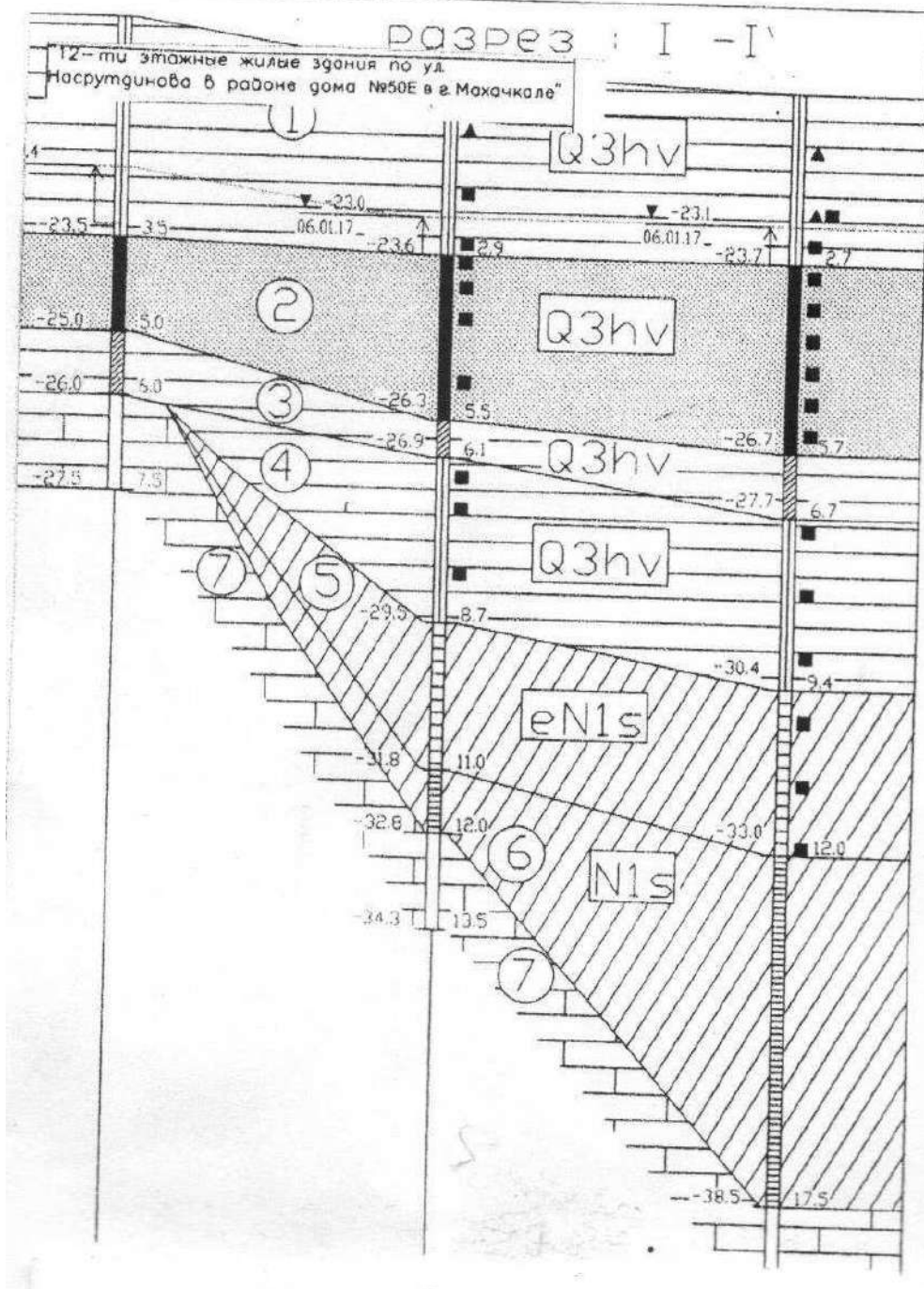


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез под строительство многоэтажного дома по улице Насрудинова в районе дома № 50е.

Перспективным планом развития Махачкалы предусматривается дальнейший рост города и его реконструкция на значительной территории. Этому способствует благоприятные климатические условия, наличие моря, железной дороги, морского порта, аэропорта. 2020 год стал экстремально засушливым для всего юга России. Наглядно это видно по катастрофической ситуации с водохранилищами в Ростовской области, Краснодарском крае, Республике Крым. Экстремально низкое количество осадков в 2019-2020 годы по нашему мнению во многом является причиной современного спада уровня воды в озере Акгель на территории г. Махачкала. Урез воды в озере подвержен сезонным колебаниям с амплитудой порядка 1,0 м, к сентябрю

2020 год абсолютные отметки озера около - 20м. Максимальные глубины озера в юго-восточной части до 4,5 м. Минимальные в северной части.

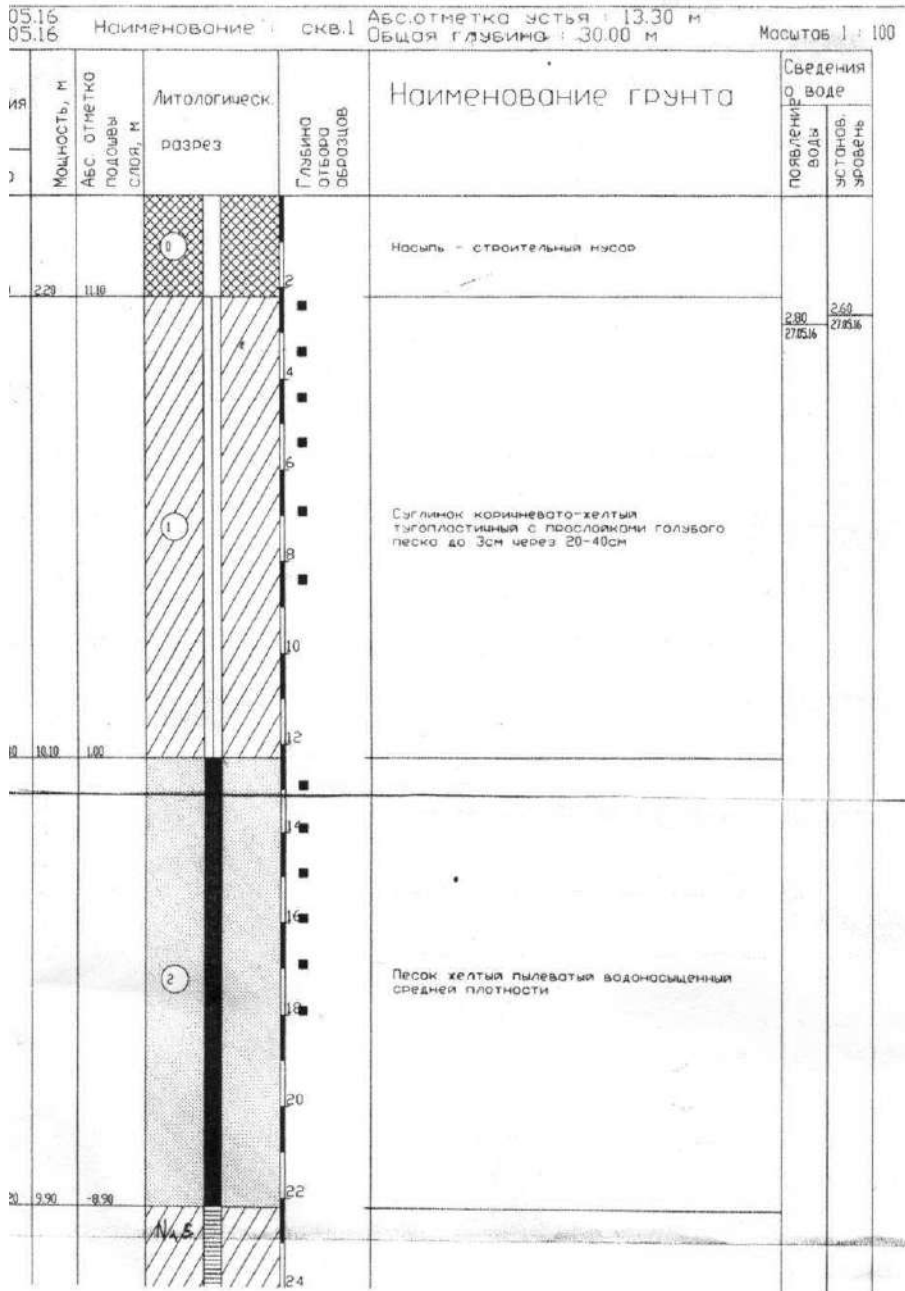


Рис.4. Инженерно-геологический разрез под строительство 12 этажного дома по улице Омарова (700 м. от ул.Гамидова) 2-слойная водоносная толща. Внизу хорошо водопроницаемая водоносная толща (с КВ -20 м²/сут). гидрогеологический район 2. Зона дренированная - 3-Д.

Озеро Акгель представляет собой часть впадины на поверхности хвалынской морской террасы (лагуна). Дно озера занимают неогеновые (сарматские) глины мощностью в сотни метров. В течение 20 века происходит прогрессивное сокращение площади озера в первую очередь за счет засыпки площади озера под промышленное, а в дальнейшем и под жилое строительство. Буйное неконтрольное строительство многоэтажных домов вокруг озера Акгель, особенно со стороны зоны дренирования и подпитка части подземных вод из поселка Тарки существенно изменяет водный режим озера. Также снижает подземный сток из озера через Ре-

дукторный поселок, за счет установки гидроизоляционных материалов на части береговой линии озера. В Институте геологии ДФИЦ РАН давно занимаются моделированием гидрогеологических объектов, составлением базы данных гидрогеологических параметров, изучением эндогенных и экзогенных процессов на территории Дагестана [6-14]. В этом плане необходимо разработать постоянно действующую гидрогеолого-математическую модель озера Акгель. Тогда вопросы, о понижении уровня воды в озере не возникали.

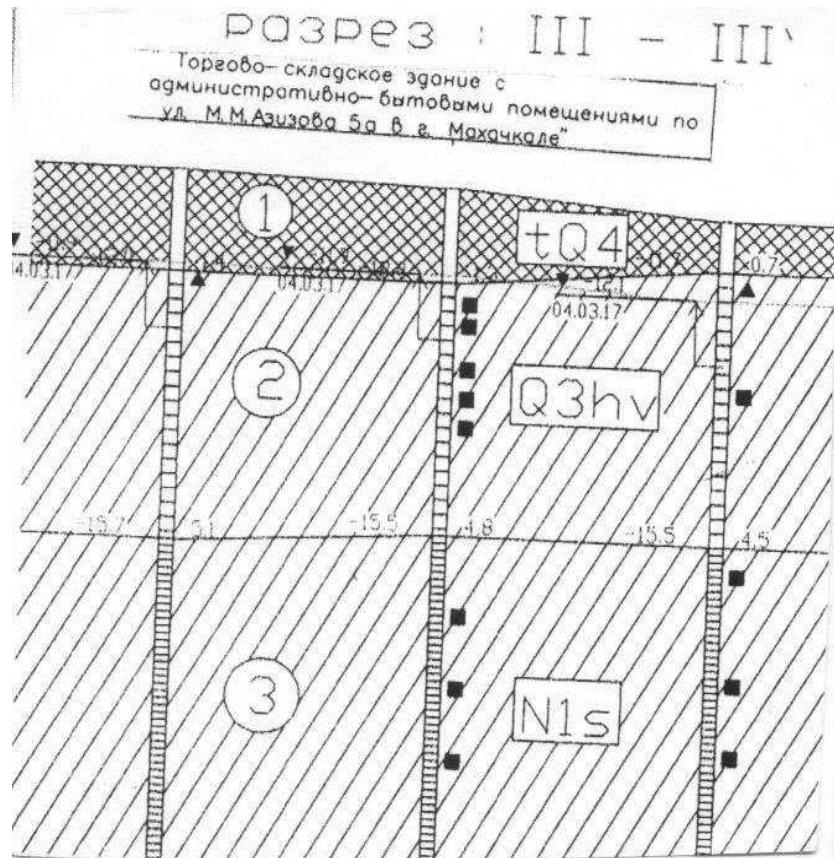


Рис.5. Инженерно-геологический разрез под строительство многоэтажного дома по улице М. Азизова 5 в г. Махачкала.

Необходимо провести сейсмическое микрорайонирование территории г. Махачкалы, основываясь на инженерно-гидрогеологическом районировании. Разнообразие геологического строения города в целом характеризуется как, сложную для инженерного освоения, и поэтому требуется хороший анализ инженерно-геологических условий. Необходимо отметить, что за последние десятилетия в районе наблюдается строительный бум. Построено огромное количество домов, особенно многоэтажных жилых зданий, порой вообще без разрешительных документов. И где гарантия, что все построенные дома соответствуют строительным нормам и сейсмичности территории, а заниженная сейсмичность вполне вероятно сможет покрыть недостатки работ застройщиков. Но самое главное, что будет с построенными объектами в случае сильного землетрясения. Особенно это продемонстрировано с введением в пользование обновленных карт Общего сейсмического районирования РФ (ОСР-2016).

Выводы.

1. Проведенное гидрогеологическое районирование позволяет оценить территорию по процессу подтопления и необходимости проведения гидромелиоративных работ как создание горизонтального или вертикального дренажа или просто ливневого стока.

2. Процесс подтопления при дальнейшей застройке города многоэтажными жилыми домами будет усиливаться.

3. Показаны площади древних лагун, где минерализация грунтовых вод приближается к рассолам, что вызвано естественными природными условиями: наличием барражных участков (с отсутствием оттока ГВ); слабый уклон рельефа, 0,01-0,005 и менее (застойная площадь); покровная толща сложена трудно проницаемыми отложениями – глинами и суглинками, с практическим отсутствием хороших песчаных слоев. Эти условия в сочетании с аридным климатом создали выпотную площадь – площадь выпаривания грунтовых вод. Здесь разгрузка грунтовых вод происходит в основном за счет испарения с уровня грунтовых вод, а приход за счет бокового притока со стороны предгорья.

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

Литература

1. СП 11-105-97 часть 1, 2, 3. Инженерно-геологические изыскания для строительства.
2. Ревелис И.Л., Кучеренко И.В. Инженерно-геологический очерк территории города Махачкалы. Махачкала.: Дагестанское книжное издательство. 1969. 88 с.
3. Кондаков В.М., Кондакова Н.В. Интерпретация фильтрационных свойств водоносных песков. //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. №2(77), 2019. С. 50-54.
4. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. М.: Недра, 1981. 296 с.
5. Фондовые материалы по инженерно-геологическим изысканиям по г. Махачкала, 2004 – 2020 гг. ООО «Геолог-Эколог», ООО «Сигма», ООО «Геология-Поиск».
6. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Маммаев А.О. Создание информационных электронных гидрогеологических карт с применением современных гис-технологий, мониторинг и анализ геоданных // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 49. С. 85-93.
7. Ибаев Ж.Г., Мамаев С.А. общие принципы разработки постоянно действующей гидрогеолого-математической модели Терско-Кумского артезианского бассейна //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 260-264.
8. Мамаев С.А., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш., Ибаев Ж.Г. О принципах математического моделирования гидрогеологических объектов на территории Республики Дагестан //В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции. 2017. С. 383-392.
9. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Особенности распространения и развития крупных оползней Дагестана //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 62. С. 96-100.
10. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Моделирование в геологии на основе картографирования //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 159-162.
11. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Юсупов А.Р., Курбанисмаилова А.С. применение электронных баз данных в геологических исследованиях //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 309-315.
12. Кондаков В.М., Кондакова Н.В. Интерпретация фильтрационных свойств водоносных песков //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 2 (77). С. 50-54.
13. Кондаков В.М., Ибаев Ж.Г. Сооружение водозаборных скважин с кожуховыми фильтрами в водоносных горизонтах с тонкозернистыми песками (на примере равнинного Дагестана) //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 4 (79). С. 41-44.
14. Кондаков В.М., Мамаев С.А., Магомедов Р.А., Идрисов И.А., Ибаев Ж.Г., Никуев Р.Ю. Геоморфология, геологическое строение и экзогенные процессы в прибрежной полосе района Ачи-Су //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2012. № 58. С. 178-184.

УДК 556

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-41-45

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПОЛНЕНИЕ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД – КАК СПОСОБ ОХРАНЫ ОТ ИСТОЩЕНИЯ

Сулейманов В.К., Курбанисмаилова А.С.

Институт геологии ДФИЦ РАН

В данной статье рассматривают пресные подземные воды, как специфическое полезное ископаемое и как важнейший природный компонент жизни деятельности человека. Отличительная и главная особенность запасов подземных вод по сравнению с запасами других полезных ископаемых – их возобновляемость. Необходимо бережное отношение с пресными подземными водами, так как является стратегическим полезным ископаемым для будущего нашего поколения.

Ключевые слова: подземные пресные воды, водоупор, напор, самоизлив скважин.

ARTIFICIAL REFILLING OF GROUNDWATER RESERVES – AS A METHOD OF PROTECTION FROM EXHAUST

Suleimanov V.K., Kurbanismailova A.S.

Institute of Geology, DPRC RAS

This article considers fresh groundwater as a specific mineral and as the most important natural component of human life. A distinctive and main feature of groundwater reserves in comparison with the reserves of other minerals is their renewability. Careful treatment of fresh groundwater is necessary, as it is a strategic mineral for our future generation.

Keywords: underground fresh water, confining water, pressure, self-flowing wells.

Подземные воды, пригодные для использования в народном хозяйстве, нужно рассматривать как полезное ископаемое, являющиеся специфическим полезным ископаемым, так как представляют собой важнейший природный компонент жизни деятельности человека. Поэтому при решении вопроса об использовании подземных вод необходимо считаться не только с технико-экономической целесообразностью, но и с задачами охраны природы, причем последние в конечном итоге имеют решающее значение. Кроме того, как известно, в отличие от других полезных ископаемых (твердых, нефти и газа) подземные воды имеют целый ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать при оценке перспектив их использования в хозяйственной деятельности.

Отличительная и главная особенность запасов подземных вод по сравнению с запасами других полезных ископаемых – их возобновляемость. Подземные воды – это единственное полезное ископаемое, в процессе эксплуатации которого происходит не только его расходование, но во многих случаях и дополнительное формирование, вызванное усилением питания подземных вод при эксплуатации. Другая существенная особенность подземных вод как полезного ископаемого связана с их подвижностью и тесной взаимосвязью подземных вод с окружающей средой.

В своей хозяйственной деятельности человек во всевозрастающих масштабах расходует подземные воды на различные цели. В итоге происходит истощение подземной гидросферы, прежде всего ресурсов подземных вод. Когда речь идет об истощении ресурсов подземных вод, то подразумевают извлечение их из земных недр в количествах, превышающих естественное или искусственное их восполнение. Это проявляется в сработке напоров, снижении уровня и последующем истощении и осушении резервуара подземных вод.

Сработка напора и снижение уровня подземных вод обычно происходят за счет деятельности водозаборных сооружений. На многих водозаборах величина водопонижения преду-

сматривается заранее и допускается до определенных пределов, установленных при оценке эксплуатационных запасов подземных вод, поэтому началом истощения считается уменьшение дебита и падение уровня подземных вод ниже этих пределов. Причиной истощения ресурсов подземных вод является не только чрезмерный водоотбор, но может происходить также при нарушении условий питания и восполнения резервуаров подземных вод [1].

Большой урон подземным водам наносят скважины, оставшиеся без ликвидации после поисково-разведочных работ и бесцельно расходующих ресурсы подземных вод. Не ликвидированные скважины часто находятся в плохом техническом состоянии, а поэтому не только истощают водоносные горизонты, но и служат одним из путей для проникновения загрязняющих веществ в водоносные горизонты.

Поскольку в природе все взаимосвязано, истощение подземных вод имеет далеко идущие последствия: оно прямо или косвенно влияет на окружающую среду, часто наносит непоправимый вред состоянию подземной гидросферы и оказывает неблагоприятное воздействие на поверхностные воды. Извлечение воды из земных недр нарушает естественный водный баланс, а при количествах, превышающих величину питания отрицательно сказывается на подземной гидросфере и общем водном балансе.

В ближайшие годы огромный резервуар пресных подземных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна может подвергнуться сплошному загрязнению и истощению запасов, что приведет к кризису в водоснабжении целого региона. В Дагестане за счет подземных вод, преимущественно артезианских, осуществляется коммунально-бытовое водоснабжение 65 % населения. Единственным источником хозяйственно-бытового водоснабжения на территории Северного Дагестана является Северо-Дагестанский артезианский бассейн – крупнейший резервуар пресных подземных вод. Воды бассейна эксплуатируются более чем 3000 артезианскими скважинами в ежегодно нарастающих темпах, с нарушениями правил эксплуатации и учета рекомендаций ученых и специалистов.

В результате такой бессистемной и бесконтрольной эксплуатации водоносных горизонтов и ухудшения технического состояния скважин происходит смешение подземных вод выше- и низезалегающих пластов, содержащих токсичные элементы, с пресными подземными водами продуктивных горизонтов. И как следствие – рост минерализации, ухудшение химического состава, в частности увеличение концентраций мышьяка (от 2-3 до 14 ПДК) и других токсичных элементов. По мере роста количества эксплуатационных скважин в населенных пунктах процесс усугубляется, образуются крупные депрессионные воронки, для которых характерно максимальное мышьяковистое и прочее загрязнение. Нерациональное использование запасов подземных вод, когда потребность как, например, в Ногайском районе, при потребности 34,1 тыс. м³/сут отбирается в 1,9 раз больше, в Кизлярском в 1,2 раза, в Тарумовском в 2,6 раза, в Бабаюртовском в 3,4 раза больше необходимого приводит к негативным изменениям в подземной гидросфере. Как следствие многолетней нерегулируемой эксплуатации на предельном гидродинамическом режиме, особенно в пределах Ногайского и Тарумовского районов, когда водоотбор сопоставим со значениями имеющихся прогнозных эксплуатационных ресурсов, происходит снижение уровней, уменьшение дебита вплоть до прекращения самоизлива скважин. Сегодня на территории Республики интенсивная бесконтрольная эксплуатация более чем 1500 скважин, находящихся в неудовлетворительном санитарно-техническом состоянии, в пределах северной части Ногайского и Тарумовского районов, на бывших так называемых «грузинских землях», привела к изменению состояния подземных вод с образованием депрессионной воронки площадью более 2 тыс. км².

Истощение ресурсов подземных вод – фактор, который коренным образом преобразует окружающую среду. Прежде всего, изменяется режим подземной гидросферы. В воронках депрессии исчезает почвенная влага, возрастает мощность зоны аэрации и резко сокращаются за-

пасы связанной воды, а уменьшение влажности почв прямо влияет на условия произрастания растений. В итоге ухудшаются или гибнут природные ландшафты.

В этой связи охрана ресурсов подземных вод от истощения приобретает первостепенное значение.

Одним из способов охраны подземных вод от истощения являются мероприятия, содействующие увеличению их запасов. Одним из способов увеличения запасов подземных вод и сохранения их от истощения является искусственное восполнение запасов за счет перевода части поверхностного стока в подземный.

Искусственное пополнение, называемое также восполнением и магазинированием, подземных вод представляет собой целенаправленное применение инженерных мероприятий, благоприятствующих инфильтрации поверхностных вод в водоносные горизонты или подземные емкости для накопления и последующего использования. Основными источниками искусственного пополнения запасов подземных вод служат поверхностные воды (речные или озерные). В районах с ограниченными ресурсами поверхностных вод возможно использование ливневых и паводковых вод. В качестве источника пополнения могут быть также использованы незагрязненные пресные подземные воды бесцельно самоизливающихся артезианских скважин.

Из природных условий для искусственного восполнения подземных вод важнейшими являются гидрогеологические, гидрологические и климатические. Следует иметь в виду, что предъявляемые требования в значительной степени взаимосвязаны.

Магазинирование подземных – эффективный способ борьбы с их истощением на водозаборах и в природных емкостях. Необходимым условием является наличие источника питания. При наличии источника пополнения основными задачами гидрогеологических изысканий для создания систем искусственного пополнения запасов подземных вод (ИППВ) являются выбор участка расположения сооружений и типа инфильтрационных и водозаборных сооружений, определение их производительности оценка качества природных подземных вод и прогноз качества подземных вод, отбираемых в условиях работы систем искусственного восполнения запасов подземных вод [2].

Для выбора участка расположения сооружений необходимо провести изыскания, уточняющие гидрогеологические условия и параметры пласта, в который будет подаваться вода на пополнение, должна быть дана конкретная оценка гидрогеологических условий залегания и распространения подземных вод, граничных условий, необходимых параметрах водоносных пластов – коэффициенте фильтрации, эффективной пористости, водопроницаемости, уровне проводимости, а также показателей качества подземных вод и изменчивости условий, параметров и качества воды при эксплуатации.

Впервые в Дагестане обоснование и возможность магазинирование природных вод дана Курбановым М.К. [3,4] при проведении работ по улучшению водоснабжения с. Башлыкент в 1972 г. Целью проводимых работ являлось выяснение гидрогеологических условий строительства первых искусственных бассейнов подземных вод в подрусловых отложениях рек Арт-Озень. Сущность предлагаемого метода заключалось в аккумуляции природных вод в естественных геологических резервуарах, которые представлены песчано-гравелистыми отложениями современных и древних русел рек, предгорными конусами выноса, прибрежными песчаными барханами, массивами и другими геоморфологическими формами рельефа, сложенными грубообломочными водоносными отложениями. Проведенными работами был сделан вывод, что бассейн реки Арт-Озень сложен мощной толщей высокопроницаемых галечников с песчано-глинистым заполнителем, которая образует значительный бассейн хорошего качества, в котором можно создать резерв подземных вод в количестве 840тыс.м³, пригодных для водоснаб-

жения населения и орошения сельхозугодий, что и было предложено авторами под руководством Курбанова М.К. для организации водоснабжения с. Башлыкент.

Анализ геологических карт Северо-Дагестанской равнины и других имеющихся фактических материалов дают возможность сделать предварительные выводы о потенциальной возможности аккумуляции природных вод в геологических резервуарах на территории Северо-Дагестанской равнины, используя для этого барханные пески, слабонапорные водоносные горизонты хвалыньских и хазарских отложений, разработанные горизонты апшеронских отложений (Ю.Сухокумск, Кочубей, Терекли-Мектеб, в перспективе Кизляр, Бабаюрт). Следует отметить, что песчано-галечниковые отложения современных и древних речных долин представляются наиболее эффективными природными резервуарами для magazинирования природных вод. В этом смысле бассейн реки Сулак, его конус выноса представляет наибольший интерес, как огромный природный резервуар для magazинирования природных вод.

Под воздействием многолетней эксплуатации подземных вод плиоцен-четвертичных отложений Северо-Дагестанского артезианского бассейна естественная гидродинамическая картина подземного стока претерпела настолько большие изменения, что они стали соизмеримы по масштабам с природными процессами. Большая депрессионная воронка, постепенно углубляясь, захватывает всю территорию Терско-Кумского междуречья, меняя направление движения подземных вод, характер и способы их разгрузки [5, 6, 7].

Следствием развития региональной депрессии в напорных водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений в результате столетнего периода эксплуатации Северо-Дагестанского артезианского бассейна стало повсеместное снижение уровня грунтовых вод и опустынивание территорий Северного Дагестана.

Наметились тенденции к оседанию северных областей Дагестана вследствие развития депрессионной зоны. Максимальным усадкам подвержены площади вокруг больших водозаборов. В связи с этим искусственное восполнение запасов подземных вод на Северо-Дагестанской равнине становится все более необходимым и актуальным.

Выбираемые схемы искусственного восполнения запасов подземных вод должны определяться природными условиями местности. Искусственное восполнение запасов подземных вод должно в соответствующих гидрогеологических условиях широко применяться, особенно с учетом значительного увеличения отбора подземных вод.

В основу стратегии охраны подземной гидросферы следует положить защитную профилактику и прогноз последствий производственной деятельности человека, что позволит регулировать качественное состояние и ресурсы подземной гидросферы, разработать методы управления природными и техногенными процессами, воздействующими на нее [8-10].

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

Литература

1. Пиннекера Е В. Основы гидрогеологии. том 6. М. «Наука», 1983г. С. 202-214.
2. Плотников Н.А., Сычев К.И. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод с искусственным их восполнением». Изд-во «Недра», 1976г.
3. Курбанов М.К. К проблеме magazинирования природных вод в геологических резервуарах Дагестана // Тр. Ин-та геологии. 1978. Вып. 14. С. 128-135.
4. Курбанов М.К. Предварительный отчет за 1972г. по теме: «Закономерности формирования и размещения ресурсов пресных и минеральных вод Южного Дагестана»
5. Региональная оценка ресурсов подземных вод. Изд-во «Наука», 1975г. с. 107-110.
6. Щербуль З.З. Автореферат диссертации «Гидрогеологические особенности и геоэкологические последствия многолетней эксплуатации Северо-Дагестанского артезианского бассейна» на соискание ученой степени к.г.-м.н. Махачкала, 2006г.

7. Сулейманов В.К, Юрченко С.А. О прогнозных эксплуатационных запасах подземных вод и водообеспеченности Северного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск 55. 2009 г. С. 52-55.

8. Ибаев Ж.Г., Мамаев С.А. Общие принципы разработки постоянно действующей гидрогеолого-математической модели терско-кумского артезианского бассейна //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 260-264

9. Мамаев С.А., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш., Ибаев Ж.Г. О принципах математического моделирования гидрогеологических объектов на территории Республики Дагестан // В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции. 2017. С. 383-392.

10.Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Юсупов А.Р., Курбанисмаилова А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 309-315.

УДК 912.44; 528

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-46-50

КАРТА «ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ДАГЕСТАНА»
для атласа «КУЛЬТУРНОЕ И ПРИРОДНОЕ НАСЛЕДИЕ ДАГЕСТАНА»

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

В рамках исследования природных объектов Дагестана и выполнения работ над атласом «Культурное и природное наследие Дагестана» нами проводится работа по созданию серии тематических слоев в рамках единой геоинформационной системы. Многообразие созданных слоев отражает различные особенности природы Дагестана. Визуализация получаемых данных служит мощным механизмом для распространения данных для широкого круга исследователей и заинтересованных лиц. Наглядным примером практических результатов фундаментальных исследований природы Дагестана во всем ее разнообразии является карта «Водные объекты Дагестана».

Ключевые слова: геоинформационная система, атлас, Дагестан, реки, озера, водопады, ледники/

MAP "WATER BODIES OF DAGESTAN"
for the atlas "CULTURAL AND NATURAL HERITAGE OF DAGESTAN"

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

As part of the study of natural objects of Dagestan and the implementation of work on the atlas "Cultural and natural heritage of Dagestan", we are working on the creation of a series of thematic layers within a single geographic information system. The variety of layers created reflects various features of the nature of Dagestan. Visualization of the resulting data serves as a powerful mechanism for disseminating data to a wide range of researchers and stakeholders. A clear example of the practical results of fundamental studies of the nature of Dagestan in all its diversity is the map "Water bodies of Dagestan".

Key words: geographic information system, atlas, Dagestan, rivers, lakes, waterfalls, glaciers.

Водные объекты являются важнейшим элементом природного наследия Дагестана. Значительное природное разнообразие региона определило специфику водных объектов, сформированных в его разных частях.

Объект и методы.

Для составления карты «Водные объекты Дагестана» был использован программный продукт ArcGIS 10.0. Все информационные объекты создаваемой карты унифицированы в рамках единой ГИС разрабатываемой в Институте геологии ДФИЦ РАН (Идрисов, Газалиев, 2011; Мамаев и др., 2015 и др.). Создание тематической карты «Водные объекты Дагестана» потребовало от нас разработать комплекс взаимосвязанных слоев, отражающих многообразие водных объектов республики. Используя возможности модуля ArcCatalog, программы ArcGIS созданы слои, в которых содержится информация о различных геологических объектах (Рис. 1). Каждый слой представлен отдельным шейп-файлом, который хранит геометрическое местоположение и атрибутивную информацию объектов. Также отличается тип географических объектов в каждом слое. Они показаны точками, линиями, полигонами (площадями).

Линейные объекты показаны в тематическом слое «Реки». В таблицу атрибутов этого слоя были добавлены поле «Название» и поле «Категория».

Для отображения рек различной водности использована различная толщина объектов. Она задавалась в зависимости от поля «Категория» атрибутивной таблицы этого слоя. Пример таблицы атрибутов слоя показан на рис. 2.

Всего отображено 119 рек, включая их структурные блоки для крупных рек. Для низовий реки Терек представлено несколько русел. В том числе показано сложное строение русла в

районе Шавинского острова, где в качестве основного русла показан Шавинский прорыв, локализованный в центральной части острова.

Пространственные объекты показаны в двух тематических слоях: «Озера» и «Ледниковые участки».

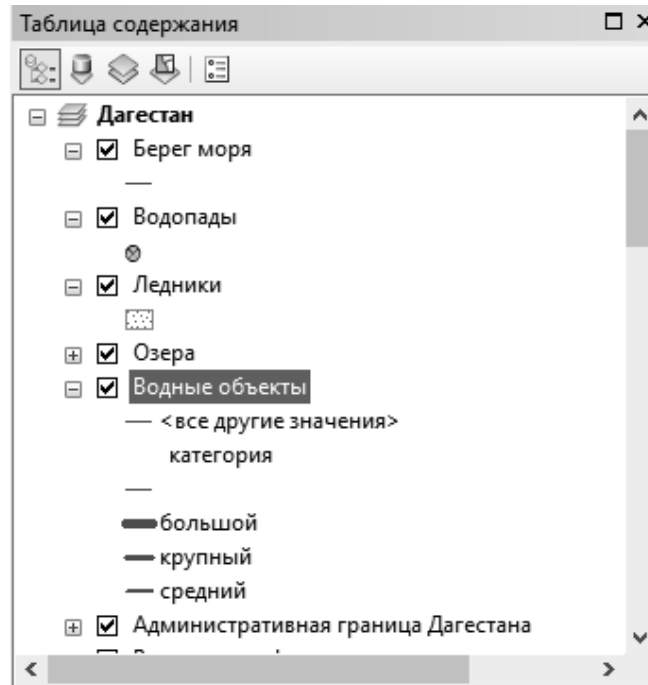


Рис. 1. Таблица содержания слоев, представленных на карте.

FID	Shape *	Id	Название	категория
58	Полилиния	0	Гамриозень	
59	Полилиния	0	Халагорк	
60	Полилиния	0	Манасозень	средний
61	Полилиния	0	Параулозень	
62	Полилиния	0	Губденозень	средний
63	Полилиния	0	Пулевла	
64	Полилиния	0	Цемарор	
65	Полилиния	0		
66	Полилиния	0		
67	Полилиния	0	Ансалта	
68	Полилиния	0	Ахсу	
69	Полилиния	0		средний
70	Полилиния	0	Акташ	средний
71	Полилиния	0	Ярыксу	
72	Полилиния	0	Ямансу	
73	Полилиния	0	Аксай	средний
74	Полилиния	0	Тлярата	
75	Полилиния	0	Шура-Озень	средний
76	Полилиния	0	Кривая Балка	
77	Полилиния	0	КОР	средний
78	Полилиния	0	Бураган-Озень	
79	Полилиния	0	Хьялши	

Рис.2. Таблица атрибутов слоя Реки

Слой «Озера» отображает озера и крупные водохранилища. Всего отражено 96 объектов, из них 10 водохранилищ. Многие из водохранилищ (Чиркейское, Ирганайское и др.) и примыкающие к ним плотины ГЭС в силу своих размеров и специфики играют разнообразную роль, в том числе стали неотъемлемой частью ландшафтов горного Дагестана. Отображение озер низменного Дагестана связано с их большой спецификой. В частности, они отличаются крайне неустойчивым водным режимом. Большинство озер региона в частности в низовьях р. Терек и на севере бывшего Аграханского залива в значительной степени высохли и трансформировались в заболоченные земли или даже солончаки. Однако по нашим представлениям переход их в озера возможен при относительно небольшом изменении водного режима, в том числе при антропогенном воздействии. В целом все озера низменностей отмечены нами как озера с неустойчивым водным режимом. Всего на карте выделено 51 подобное озеро.

Слой «Ледниковые участки» показывает территории где могут находиться ледники. Сами ледники в современных условиях интенсивно разрушаются (Тающие горы..., 2016). Выделено 7 участков.

Точечные объекты показаны в тематическом слое «Водопады». Всего отражено 28 водопадов. Для наиболее известных приведены названия.

Результаты.

Все слои сведены в едином графическом варианте в масштабе 1:2000000 и представлены на рис. 3. Заметно, что разные части Дагестана резко неравномерно обеспечены водными объектами. Наибольшая концентрация и разнообразие характерна для запада горной части Дагестана, эта же территория отличается высокими нормами осадков. Минимальное количество характерно для северной низменной части. Однако вдоль транзитных рек (Терек и Кума), особенно р. Терек количество водных объектов резко возрастает (Зеленский, 2020), вплоть до их максимума на востоке дельты Терека и прилегающей площади бывшего Аграханского залива.

По существующим данным в регионе развиты реки вплоть до высшего 10 порядка. При изучении распределения рек региона по порядкам было установлено, что наиболее крупными реками являются Терек и Сулак, они относятся к десятому классу (Атаев, Братков, 2012) и средний объем стока по ним превышает 150 м³/сек, площадь бассейна достигает нескольких десятков тысяч км². Вторую группу рек образуют Сунжа, Андийское койсу, Аварское койсу, Самур. Это реки девятого класса со стоком 50-120 м³/сек, площадь бассейна 5-15 тыс. км².

Анализ распределения озер по площади показал, что они группируются по природным регионам. Для равнин характерны скопления озер вдоль транзитных рек Кума и Терек. Для р. Терек в силу большего объема стока, площади озер значительно больше. Также четко заметно, что отмечаемый ранее Аграханский залив практически полностью трансформировался и ландшафты отличаются крайним динамизмом. В целом залив разрезан основным руслом реки Терек с системами береговых валов. К югу от русла сформировалось крупное и относительно стабильное озеро Южный Аграхан (Озеро..., 2014). К северу от русла сформировалась система из разнообразных водоемов, болот и протоков. Эта часть в значительной степени высохла. Уровень воды здесь во многом зависит от уровня Каспийского моря, которое в первые десятилетия 21 века находится в регрессивном режиме. Скопление озер и болот, в том числе не отраженных на карте находится и к юго-востоку от низовой реки Сулак (Рябогина и др., 2019).

Специфическими объектами являются лагуны, образованные вдоль берегов и в дельтах выдвигания рек Самур, Сулак и Терек. Уровень лагун тесно связан с уровнем моря. В условиях падения уровня многие лагуны пересыхают.

В горной зоне сосредоточено большое количество озер (Ахмедханов и др., 2004). Однако многие из них отличаются небольшими размерами. На нашей карте показано 96 озер. В силу особенностей генезиса озера здесь можно разделить на моренные и оползневые. Моренные озера часто образуют скопления в зависимости от особенностей оледенения и развитых на

участках горных пород. В частности, можно выделить Ноурские и Кутлабские озера. В некоторых случаях озера трансформированы в болота, иногда характерно сезонное затопление понижений после таяния снега или обильных осадков, но большую часть года такие объекты являются болотами.

Оползневые озера расположены в основном в среднегорном Дагестане (Идрисов, 2014). При этом четко заметна резкая активизация развития крупных оползней за последние 50-70 лет (Мамаев и др., 2020). В частности, в это время образовалось 4 крупных оползневых озера из показанных на карте. Самое крупное из озер горной части Дагестана и Кавказа расположено на Андийском хребте. Озеро расположено на высоте 1854 м, имеет площадь 1,67 км², максимальная глубина – порядка 75 м. По сезонам уровень колеблется на 3-5 м. Оползневое тело имеет ширину до 2 км, мощность до 150 м. Поверхностного стока озеро не имеет. Для него имеется множество названий. Как памятник природы оно наименовано Эйзенам, на многих картах воспроизведено название Казенойам иногда Кезеной-Ам, также имеются термины Андийское море, Большое форельное, Голубое. Местные жители андийцы называют его Алхар (Голубое Озеро). Нами показано название Алхар (Казенойам).

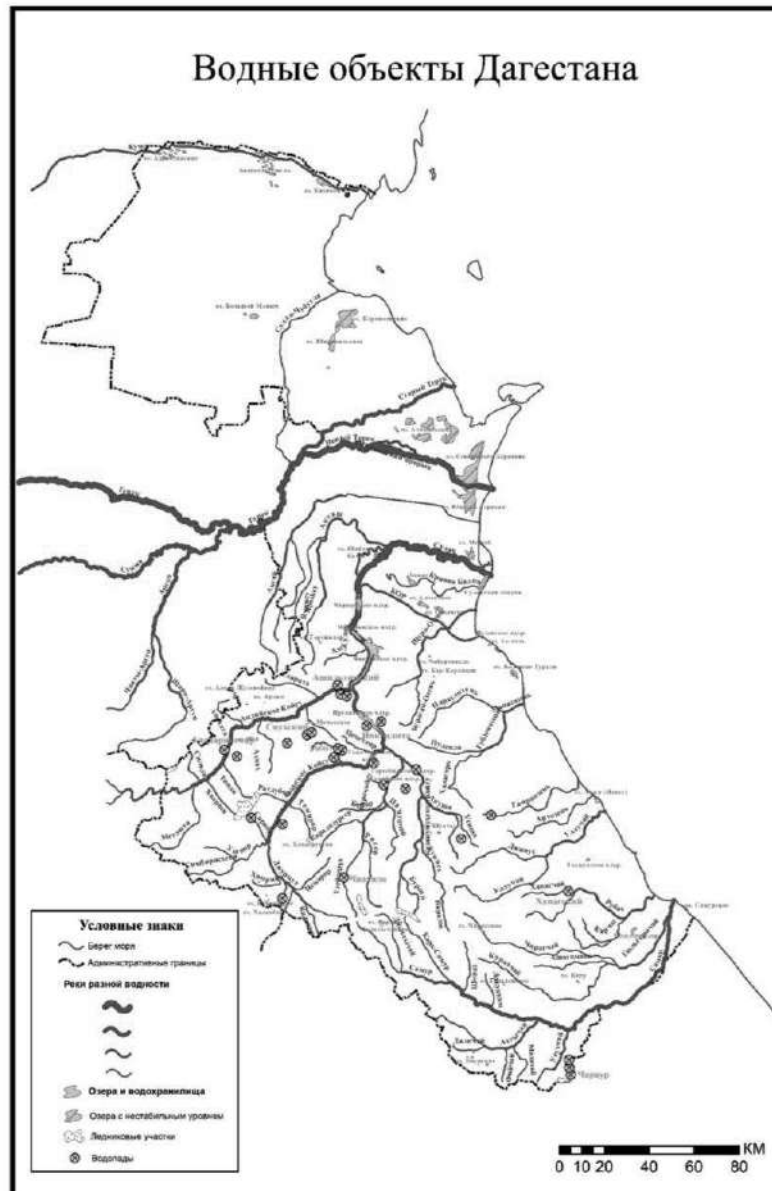


Рис. 3. Карта Водные объекты Дагестана

Выводы.

Водные объекты Республики Дагестан отличаются большим разнообразием и представлены во всех ее районах. Водопады, озера, ледники и реки во многом создают уникальное своеобразие страны гор. Рациональное использование водных объектов имеет большой потенциал для сохранения ландшафтов и популяризация знаний о Восточном Кавказе и будет способствовать созданию природонаправленного рационального типа природопользования. При этом для отдельных объектов современное состояние нельзя признать удовлетворительным и их природопользование, в том числе и прилегающих участков нуждается в существенном переосмыслении и оптимизации.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственных заданий ИГ ДФИЦ РАН по темам НИР: Рег. номер НИОКТР АААА-А17-117021310203-3, НИОКТР АААА-А17-117021310199-9.

Литература

1. Ахмедханов К.Э., Атаев З.В., Шихамирова У.А. Особенности географического распространения высокогорных озер Дагестана. В сборнике: Актуальные проблемы экологии и природопользования в условиях посткризисного восстановления экономики и социальной сферы ЧР. Грозный. 2004. С.33-38.
2. Братков В.В., Атаев З.В. Оценка эрозионного расчленения рельефа Северо-восточного Кавказа методами ГИС-технологий // Мониторинг. Наука и технологии. 2012. № 1 (10). С. 63-67.
3. Зеленский Н.И. Особенности распределения озер Восточного Предкавказья. В сборнике: Региональные географические исследования. Сборник научных трудов. Под общей редакцией А.В. Погорелова. Краснодар, 2020. С. 103-108.
4. Идрисов И.А. Запрудные (оползневые) озера Восточного Кавказа // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. №2. 2014. С.96-101.
5. Идрисов И.А., Газалиев И.М. Комплект геоэкологических карт Республики Дагестан // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Материалы конференции, Грозный, 2011. С.409-414.
6. Мамаев С.А., Идрисов И.А., Биарсланов А.Б., Гусейнова А.Ш., Ибаев Ж.Г. Современные методы ГИС-технологий при составлении электронной почвенной карты Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. №65. С.172-175.
7. Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Идрисов И.А., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Новый Дюльтычайский крупный оползень на Восточном Кавказе // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1 (80). С. 78-84.
8. Озеро Южный Аграхан: проблемы экологической реабилитации. Махачкала: Эпоха. 2014. 156с.
9. Рябогина Н.Е., Идрисов И.А., Борисов А.В., Афонин А.С., Зазовская Э.П. Болота Восточного Кавказа как высокоразрешающие архивы палеогеографической информации // География и природные ресурсы. 2019. №2. С.85-94.
10. Тающие горы Дагестана. М.: Всемирный фонд дикой природы. 2016. 108с.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-51-74

РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ КАК НАУЧНОЙ ШКОЛЫ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ

Мельков Д.А., Кануков А.С.

Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН

Инженерная сейсмология – раздел сейсмологии, изучающий сейсмические данные, необходимые для проектирования сейсмоустойчивых зданий и сооружений. Очевидно, что истоки данной направления имеют глубокие исторические корни и имеют географическую локализацию, обусловленные практической необходимостью строительства в сейсмических районах. В России к таким районам относятся Северный Кавказ, Сибирь и Дальний Восток. Каждый из них характеризуется разной сейсмичностью и так или иначе сложившейся научно-исследовательской инфраструктурой, обеспечивающей выполнение работ по оценке сейсмической опасности. Цель данной работы показать развитие инженерной сейсмологии на Северном Кавказе, и определить пути дальнейшего развития научных направлений и соответствующей инфраструктуры данного направления в России на Северном Кавказе, как преемнике советской школы инженерной сейсмологии.

Ключевые слова: инженерная сейсмология, сейсмическая опасность, детальное сейсмическое районирование, сейсмическое микрорайонирование, Северный Кавказ.

DEVELOPMENT OF ENGINEERING SEISMOLOGY AS A SCIENTIFIC SCHOOL OF THE NORTH CAUCASUS

Melkov D.A., Kanukov A.S.

Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Centre, Russian Academy of Sciences

Engineering seismology is a branch of seismology that studies seismic data necessary for the design of earthquake proof buildings and constructions. It is obvious that the origins of this direction have deep historical roots and have a geographical localization, due to the practical need for construction in seismic regions. In Russia, such areas include the North Caucasus, Siberia and the Far East. Each of them is characterized by different seismicity and, in one way or another, the established research infrastructure, which ensures the performance of work on the assessment of seismic hazard. The purpose of this work is to show the development of engineering seismology in the North Caucasus, and to determine the ways for the further development of scientific directions and the corresponding infrastructure of this direction in the North Caucasus, as the successor of the Soviet school of engineering seismology.

Keywords: engineering seismology, seismic hazard, detailed seismic zoning, seismic microzonation, North Caucasus

1. Введение

В развитии инженерной сейсмологии на Кавказе выделяется особым образом советский период. Динамическая теория сейсмостойкости, разработанная в 20-х годах XX столетия К.С. Завриевым [Завриев, 1936], практически одновременно с японским ученым Мононобе, стала важнейшей основой становления в 30-х годах принципов сейсмостойкого строительства в мире. При этом, в свою очередь, новый подход стал основой грузинской школы инженерной сейсмологии, включая сейсмическое микрорайонирование (СМР) [Гогмачадзе, 2015]. Будучи одним из основателей Академии наук Грузии, академик К.С. Завриев в 40-х годах создал Институт строительной механики и сейсмостойкости (ИСМиС АН ГССР), ставший одним из центров исследований в области инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства в мире. Здесь, в частности, работал академик А.Г. Назаров, создавший впоследствии армянскую школу инженерной сейсмологии.

Основы инженерно-геологического метода СМР были разработаны в Грузии на основе результатов инженерного макросейсмического обследования территорий, подвергшихся сильным и разрушительным землетрясениям.

Яркими представителями грузинской школы инженерной сейсмологии были Добровольский, Гзелишвили, Сафарян и другие [Сафарян, 1954]. Позднее, под руководством академика Напетваридзе Ш.Г. и его учеников Одишария А.В., Гогелия Т.И., Заалишвили В.Б., Гогмачадзе С.А. с начала 70-х годов (XX столетия – ред.) и вплоть до середины 80-х годов было разработано и активно развивалось новое научное направление исследования сейсмических свойств грунтов – расчетный метод СМР [Напетваридзе, 1973]. В 1969 году при проведении сейсмического микрорайонирования территории г. Орджоникидзе СО АССР (ныне г. Владикавказ) (рис. 1) впервые в нашей стране академиком Ш.Г. Напетваридзе вместе с А.В. Одишария был впервые использован новый расчетный метод сейсмического микрорайонирования.

Представители грузинской школы СМР приняли активное участие в поддержке нормативной основы инструментального метода сейсмического микрорайонирования в лице Б.Н. Самкова и других [Медведев, 1962, Медведев и др., 1962]. С этого времени инструментальный метод в виде способа сейсмических жесткостей С.В. Медведева начал активно применяться в научных исследованиях. Особенности становления инструментального метода в странах СССР, весьма слабо оснащенных современной регистрирующей аппаратурой, необходимой для получения качественных записей сильных и слабых землетрясений, обусловили широкое распространение способа сейсмических жесткостей С.В. Медведева на продольных волнах. Необходимо отметить, что подход весьма активно использовался и американскими учеными (США). В то же время такой подход нередко давал достаточно противоречивые результаты. Это обуславливалось тем обстоятельством, что в грунтах обводнение приводило к повышению величин скоростей распространения продольных волн соразмерных с аналогичными скоростями в более прочных грунтах. Правда, грунты можно было различить путем сопоставления других параметров. Но это в те времена значительно затрудняло исследования. Более того, даже выделение поперечных волн представляло при анализе данных инженерной сеймики практически часто непреодолимую задачу. Поэтому метод жесткостей СМР использовался исключительно на сухих, необводненных грунтах.



Рис. 1. Проведение работ по сейсмическому микрорайонированию г. Орджоникидзе (Владикавказа) сотрудниками ИСМИС, 1970 г.

В этих условиях, в Грузии в 1974 г. по инициативе В.Б. Заалишвили при работах по СМР вместо продольных волн в качестве показателей состояния грунта впервые начали использовать поперечные волны. При этом дифференциация грунтов независимо от их обводнения возросла в разы [Заалишвили, 1981]. Это, в свою очередь, позволило значительно поднять качество оценки состояния грунтов и сходимость результатов, получаемых различными методами [Калмахелидзе и др., 1974; Самков и др., 1974].

В середине 80-годов В.Б. Заалишвили разработал оригинальный способ оценки сейсмической опасности грунтов с помощью мощных невзрывных источников колебаний импульсного (СИ-32) и вибрационного (СВ-10/180) вида. С помощью мощных источников впервые удалось ввести в практику оценки опасности грунтов при интенсивных сейсмических воздействиях нелинейные явления, причем непосредственно на основании инструментальных данных [Заалишвили, 1986]. Им же тогда в инженерную сейсмологию было введено понятие «средневзвешенный период колебаний» (1986) [Заалишвили, 1986; Самков и др., 1982] и «коэффициент рельефности» (1989) [Заалишвили, 2009].

2. Развитие инженерной сейсмологии в Северной Осетии и Северном Кавказе

С распадом Советского Союза произошло переформатирование научно-исследовательской инфраструктуры в России и на Северном Кавказе. Здесь традиционно много имелось проектных и изыскательских организаций (например, ТИСИЗ), которые продолжали выполнять научно-практические работы, но при этом была утеряна научная составляющая исследований по одному из важных в регионе направлений – инженерной сейсмологии. Созданные здесь научные центры Российской академии наук (Владикавказский, Кабардино-Балкарский, Южный) не могли с нуля создать данное научное направление. В то же время старейший на Северном Кавказе Дагестанский научный в той или иной мере также потерял научные кадры.

Именно в этот нелегкий период для постсоветских стран в 1998 г. председатель Владикавказского научного центра проф. А.Г. Кусраев пригласил в г. Владикавказ В.Б. Заалишвили, защитивший в 1996 г. на физическом факультете МГУ им. Ломоносова, докторскую диссертацию и возглавивший по настоятельной рекомендации директора ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН ИФЗ РАН академика В.Н.Страхова отдел инженерной сейсмологии в ИСМиС им.К. Завриева в Грузии. В 1998 г. В.Б. Заалишвили открыл лабораторию инженерной сейсмологии в Институте прикладной математики и информатики ГНЦ РСО-Алания. Уже через год в 1999 г., благодаря его усилиям, г. Владикавказ вошел в перечень городов мира (около 30 городов), которые были включены в Программу RADIUS (Risk Assessment Tools of Urban Areas against Seismic Disasters) под эгидой ООН и ЮНЕСКО и, которым оказывались необходимое научно-методическое руководство по созданию карт сейсмического риска.

В 2000 г. было создано Северо-Кавказское отделение (на правах филиала) ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН, которое с 2000 по 2007 годы успешно возглавлял В.Б. Заалишвили.

В 2003 году по представлению председателя ВНИЦ РАН и РСО-Алания А.Г. Кусраева В.Б. Заалишвили возглавил Геофизический центр экспериментальной диагностики и ввел в Российскую академию наук. Здесь под руководством В.Б. Заалишвили были осуществлены важнейшие преобразования. Впервые в учреждении были приглашено на работу 9 докторов наук по различным направлениям горные науки, экология, геология, строительство и в 2004 году создан Координационный Совет, позже ставший основой утвержденного ОНЗ РАН Ученым советом ГФИ ВУ РАН. Здесь в 2004 году были открыты аспирантура по направлению геофизики и геоэкологии и научная библиотека. Именно в 2003 г. на основе впервые обработанных записей В.Б. Заалишвили, Н.И. Невской, К.С. Харебовым, опубликована первая геофизическая научная работа по Колке. Позже, более целенаправленный анализ всех существующих инструментальных записей (Россия и Грузия), реализованный под руководством В.Б. Заалишвили Н.И.Невской, В.Д.Макеевым Д.А. Мельковым позволила на уровне мировых стандартов интерпретировать весь процесс схода ледника Колка.

В 2004 году Республиканская инструментальная сеть из 5 сейсмических станций и, которыми был зарегистрирован сход ледника Колка 20 сентября 2002 года, была преобразована в Кармадонскую сеть наблюдений. В эту сеть в 2003 году на высоте 1920 над уровнем моря была включена станция Кармадон и в 2012г. на высоте 2960 м - станция Колка. В 2004 году была ор-

ганизована сеть из 6 инженерно-сейсмологических станций на территории города Владикавказ. Была также организована сеть GPS наблюдений и др.

За прошедшие годы Геофизический институт ВНИЦ РАН (ГФИ ВНИЦ РАН) под руководством В.Б. Заалишвили стал одним из значимых научных центров Северного Кавказа в области наук о Земле.

В ГФИ ВНИЦ РАН под научно-методическим руководством ОНЗ РАН сформировался высококвалифицированный коллектив научных сотрудников, и получили развитие признанные как в России, так и за рубежом, новые научные направления и методология в области наук о Земле. Основные исследования ГФИ ВНИЦ РАН используемые подходы по своим особенностям реализации стали, таким образом, органичным преемником российско-грузинской школы инженерной сейсмологии [Гогмачадзе, 2015].

Для решения задачи подготовки кадров уже через год, в 2004 г. по инициативе В.Б. Заалишвили на базе ГФИ ВНИЦ РАН была открыта аспирантура. Сотрудниками ГФИ ВНИЦ РАН к настоящему времени под руководством В.Б. Заалишвили было защищено 9 кандидатских диссертаций (Невская, 2005; Мельков, 2008; Бурдзиева, 2012 и др.). Кроме этого он был также научным консультантом докторской диссертации Мажиева Х.Н. При этом в Грузии с 1989 по 2004 годы под его руководством были защищены 4 кандидатские диссертации в области геологии, сейсмостойкого строительства, машиноведения и механики (Н. Чачава, С. Гогмачадзе, З. Джапаридзе, В. Арабидзе).

Разработанная В.Б. Заалишвили [Заалишвили, 2009; Заалишвили, Рогожин, 2011] концепция оценки сейсмической опасности грунтов через создание первых вероятностных карт сейсмического микрорайонирования урбанизированных территорий в их тесной взаимосвязи с вероятностными картами сейсмической опасности регионов (детальное сейсмическое районирование), включающих эти территории, внесло значительный вклад в развитие инженерной сейсмологии.

3. Детальное сейсмическое районирование

В 2007 г. были созданы карты детального сейсмического районирования для всей территории Северной Осетии в масштабе 1:200 000 с вероятностью превышения за 50 лет (стандартное время службы здания или сооружения) с 2%, 5%, 10%, что соответствует повторяемости максимально возможного землетрясения за время 500, 1000 и 2500 лет (рис. 2). При этом большей временной экспозиции соответствует больший уровень интенсивности. За 500 лет лишь малая часть будет занята зоной 7 балльной интенсивности, за 1000 лет – 8 балльной, а для 2500 лет на картах появляется 9 балльная интенсивность, соответственно. Для территории Северной Осетии наиболее близка к реальным условиям временная экспозиция, равная 1000 годам, что дает основания рекомендовать ее в виде основной экспозиции для массового строительства [Рогожин, 2009; Чернов и др., 2018].

Аналогично могут быть созданы такие карты сейсмической опасности для Дагестанской, Чеченской, Кабардино-Балкарской, и других территорий. Учитывая, что разломы и другие отличительные характеристики территории существуют вне любых границ, в том числе, государственных, можно построить непривычную, но вполне физически обоснованную одну общую карту детального сейсмического районирования территории Северного Кавказа в масштабе М 1:200 000. Так, хорошо видно, что совмещение разломов на территориях различных субъектов России Северного Кавказа имеет вполне практический смысл [Палеосейсмогеология ..., 1999; Рогожин и др., 1999] (рис.3).

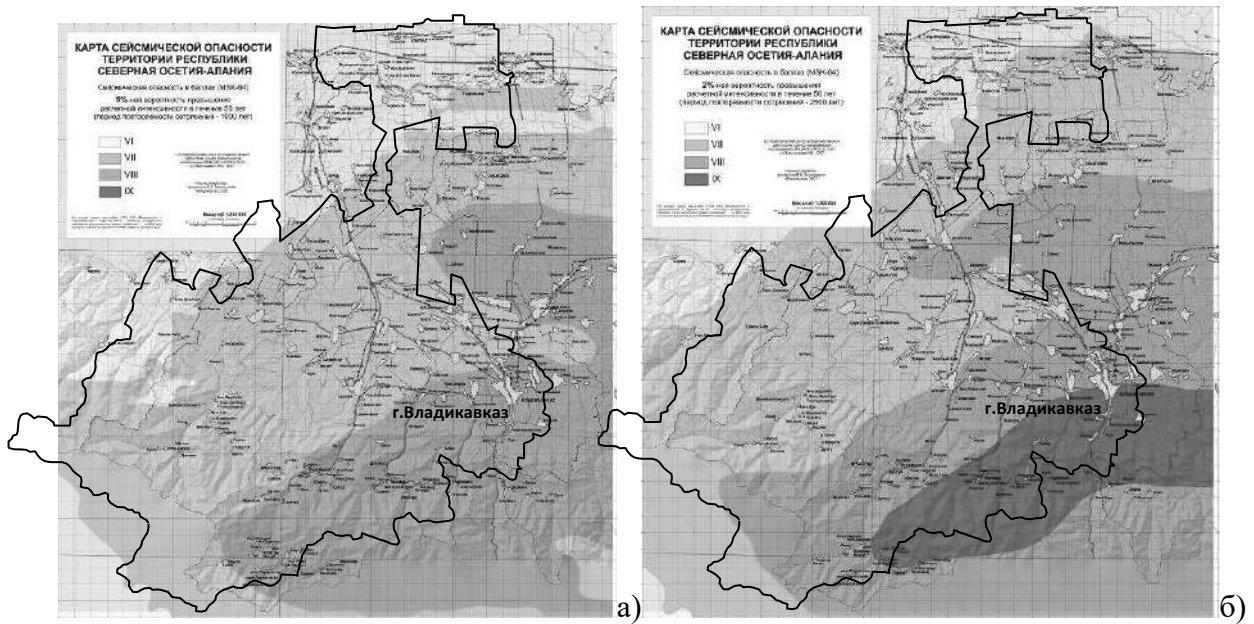


Рис. 2. Вероятностные карты ДСР сейсмической опасности в интенсивностях (MSK) с вероятностью превышения 5% (а) и 2% (б)

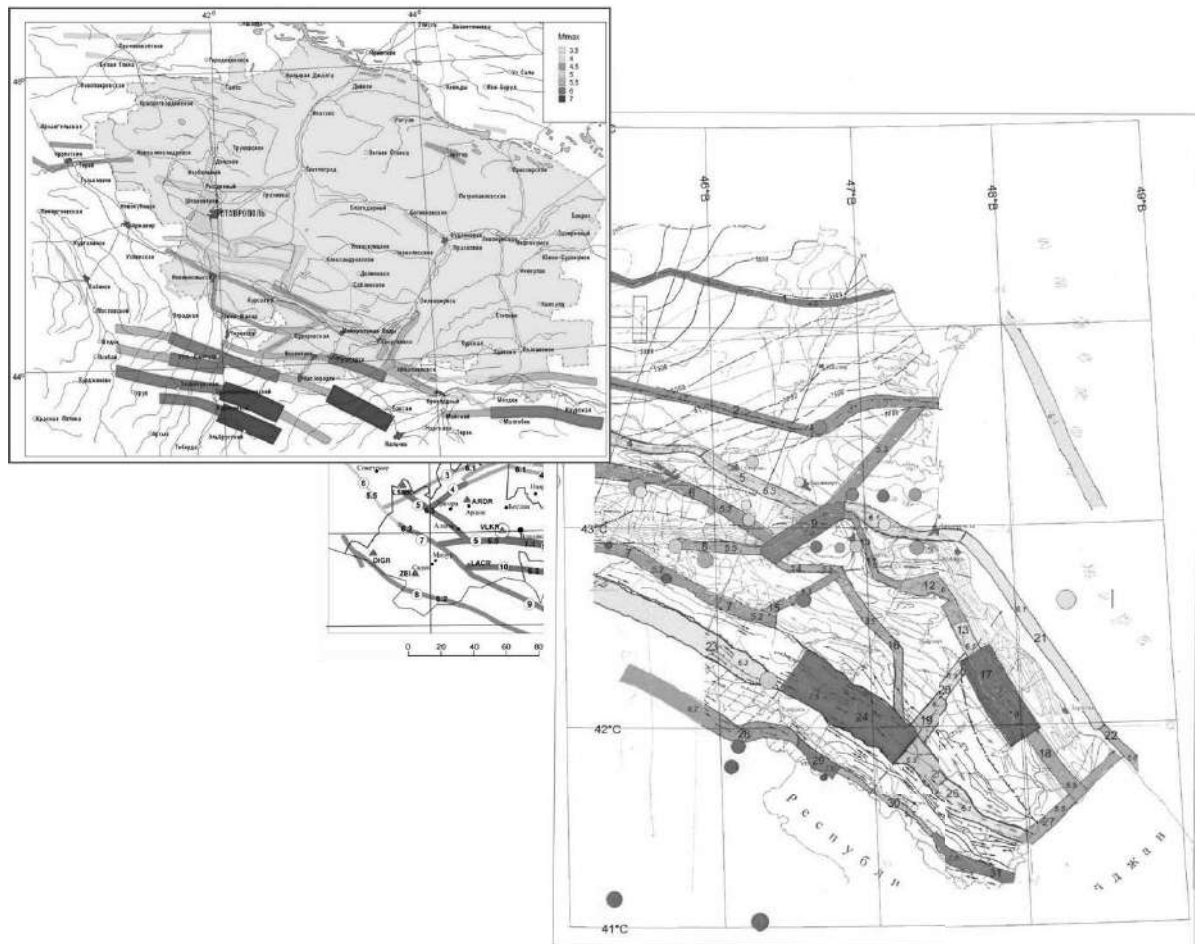


Рис. 3. Совокупность сейсмических разломов на территории Северного Кавказа [Заалишвили, Рогожин, 2011].

4. Сейсмическое микрорайонирование

Сейсмическое микрорайонирование (СМР) можно рассматривать как методику районирования территории города или большой строительной площадки по участкам с одинаковой реакцией слоев грунтовой толщи на стандартное сейсмическое воздействие того или иного уровня и оценки относительного изменения характеристик колебаний грунтовой толщи на дневной поверхности участков относительно характеристики колебания т.н. эталонного участка в единицах интенсивности или ускорения, которому приписана исходная интенсивность. На основе пятипроцентной вероятностной карты ДСР была впервые создана пятипроцентная вероятностная карта сейсмического микрорайонирования, являющаяся непосредственной основой сейсмостойкого проектирования и практического строительства.

История эволюции методологии создания карт сейсмической опасности г. Владикавказа является примером развития представлений о факторах, формирующих сейсмический эффект. Первой такой картой была карта СМР, разработанная в 1969-1970 гг. Институтом строительной механики и сейсмостойкости, возглавляемая основоположником динамической теории сейсмостойкости, академиком АН ГССР К.С. Завриевым (рис. 4). Именно тогда в процессе СМР г.Владикавказа был впервые использован расчетный метод СМР, позволивший обоснованно учесть влияние подстилающих грунтов в виде дзуарской свиты перекрытой мощной толщей галечников (до 500 м и более) и, являющейся, в свою очередь, естественным основанием для всех видов четвертичных отложений в городе. Этот подход на основе МОВ (метод отраженных волн) тогда разрабатывался непосредственно к.т.н. А.В.Одишария под непосредственным руководством член-корр. АН ГССР Ш.Г.Напетваридзе [Напетваридзе, 1970]. Именно тогда, в 1969 г. имело место первое применение разработки на практике. Указанная карта, утвержденная Правительством б. СССР в 1970 г., на долгие годы стала официальным документом – основой для сейсмостойкого строительства.

В 1990 г., т.е. через двадцатилетие стало необходимым обновление карты СМР. В основе такой ситуации была разработка Рекомендаций по проведению СМР (1971г.), позже они претерпели серьезные изменения (Рекомендации ...1985 г.). В 1988 г. вышло более серьезное руководство по проведению СМР. В общем, методология заметно развивалась. Но заслугой создателей первой карты было то, что она оказалась настолько передовой для своего времени, что намного пережила своих создателей. С другой стороны, на Кавказе произошло разрушительное Спитакское землетрясение (Армения, 1988).

На этот период приходится развал б. СССР, и, несмотря на то, что работы по СМР на территории СССР в отсутствие нареканий к исполнителям традиционно продолжало то же учреждение, появилась необходимость обновления карты СМР другим учреждением. Работа была проведена с помощью более современного оборудования и аппаратуры. Кроме того, здесь впервые использовался новый способ расчетного метод способ МКЭ (метод конечных элементов) в 1990 г. [Шарапов, 1991]. Справедливости ради необходимо отметить, что и этот расчетный способ был разработан под руководством Ш.Г. Напетваридзе. в том же, ставший к этому времени зарубежным, Институте в 1973 г. к.т.н. Т.И. Гогелия.

Во- вторых, за 20 лет город бурно развился и продолжал активно развиваться. Необходимо еще раз отметить, что за прошедший период появились также новые научные подходы. В частности, под руководством Ш.Г.Напетваридзе в 1985 г. В.Б. Заалишвили был разработан новый способ инструментального метода СМР на основе использования мощных импульсных и вибрационных источников и введения понятия средневзвешенного периода колебаний грунта через детальный спектральный анализ [Заалишвили, 1986; Одишария, Заалишвили, 1987; Мамаев, 1991; Заалишвили, 2015 а, б, в, г, 2017, 2018; Заалишвили и др., 2007, 2010а-ж; 2011а-ж; 2012а-и; 2015а, б; 2016 а, б; 2017, 2018а, б, в, г; Чернов, Заалишвили, 2020; Zaalishvili et al., 2015, 2016а, б, с, d, e; 2018а, б, с; 2019а, б; 2020; Magkoev et. al., 2020; Jyun-Yan et al., 2020].

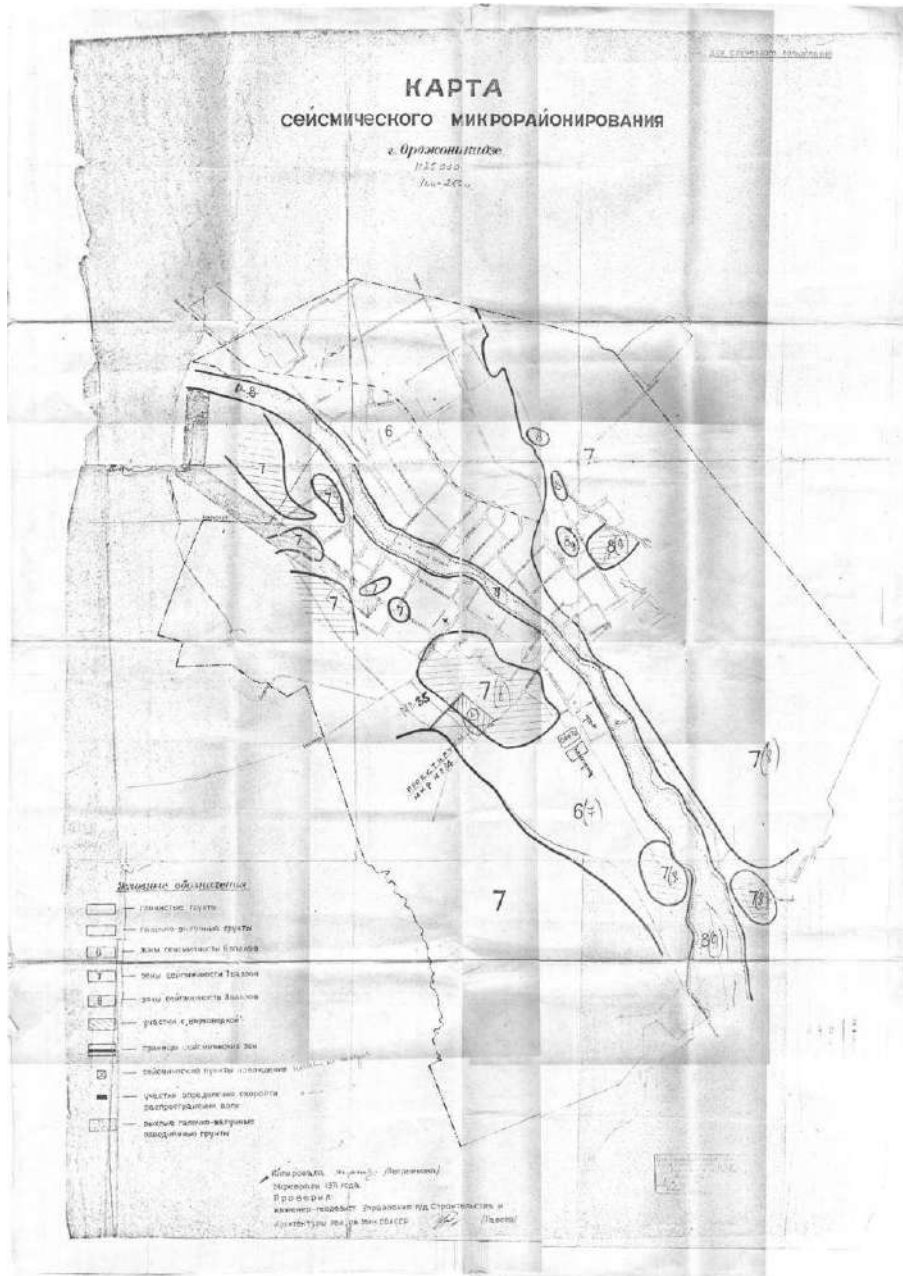


Рис. 4. Карта-схема СМР 1970 года

Параллельно всем этим обстоятельствам за этот же период каждые последующие 10 лет менялись содержание и положения Строительных Норм и Правил. Так, вскоре после Ташкентского землетрясения 1966 г. были разработаны новые Нормы (СНиП-69). Через следующие 10 лет пришла пора разработки новых Норм (СНиП-81*). В указанных Нормах нашли воплощение самые современные воззрения ученых «антисейсмиков» и инженеров. Именно указанные Нормы ученые США назвали одними из лучших Норм мира. Прошло еще 10 лет или очередные 20 лет и в результате Спитакского землетрясения 1988 гг. ученые стали задумываться о необходимости очередного развития Норм. Но природа ... традиционно опережает. Происходит Рачинское землетрясение 1991 г. в Грузии с неожиданно высокой магнитудой 6,9-7,2. Необратимость назревшей проблемы создания уточненных Норм стало явью. Но такие разработки не очень просты. В связи с этим в 1992 г. было издано Постановление Госстроя РФ об искусственном повышении уровня сейсмичности на Кавказе на один балл. Необходимо отметить, что, не-

смотря, на разрушение почти всех связей, научные связи РФ и новых Южно-Кавказских стран остались незабываемыми и дошли в той или иной мере до настоящего времени.

В 1996г. вышли очередные Нормы РФ, включающие основные положения предыдущих Норм, но заметно развитые.

На фоне этого сверхнапряженной эволюции основных Нормативных документов работа по СМР г. Владикавказа (1990-1991 гг.) выглядит явным анахронизмом, а карта СМР не была утверждена по целому ряду причин, в том числе, не достаточно детальной проработкой различных аспектов СМР. Необходимо отметить, что используемые в работе на тот период, методики не могли в полной мере учитывать новые воззрения (1971,1985,1988 и т.д.). Тем не менее, хотя результаты работы от 1969-1970 гг. были максимально реальны для периода до 1985 г., но с вступлением в силу необходимости учета количества заполнителя для дифференциации крупнообломочных грунтов по их сейсмическим свойствам, работа стала явно устаревшей. В этой связи совершенно непонятным и даже странным выглядит в подобных условиях проведение работы по СМР в 1990 -1991 гг. без учета количества заполнителя.

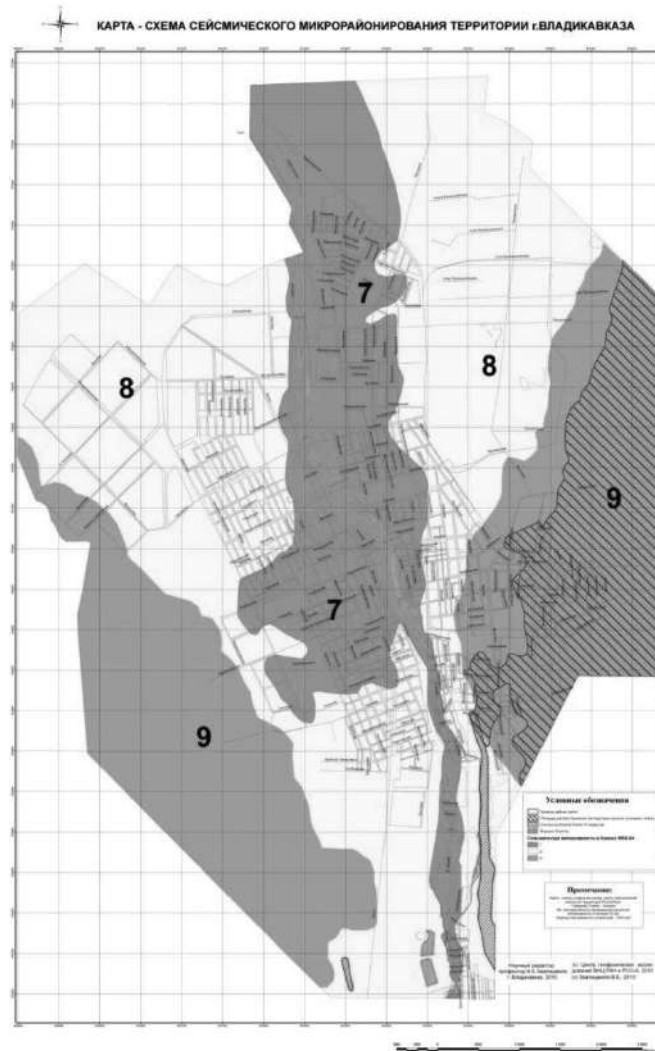


Рис. 5. Карта-схема сейсмического микрорайонирования территории г.Владикавказа.

Выполнение работ по СМР в 2009-2010 гг. стало исследованием сейсмической опасности РСО-А и грунтов города, которое прямо попало в очередной двадцатилетний цикл. С 1969 г. разви-

лась не только методология, но кардинально изменилось представление о сейсмическом потенциале всего Кавказа. При этом, как правило, каждое сильное и разрушительное землетрясение время от времени открывает совершенно новые особенности, как особенностей воздействия, так и реакции грунтов [Геодакян и др., 2006; Мамаев, 2006].

В результате исследований была построена актуализированная карта СМР территории г. Владикавказа (рис. 5). С учетом современных требований к представлению результатов в цифровой форме далее разрабатывалась структурно-функциональная модель ИСОГД, обеспечивающая создание потребительской информационной системы, совместимой с другими подобными разработками, использующими аналогичную модель и существующие системы (рис 6) [Ganapathy et al., 2018b].

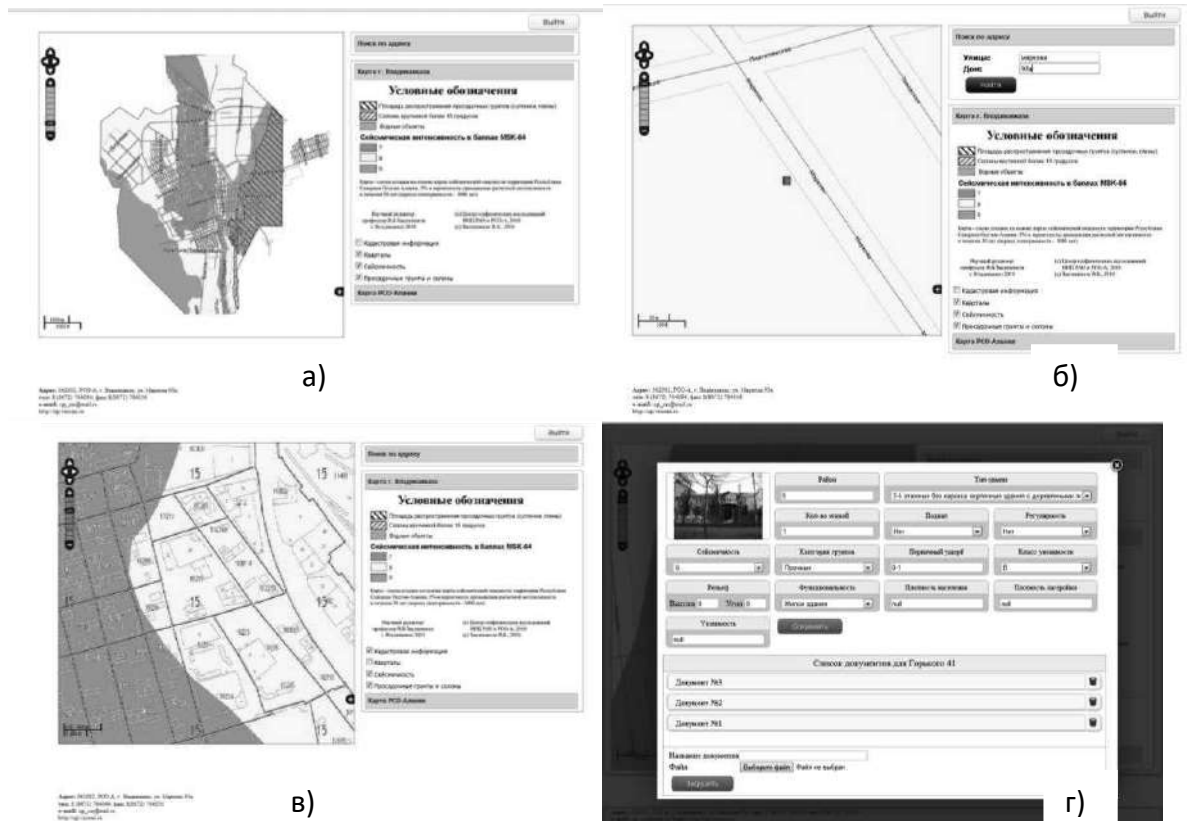


Рис. 6 – а) Главная страница веб-сервиса с картой г. Владикавказа; б) Реализация функции поиска объекта по адресу; в) Вывод кадастровой информации; г) База данных сейсмического риска застройки.

Таким образом, при разработке вероятностной карты сейсмического микрорайонирования территории г. Владикавказа, были использованы многие современные отечественные и зарубежные разработки и достижения, в том числе оригинальные [Ganapathy et al., 2018a,b; Sawires et al., 2015]]. В процессе создания карты-схемы впервые на практике применен оригинальный инструментально-расчётный метод СМР или способ инструментальных аналогий. Необходимо отметить, что, как показал соответствующий анализ, карта-схема СМР территории г. Владикавказа полностью удовлетворяет всем задачам сейсмостойкого проектирования и строительства.

5. Инструментальный геофизический мониторинг на территории Северного Кавказа

5.1 Сейсмический мониторинг

В связи с активизацией опасных природных процессов на Кавказе и, в частности, сходом ледника Колка 20 сентября 2002 года в конце 2003 года была организована система комплексных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон». Целью функционирования системы является инструментальное исследование природно-техногенных опасных геологических процессов в горных районах.

Целью функционирования сети является разработка концепции безопасности населения горных регионов и создание эталонных сценариев опасных геологических процессов (оползни, движения ледников, землетрясения и т.д.). Именно для этих целей нами в сентябре 2003 г. была организована базовая станция в п. Кармадон. В 2012 году непосредственно в районе ледника Колка была организована соответствующая станция (KLC) (рис. 7).

Другой важной задачей явилось создание сейсмической сети наблюдений на урбанизированной территории с целью изучения влияния грунтовых условий на проявление землетрясений (интенсивность, спектральный состав и т.д.) [Заалишвили, Невская, 2005; Черкашин и др., 2003; Мамаев и др. 2009; Таймазов и др., 2011; Магомедов и др., 2015]. Создание системы сейсмических наблюдений, согласно рекомендациям ООН, обязательны для урбанизированных территорий, расположенных в зоне высокой сейсмической опасности. Это особенно актуально для Северного Кавказа, где такие наблюдения, практически, полностью отсутствуют.

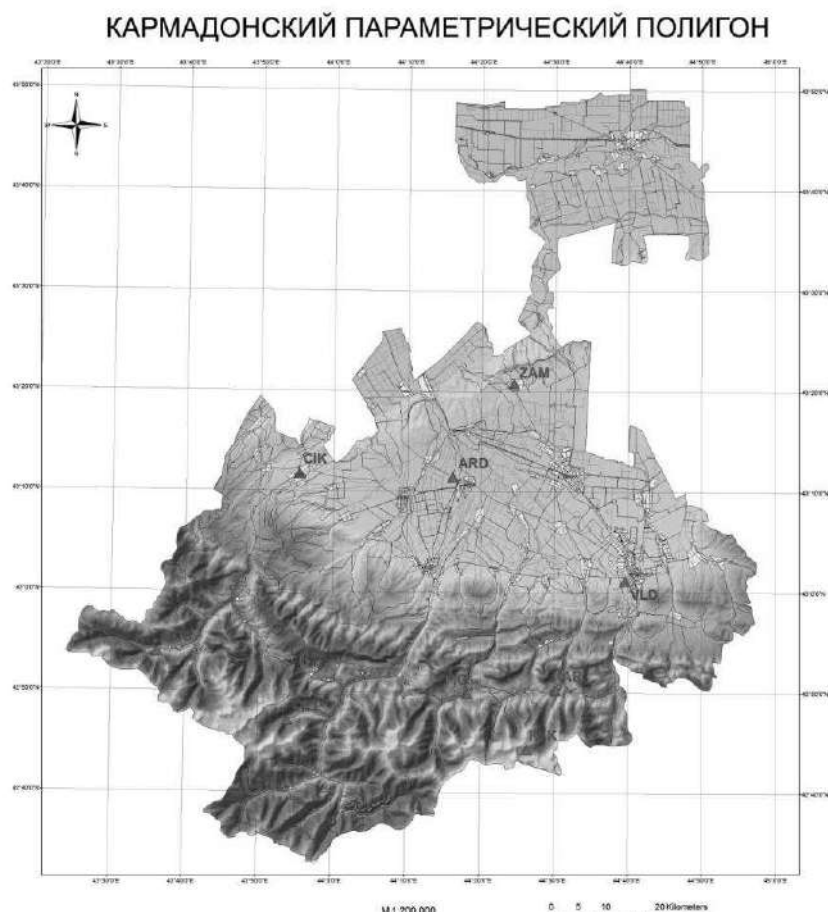


Рис. 7. Сеть сейсмологических наблюдений Кармадонского параметрического полигона.

В связи с этим, а также необходимостью изучения и последующего анализа малоизученного проявления особенностей воздействия активных разломов на ситуацию в городе, на тер-

ритории г. Владикавказа в процессе выполнения международного проекта Программы НАТО «Наука за мир» по теме «Оценка сейсмического риска больших городов Кавказа. Способы управления риском» было решено развернуть локальную сеть сейсмических наблюдений на участках с различными грунтовыми условиями. Уже в августе 2004 г. впервые на Северном Кавказе, таким образом, была организована постоянная локальная сеть сейсмических наблюдений в г. Владикавказе (рис. 8) и создана база данных сейсмических записей, которая регулярно пополняется. Главной задачей создания локальной сети «Владикавказ» явилась необходимость оценки влияния грунтовых условий на формирование интенсивности и спектрального состава землетрясений. В 2010 году в процессе выполнения работы сеть была расширена и дополнена двумя станциями по улицам Гадиева и Владикавказской (BUR и TUR, соответственно).

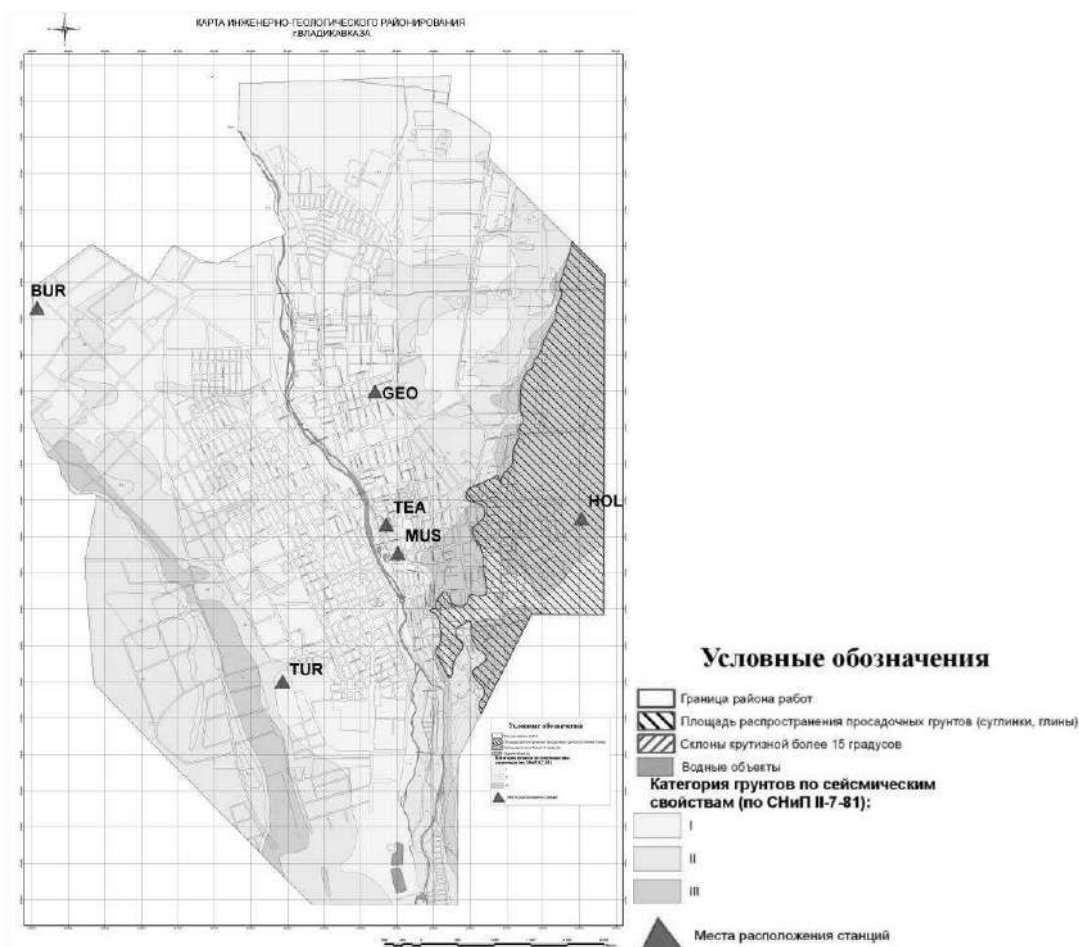


Рис. 8. Схема расположения сейсмических станций на территории г.Владикавказа, инженерно-геологические условия исследуемой территории

5.2 Геодинамический полигон

Расположение г. Владикавказа в опасной близости от сейсмогенного мощного разлома и возможное появление 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» [Певнев, 2009]. В этой связи прогнозный полигон в сотрудничестве с профессором А.К. Певневым (ИФЗ РАН и ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А) был значительно развит.

Основными элементами такого полигона являются деформационно-геодезические прогнозные профили, ортогонально пересекающие сейсмогенный разлом (рис. 9). Длины таких

профилей 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. Есть основания считать, что максимальное расстояние между смежными пунктами профиля не должно превышать один километр. При этом 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.

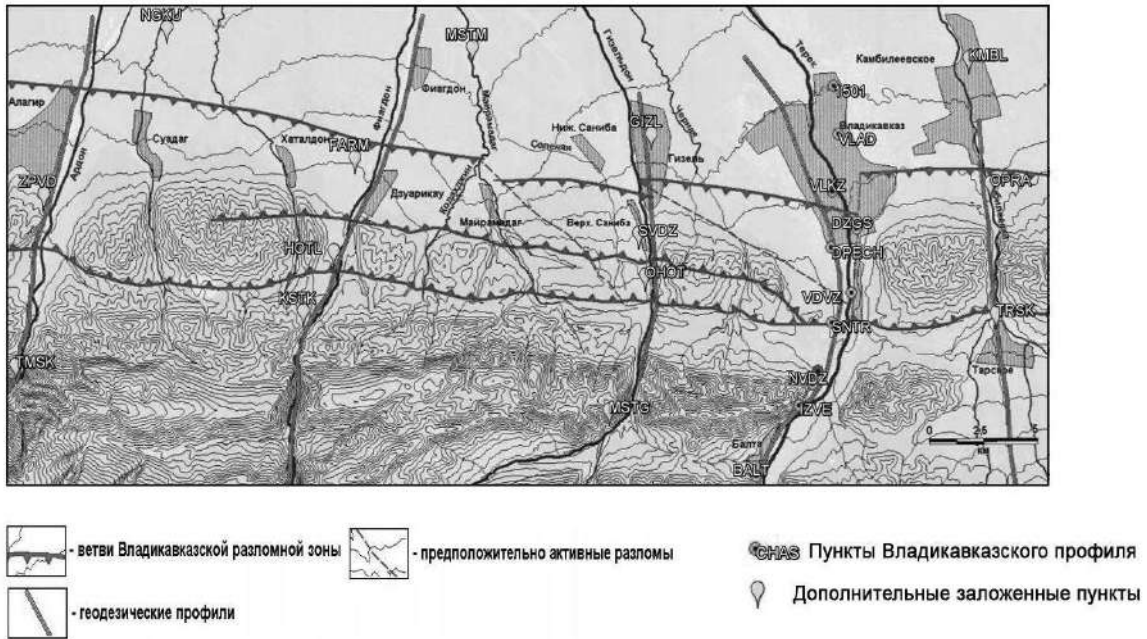


Рис.9. Расположение пунктов Владикавказского геодинимического прогнозного полигона в зоне Владикавказской разломной зоны.

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.

5.3 Радоновый мониторинг

Одним из наиболее информативных геофизических методов используемых при изучении изменений напряженно-деформированного состояния горных пород, является изучение вариаций объемной активности почвенного радона (ОАР). Процесс выделения радона из горных пород контролируется изменением структуры трещинно-порового пространства, которая, в свою очередь зависит от напряженно-деформированного состояния среды. Поскольку среднее время жизни радона около 5 суток, то не происходит накопления радона в поровом пространстве и вариации его содержания адекватно отражают изменения напряженно-деформированного состояния среды [Уткин и др., 2012а,б].

Полученные закономерные изменения объемной активности радона перед тектоническими землетрясениями требуют статистического подтверждения на большем количестве событий. Для России идеальным полигоном для исследования землетрясений является Курило-Камчатский и Кавказский регионы. В 2017 году при поддержке РФФИ на Северном Кавказе на территории Республики Северная Осетия Алания установлены станции радонового монито-

ринга в г.Владикавказ и п. Кармадон (Казбекский вулканический центр), начат цикл непрерывных измерений [Zaalishvili et al., 2018с].

По результатам полученным по отражению изменения геодинамического состояния геологической среды при подготовке тектонических землетрясений для районов с проявлений деформаций изгиба изменения в ОАР и температуре происходят при отношении магнитуды к логарифму расстояния до эпицентра больше 2,5. Можно предположить, что на Северном Кавказа существуют условия горизонтального перемещения блоков земной коры и возникают деформации изгиба. С точки зрения применимости критерия 2,5 на рис. 10 приведен фрагмент записи ОАР наблюдений за период с 27.10.2018 по 18.07.2018 года на установленной в конце 2017 года в г.Владикавказе, радоновой станции. За период наблюдений, на кривых изменения ОАР отмечено 3 участка которые можно связать с процессом подготовки землетрясений. Это периоды с 25.12.2017 по 01.01.2018; с 02.05.2018 по 10.05.2018 и с 31.05 по 06.06.2018. На полученной кривой изменения ОАР (рис. 10) отчетливо выделяется процесс подготовки события 05.06.2018 в Азербайджане с магнитудой 5,3 и на расстоянии около 180 км от Владикавказа. Рассчитанное отношение магнитуды к логарифму расстояния равно 2,4, что позволяет говорить о применимости критерия 2,5 и для территории Северного Кавказа. Последующее землетрясение 29.06.2018 в Грузии, примерно на таком же расстоянии, в изменениях ОАР так явно не отразилось. Отношение магнитуды к логарифму расстояния для этого события меньше 2. Перед событием 01.01.2018 наблюдались характерные изменения ОАР, для процесса подготовки землетрясений, однако критерий Кинга не удалось рассчитать из-за отсутствия данных по расстоянию до эпицентра.

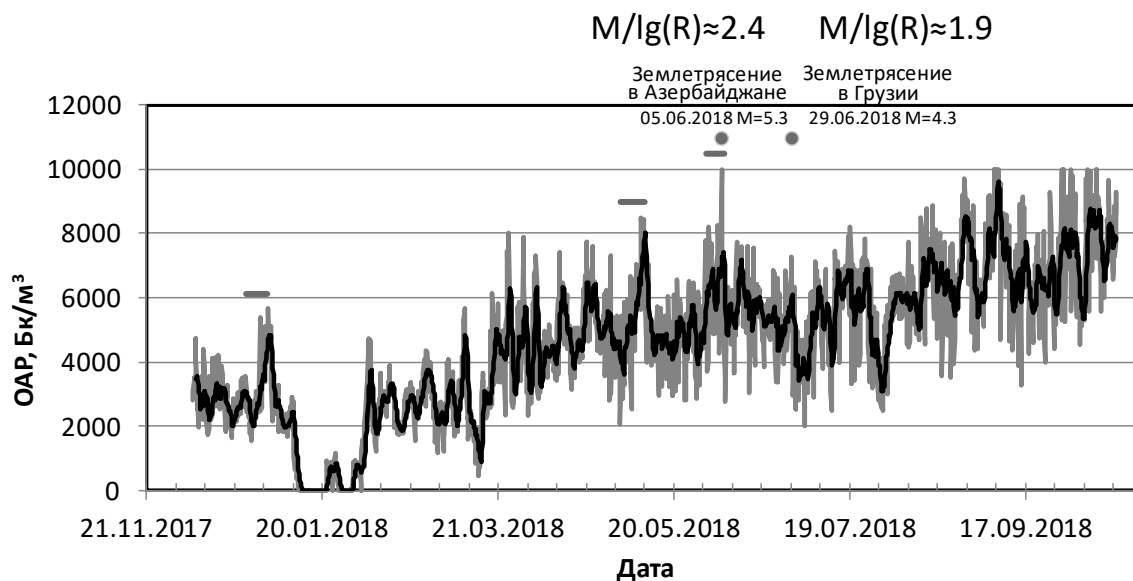


Рис. 10. Запись объемной активности радона на станции Владикавказ период 06.12.2017-06.12.2017.

5.4 Гравиметрические измерения

Первые опорные гравиметрические пункты на Северном Кавказе были заложены в 1994 г. в рамках международного проекта SELF (Sea Level Fluctuations). В 1994 г. совместно со специалистами института IFAG (Германия) были сделаны измерения абсолютных значений силы тяжести баллистическим гравиметром FG5 № 101 в Баксанской подземной обсерватории ГАИШ (Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга) (п. Нейтрино, Кабардино-Балкария) и Зеленчукском филиале Института прикладной астрономии РАН (ст. Зеленчукская, Карачаево-Черкесия) (Wilmes et al., 1994). В настоящее время сеть пунктов повторных

измерений абсолютных значений силы тяжести в Северо-Кавказском регионе покрывает территории трех республик: Карачаево-Черкесию, Кабардино-Балкарию и Северную Осетию, и состоит из семи пунктов: «Зеленчукская», «Нейтрино», «Азау», «Терскол», «Нальчик», «Владикавказ» и «Ардон» [Милуков и др., 2013]. С появлением в России относительных гравиметров Scintrex CG3 и CG5, погрешности относительных измерений стали сравнимы с погрешностями абсолютных гравиметров. Так как затраты на проведение абсолютных гравиметрических измерений практически на порядок превышают затраты на относительные измерения, в ряде задач высокоточной гравиметрии может быть успешно использована съемка относительными гравиметрами [Милуков и др., 2013].

6. Реконструкция процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года по инструментальным сейсмическим данным

На основе инструментальных записей Института в 2003 году, а также станций сопредельной территории, еще в 2004 году, любезно переданных грузинскими коллегами был разработан сценарий основных этапов процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года [Заалишвили и др., 2005].

В октябре 2006 г. благодаря любезности нового руководства ГС РАН были переданы инструментальные записи, полученные по времени в период схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. станциями Северного Кавказа. Это позволило, с одной стороны, проверить и, во многом, подтвердить полученные ранее результаты, а с другой, – существенно развить наши знания. Впрочем, процесс анализа инструментальных данных все еще продолжается.

Наконец после получения в 2010 г. сейсмических записей станций системы наблюдений в районе Зарамагской ГЭС любезно предоставленных А.И. Савичем (ЦСГНЭО) Центр располагает всеми имеющимися уникальными сейсмическими записями процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года.

Анализ имеющихся инструментальных данных показывает соответствие основных этапов, полученных на разных пунктах локальной сети сейсмологических наблюдений РСО-Алания, аналоговых записей сети сейсмологических наблюдений Грузии и цифровых записей станций ГС РАН.

С целью более детального изучения процесса схода ледника Колка были изучены данные сейсмических станций сопредельной территории: Абастумани, Амбролаури, Ахалкалаки, Ахалцихе, Они, Тбилиси, которые были предоставлены нам грузинскими коллегами. Указанные аналоговые записи, полностью охватывают продолжительность суток с 19 по 20 сентября 2002 г. Наиболее полными и качественными являются данные станции Тбилиси (геофизическая обсерватория), отличающиеся наибольшим увеличением.

Анализ каталога землетрясений показал, что 20 сентября 2002 г. перед катастрофическим сходом ледника Колка имело место землетрясение, приуроченное к данному времени. Так, в 15:43:50,3 в районе Западного Ириана (1,68° с.ш., 134,23° в.д.) произошло землетрясение с магнитудой $M_s=6,2$ и глубиной очага $h=33$ км. Сразу обращает на себя внимание хорошее соответствие времен основных фаз волн с этапами схода ледника. Регистрация таких удаленных сигналов вполне возможна указанным типом наблюдений. Более того, даже менее чувствительной локальной сетью наблюдений ЦГИ ВНИЦ РАН неоднократно регистрировались удаленные землетрясения (Китай, Япония и т.д.). В связи с этим, можно предположить, что «спусковым крючком» для схода ледника явилось указанное удаленное землетрясение. По нашему мнению, именно оно обусловило включение наиболее чувствительных станций: Чиколы, Владикавказа 31 и ЦСГНЭО.

Важнейшей задачей для понимания физической сути того или иного процесса является необходимость создания его динамической модели. Полноценность и обоснованность той или

иной модели, в свою очередь, напрямую зависит от надежности и обоснованности исходных эмпирических данных.

Для анализа рассматриваемого движения использовались данные оперативной схемы Кармадонской котловины и верховьев Геналдонского ущелья на 21.09.02 г. [Долгов, Дробышев, 2002], а также космические снимки до и после схода ледника (ASTER, 27.09.02 и 03.10.02). На схеме были выделены особые точки, связанные с изменением условий транзита ледника и зоны поражения (направление движения, угол наклона и т.д.). При этом на записях выделялись собственно воздействия ледово-каменной массы о борта ущелья и рассчитывались расстояния, проходимые ледником между указанными точками. Выделение основных этапов движения ледово-каменной массы по сейсмическим записям, на наш взгляд, наиболее целесообразно проводить по графикам энерговыделения, использованными нами ранее [Заалишвили и др., 2004], и представляющим собой зависимость квадрата скорости колебаний грунтов в точке наблюдения от времени. Предварительно при построении графических материалов записи подвергались стандартному процессу сглаживания в определенном интервале с целью выделения наиболее важных этапов процесса.

Очевидна связь размеров ледово-каменного потока и скорости движения его на различных участках. Для оценки протяженности потока была произведена оценка объемов между соответствующими разрезами, занимаемыми ледово-каменной массой. В результате мы можем оценить динамику изменения протяженности ледово-каменной массы на различных этапах движения (рис. 9).

Таким образом, длина потока на участке после перехода через ледник Майли достигала 5,0–5,5 км и при переходе в зону аккумуляции на конечном этапе движения длина уменьшилась до 3 км. Учитывая, что оценка длины производилась по максимальным объемам, протяженность может быть ещё больше, тем не менее динамика сохраняется и полностью соответствует динамике изменения скорости движения. При переходе к участку с меньшим углом наклона происходит торможение фронтальной части, в то время как тыловая часть продолжает двигаться с большей скоростью, в результате чего протяженность потока уменьшается.

Одним из вопросов, представляющих научный и практический интерес, является оценка уровня воздействия ледово-каменной массы ледника Колка 20 сентября 2002 г. на горную породу в месте удара, т.е. оценка динамической интенсивности воздействия на горную породу. В процессе исследования макросейсмического проявления окрестностей зоны транзита ледника Колка в сентябре 2002 г., нами в июле 2005 г. было, в частности, обследовано единственное 5-ти этажное жилое здание в с. Верхнее Кани, расположенное в непосредственной близости от места удара ледово-каменной массы.

Схема сейсмических изосейст события по результатам макросейсмического обследования района схода ледника Колка в 2005 г. представлена на рис. 10.

Предполагается направленность областей изосейст в соответствии с направлением удара. В условиях горного рельефа эти области, несомненно, будут сильно искажаться. Также направленность воздействия, вероятно, значительно влияет на картину распределения интенсивностей, что выражается в зависимости от азимута на источник. В этой связи важно отметить, что обследованные населенные пункты Кани, Тменикау, Ламардон, Джимара расположены фактически в одном направлении и позволяют достаточно достоверно проследить изменение интенсивности с расстоянием. Необходимо учитывать близость с. Тменикау к зоне транзита, поэтому сейсмическое воздействие описываемое респондентами, возможно в первую очередь относится к воздействию движущейся массы на борта ущелья. Отсутствие данных в рассказах респондентов по удару (ударам) обусловлено сильнейшим шумом близ проходящего потока.

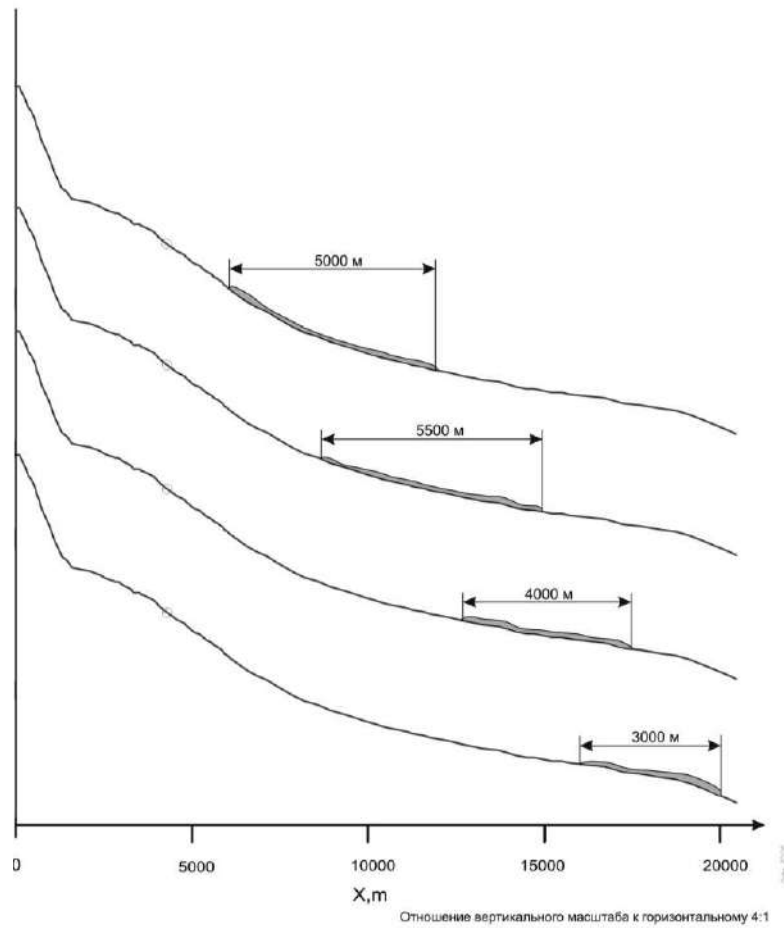


Рис. 9. Динамика изменения длины ледово-каменной массы на различных этапах движения.

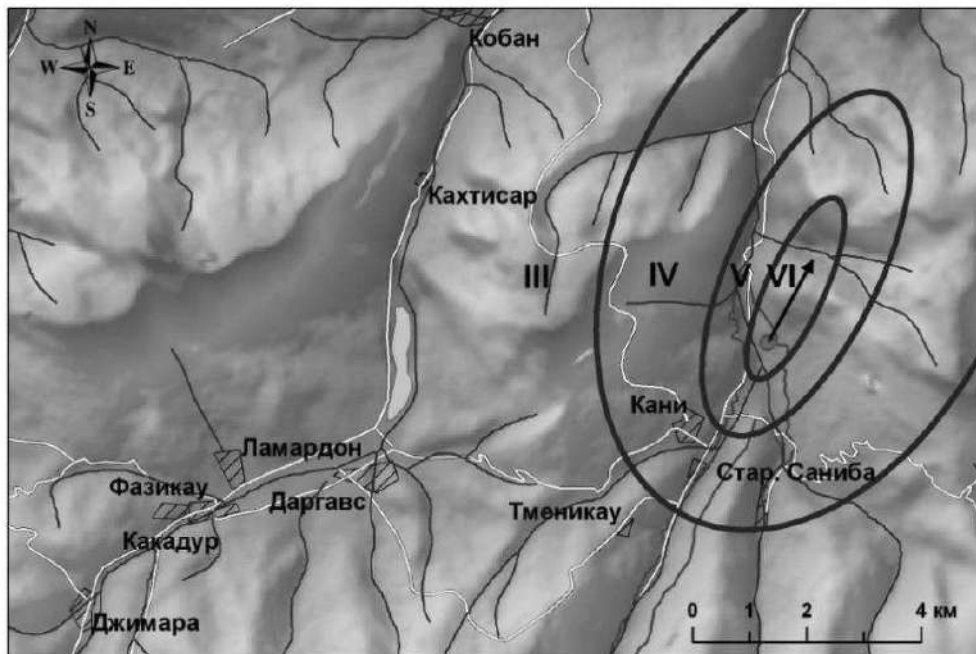


Рис. 10. Изосейсты сейсмического события связанного со сходом ледника Колка 20.09.02 г. (стрелкой обозначено направление воздействия)

Выводы

1. Российско-грузинская школа инженерной сейсмологии активно развивается в Геофизическом институте.

2. После реорганизации и фактического закрытия ИСМИС в 2010 году, академическим центром грузинской школы инженерной сейсмологии в той или иной мере, наряду с Грузинской ассоциацией сейсмостойкого строительства и инженерной сейсмологии, по сути стал Геофизический институт ВНИЦ РАН.

3. Опасные природные и техногенные геологические процессы вносят свой заметный, нередко, значительный вклад в формирование опасных экологических явлений. Особое место здесь, безо всякого сомнения, занимают последствия сильных и даже умеренных землетрясений. Опасные природные и техногенные геологические процессы вносят свой заметный, нередко, значительный вклад в формирование опасных экологических явлений. Особое место здесь, безо всякого сомнения, занимают последствия сильных и даже умеренных землетрясений. Это показывает актуальность изучения землетрясений с точки зрения их экологической опасности, особенно для таких плотно заселенных областей, как Кавказ.

4. Комплексный подход, основанный на современных достижениях инженерной сейсмологии, позволяет значительно повысить адекватность или обоснованность оценок и снизить погрешности сейсмостойкого проектирования и строительства.

5. Создание карт сейсмической опасности детального сейсмического районирования (ДСР) для субъектов Северного Кавказа в масштабе 1:200 000 позволит, связав воедино в одну общую сеть зоны ВОЗ, создать вполне обоснованную с геологических и геофизических позиций карту ДСР Северного Кавказа и даже всего Кавказа.

6. На основе вероятностных карт ДСР путем использования современных методов и способов СМР создаются вероятностные карты сейсмического микрорайонирования территорий городов и населенных пунктов - непосредственной основы сейсмостойкого проектирования и строительства не формально, а с учетом особенностей того или иного региона.

7. Путем использования, как основы 5% вероятностной карты Северной Осетии, которая соответствует повторяемости 1000 лет, была разработана 5% вероятностная карта сейсмического микрорайонирования территории г. Владикавказа, предназначенная для массового строительства.

8. В связи с активизацией опасных природных процессов на Кавказе и, в частности, сходом ледника Колка 20 сентября 2002 года в конце 2003 года была сформирована сеть комплексных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон».

9. Целью создания сети «Кармадонский параметрический полигон» является разработка концепции безопасности населения горных регионов и создание эталонных сценариев опасных геологических процессов.

10. Комплексная система наблюдений включает в себя сейсмологические, геодинамические и гравиметрические наблюдения, а также радоновый мониторинг.

11. Сейсмологические наблюдения с 2006 года реализуются на территории Северной Осетии отечественными регистраторами «Дельта-Геон»-2М со службой точного времени за счет использования GPS и необходимой продолжительностью регистрации записей движений.

12. С целью развития Северо-Кавказской региональной сети стационарных станций наблюдения спутников GPS/ГЛОНАСС и получения площадных данных в здании Геофизического института в 2008 г. была заложена стационарная станция «Владикавказ».

13. В 2008 году в здании Геофизического института был также заложен гравиметрический пункт «Владикавказ», оснащенный современным гравиметром Scintrex CG-5.

14. В 2010 году для повышения качества измерений были проведены дополнительные относительные гравиметрические измерения на абсолютных гравиметрических пунктах.

15. На основе обработки цифровых инструментальных записей, установлены основные этапы процесса схода ледника Колка.

16. Уточнены основные этапы движения ледово-каменной массы по сейсмологическим данным. Выделено 15 особых точек процесса схода.

17. Выполнена оценка скорости и ускорения движения на различных этапах, характер изменения скорости и ускорения совпадает с особенностями рельефа местности (крутизны склона, поперечного сечения) вдоль трассы. Их величина имела значения 57,2 м/с; 105,8 м/с; 49,4 м/с и 24,8 м/с и соответственно ускорение ледово-каменной массы по мере движения изменялось следующим образом 0,79 м/с; 0,87 м/с; -0,58 м/с; -0,65 м/с.

18. Основные значения мгновенных скоростей движения хорошо соответствуют модели, рассматривающей движение ледника в виде лавины.

19. Установлено, что в процессе схода ледника длина ледово-каменного потока изменялась от 5 км до 3 км при высоте тела ледника 150–200 м.

20. Согласно данным макросейсмического обследования территории в окрестностях удара (район вблизи Кармадонских ворот) было установлено, что проявление в районе с. Верхнее Кани составило не более 5 баллов.

21. Сейсмическая интенсивность проявления в районе максимального удара составляла 6 баллов по шкале MSK-64. Соответствующая этой интенсивности магнитуда сейсмического события $M=2,0$. Оценка интенсивности по инструментальным данным соответствует результатам макросейсмического обследования территории схода л. Колка.

22. Проявление события имеет, несомненно, локальный характер из-за высокочастотного спектра колебаний и расположения источника непосредственно на поверхности Земли.

23. Направленность воздействия (под углом 15–25° от направления на север) и условия рельефа местности, вероятно, привели к значительному искажению исходного макросейсмического поля.

24. Несоответствие ожидаемого сейсмического эффекта в результате воздействия ледово-каменного потока на склон ущелья, оцениваемого по полной кинетической энергии, реально наблюдаемым проявлениям (макросейсмическим и инструментальным) объясняется рядом факторов, и, в первую очередь, неупругостью удара обусловленной составом потока, протяженностью потока и изменением геоморфологических условий в зоне разгрузки. Следует также отметить, что используемые в сейсмологии формулы, получены для землетрясений и рассматривались нами исключительно в качестве оценочных соотношений.

25. Таким образом, на территории РСО-Алания сформирована современная система наблюдений, позволяющая достаточно полноценно решать прогностические проблемы опасных природно-техногенных процессов и смягчения рисков различной природы.

Литература

1. Геодакян Э.Г., Карапетян Дж.К., Заалишвили В.Б., Оганесян С.М., Саргсян С.Н. Спектральный анализ сейсмических воздействий в ближней зоне сильного землетрясения и особенности проявления // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 4. С. 164-171.

2. Гогмачадзе С.А. Заалишвили В.Б. и российско-грузинская школа инженерной сейсмологии. – Владикавказ - ГФИ ВНИЦ РАН, 2015., 551с.

3. Долгов Г.А., Дробышев В.Н. Оперативная схема Кармадонской котловины и верховьев Геналдонского ущелья на 21.09.02 г. Катастрофическая подвижка ледника Колка. Масштаб 1:10 000. ФГУП Севосгеологоразведка, Владикавказ, 2002.

4. Заалишвили В.Б. Габеева И.Л. Использование различных расчетных способов для адекватного учета влияния рельефа на формирование интенсивности землетрясения // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Центр геофизических исследований, Заалишвили В.Б. (редактор). 2010б. С. 261-281.

5. Заалишвили В.Б. Измерительная и регистрирующая аппаратура для сейсмического микрорайонирования // Измерительная техника. 2015а. № 12. С. 11-16.
6. Заалишвили В.Б. Исследование сейсмических волн, возбуждаемых искусственными источниками // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2015б. № 3. С. 21-32.
7. Заалишвили В.Б. Нелинейные свойства грунтов (часть вторая) // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2015г. № 6. С. 48-58.
8. Заалишвили В.Б. Нелинейные свойства грунтов (часть первая) // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2015в. № 4. С. 22-37.
9. Заалишвили В.Б. Оценка сейсмической опасности грунтов // В сборнике: Избранные статьи профессора О.А. Савинова и ключевые доклады, представленные на шестые Савиновские чтения. К столетию Савинова Олега Александровича. Санкт-Петербург, 2010а. С. 141-184.
10. Заалишвили В.Б. Поперечные сейсмические волны в грунте возбуждаемые поверхностным газодинамическим импульсным источником // Сообщения АН ГССР, т.102, №3, май. - Тбилиси, 1981, С.373-376
11. Заалишвили В.Б. Развитие представлений о факторах, формирующих сейсмическую опасность на примере эволюции карт сейсмического микрорайонирования территории г. Владикавказа // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2018. Т. 3. № 5 (13). С. 5-20.
12. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование по данным искусственного возбуждения колебаний грунтовой толщи. Автореферат канд. диссертации. Институт Геофизики АН ГССР, Тбилиси, 1986, 23 с.
13. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. – М.: - Наука, 2009. 350с.
14. Заалишвили В.Б. Современное состояние и проблемы инженерной сейсмологии: детальное сейсмическое районирование и сейсмическое микрорайонирование // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2017. № 4 (30). С. 34-35.
15. Заалишвили В.Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования. М.: ОИФЗ РАН, 2000. – 367 с.
16. Заалишвили В.Б., Габеева И.Л. Оценка приращения балльности по инструментальным данным // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012и. С. 290-294.
17. Заалишвили В.Б., Габеева И.Л., Мельков Д.А. Формирование сейсмической интенсивности в горных районах // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012з. С. 284-289.
18. Заалишвили В.Б., Джгамадзе А.К. Инженерно-геологическое районирование города Алагир (РСО-Алания) // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012а. С. 230-234.
19. Заалишвили В.Б., Джгамадзе А.К., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф., Габеева И.Л., Дзедобоев Б.А., Кануков А.С., Шепелев В.Д. уточнение инженерно-геологических условий территории с помощью микросейсм (на примере населенных пунктов республики Северная Осетия-Алания) // Геология и геофизика Юга России. 2015б. № 1. С. 5-20.
20. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В. Вероятностная карта сейсмической опасности, в том числе сейсмического микрорайонирования с учетом нелинейных свойств // В книге: Наука и высшая школа Чеченской Республики: перспективы развития межрегионального и международного научно-технического сотрудничества. Межрегиональный Пагуошский симпозиум, тезисы докладов. главный редактор: Гапуров Ш.А., 2010в. С. 277-279.
21. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В. Методы оценки сейсмической опасности территории // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Центр геофизических исследований, Заалишвили В.Б. (редактор). 2010д. С. 284-300.
22. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф. Оценка сейсмической опасности территории и построение вероятностных карт // Геология и геофизика Юга России. 2011ж. № 1. С. 48-58.
23. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Чотчаев Х.О. Учет нелинейных свойств грунтов в условиях просадочности // 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. 2011а. С. 319-325.

24. Заалишвили В.Б., Кануков А.С. Рейтинговая оценка грунтовых условий и сейсмический риск территории // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012б. С. 247-254.

25. Заалишвили В.Б., Кануков А.С., Мельков Д.А., Тотиева Ж.Д. Учет нелинейных явлений при интенсивных сейсмических нагрузках // В сборнике: Современное состояние и пути развития Юга России. материалы региональной научной конференции. главный редактор: Г.Г. Матишов. 2007. С. 498-503.

26. Заалишвили В.Б., Лолаев А.Б., Баскаев А.Н. Особенности сейсмического микрорайонирования строительных площадок на слоистых грунтовых основаниях // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Центр геофизических исследований, Заалишвили В.Б. (редактор). 2010ж. С. 328-331.

27. Заалишвили В.Б., Магкоев Т.Т., Мельков Д.А., Морозов Ф.С. Механизмы формирования нелинейно-неупругих явлений обусловленных нано-размерными частицами среды при интенсивных воздействиях // Геология и геофизика Юга России. 2016б. № 1. С. 48-60.

28. Заалишвили В.Б., Макиев В.Д. Об особенностях обработки велосиграмм на сейсмических станциях // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012в. С. 255-260.

29. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Спектрально-временные образы сейсмических воздействий на основе эмпирических данных сильных землетрясений // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017. № 70. С. 21-29.

30. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Габараев А.Ф., Дзедобоев Б.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев 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. 2011в. С. 335-342.

31. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Габеева И.Л., Кануков А.С., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф. Влияние рельефа на приращение сейсмической интенсивности по данным анализа исследований микросейсм и математического моделирования // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Центр геофизических исследований, Заалишвили В.Б. (редактор). 2010е. С. 307-312.

32. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзедобоев Б.А., Габараев А.Ф., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Исследование спектральных особенностей проявления землетрясений на территории г. Владикавказа с помощью микросейсм // В сборнике: Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. Сборник работ молодых ученых. 2011г. С. 61-65.

33. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В. Влияние величины мощности грунтовой толщи на сейсмический эффект землетрясения // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2018г. Т. 3. № 6 (14). С. 22-32.

34. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В. Использование дробных значений величин сейсмической интенсивности в инженерной сейсмологии // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2016а. № 2. С. 52-60.

35. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Габараев А.Ф., Чотчаев Х.О., Шепелев В.Д. Сейсмическое микрорайонирование площадки проектируемой Чири-Юртской ГЭС // В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции. 2015а. С. 156-165.

36. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С. К вопросу оценки амплитуд колебаний в способе регистрации землетрясений // 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. 2011б. С. 327-335.

37. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Макиев В.Д. Макросейсмическое проявление сейсмических событий, обусловленное влиянием грунтовых условий и формирование карт сейсмического микрорайонирования // Геология и геофизика Юга России. 2018б. № 1. С. 48-55.
38. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Макиев В.Д. Макросейсмическое проявление сейсмических событий различной интенсивности на территории г. Владикавказ // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2018в. Т. 3. № 6 (14). С. 10-21.
39. Заалишвили В.Б., Невская Н.И. Задачи инженерной сейсмологии и сейсмического строительства в республике Северная Осетия-Алания // Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе. Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А, Владикавказский научный центр РАН и РСО-А. 2005. С. 27-30.
40. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Харебов А.К. Анализ инструментальных записей схода ледника Колка по данным локальной сети сейсмических наблюдений // Вестник Владикавказского научного центра. 2004, Т. 4, № 3. С. 58–64.
41. Заалишвили В.Б., Отиашвили М.Г. Расчет колебаний нелинейной поглощающей грунтовой среды способом многократно-отраженных волн сейсмического микрорайонирования // В книге: Наука и высшая школа Чеченской Республики: перспективы развития межрегионального и международного научно-технического сотрудничества. Межрегиональный Пагуошский симпозиум, тезисы докладов. Главный редактор: Гапуров Ш.А., 2010г. С. 284-287.
42. Заалишвили В.Б., Реквава П.А., Мельков Д.А. Развитие сейсмостойкого строительства на горных территориях Северной Осетии на основе новой региональной кривой коэффициента динамичности // Устойчивое развитие горных территорий. 2018а. Т. 10. № 4 (38). С. 509-517.
43. Заалишвили В.Б., Рогожин Е.А. Оценка сейсмической опасности территории на основе современных методов детального районирования и сейсмического микрорайонирования // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2011. № 3. С. 31-43.
44. Заалишвили В.Б., Рогожин Е.А. Оценка сейсмической опасности территории на основе современных методов детального районирования и сейсмического микрорайонирования // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2011е. № 3. С. 31-43.
45. Заалишвили В.Б., Тер-Ованесов К.М. Способ многократно отраженных волн в сейсмическом микрорайонировании // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012г. С. 261-266.
46. Заалишвили В.Б., Туаева Ж.Д. Механизмы формирования нелинейно-упругих и неупругих процессов в реальных дисперсных средах при интенсивных динамических воздействиях // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Центр геофизических исследований, Заалишвили В.Б. (редактор). 2010з. С. 332-343.
47. Заалишвили В.Б., Харебов К.С., Харебов А.К. Частотные характеристики сильных грунтовых движений вблизи источника // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012ж. С. 279-283.
48. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О., Дзеранов Б.В., Кануков А.С. Учёт нелинейных свойств грунтов в условиях их просадочности // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Центр геофизических исследований, Заалишвили В.Б. (редактор). 2010ж. С. 321-327.
49. Заалишвили В.Б., Шепелев В.Д. Сейсмическое микрорайонирование, как основа создания современных сценариев землетрясений // В сборнике: Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. Сборник работ молодых ученых. 2011д. С. 76-82.
50. Заалишвили В.Б., Шепелев В.Д., Мельков Д.А. Особенности проведения сейсмического микрорайонирования в условиях отсутствия надежных детальных инженерно-геологических данных территории // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012д. С. 267-274.
51. Заалишвили В.Б., Шепелев О.Д. Предварительные замечания к анализу зависимости макросейсмической интенсивности от параметров движения грунта // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012е. С. 275-278.

52. Калмахелидзе С.С., Гогмачадзе С.А., Заалишвили В.Б., Одишария А.В. Сейсмическое микро-районирование территории г.Кутаиси. Машинопись. Труды ИСМИС АН Грузии, Тбилиси, 1974. 160 с.
53. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. Сейсмотектонические и геодинамические особенности дагестанского сектора Восточного Кавказа // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2015. № 4 (39). С. 127-135.
54. Мамаев С.А. Оценка статистической динамической модели здания и статистической модели сейсмического воздействия на основе инженерно-сейсмометрической информации // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт комплексных проблем строительных конструкций и сооружений им. В.А.Кучеренко. Москва, 1991.
55. Мамаев С.А. Экспериментальные исследования динамических свойств грунтов геофизическими методами и их инженерно-геологическая интерпретация при уточнении сейсмичности площадки строительства // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2006. № 50. С. 222-230
56. Мамаев С.А., Таймазов Д.Г., Магомедов Р.А., Магомедов Ю.М., Магомедов А.Г., Никуев Р.Ю. Наблюдения за микросейсмической эмиссией на территории Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2009. № 55. С. 279-281.
57. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. М., Госстройиздат, 1962, 284с.
58. Медведев С.В., Бунэ В.И., Гзелишвили И.А., Пирузян С.А., Самков Б.Н. и др. Инструкция по проведению сейсмического микрорайонирования. // Вопросы инженерной сейсмологии. М.: Наука, 1962, С.112-122
59. Миллюков В.К., Юшкин В.Д., Заалишвили В.Б., Кобаев А.В., Миронов А.П., Демьянов Г.В., Сермягин Р.А., Басманов А.В., Попадьев В.В., Насретдинов И.Ф., Кануков А.С., Дзеранов Б.В. Мониторинг современных вертикальных движений Северного Кавказа абсолютными и относительными гравиметрами // Измерительная техника. 2013. № 10. С. 10-14.
60. Напетваридзе Ш.Г. Некоторые задачи инженерной сейсмологии. Тбилиси, Мецниереба, 1973, 161с.
61. Одишария А.В., Заалишвили В.Б. Использование мощного вибрационного источника при сейсмическом микрорайонировании // Строительство и архитектура. № 2. Тбилиси: Груз. НИИТИ, 1987. С. 15-20.
62. Палеосейсмогеология Большого Кавказа. М.: Наука, 1979. 188 с.
63. 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.
64. Рогожин Е.А. Сейсмотектоника центрального сектора Большого Кавказа как основа для сейсмического мониторинга и оценки сейсмической опасности. // Вестник Владикавказского научного центра. 2009, т.9, № 4, с. 16-22.
65. Рогожин Е.А., Страхов В.Н., Юнга С.Л. Новая концепция прогноза землетрясений // Комплексование сейсмологических и наземно-космических геофизических методов в целях среднесрочного и краткосрочного прогноза землетрясений. ОИФЗ РАН. 1999.
66. Самков Б.Н., Гогмачадзе С.А., Заалишвили В.Б., Одишария А.В. Сейсмическое микрорайонирование территории г.Тбилиси. Машинопись. Труды ИСМИС АН Грузии, Тбилиси, 1974. 159 с.
67. Самков Б.Н., Жапаури Г.Г., Заалишвили В.Б. Акселерограмма Дманисского землетрясения от 2 января 1978 г. записанная в г. Тбилиси на грунте и соответствующие спектры Фурье и реакции // «Дманисское землетрясение 2 января 1978 г.». - М., Наука, 1982, С. 127-131.
68. Сафарян А.Н. Вопросы сейсмического микрорайонирования // Отчет Ин-та строительного дела АН ГССР (Машинопись). Тбилиси, 1954. 262с.
69. Уткин В.И., Козлова И.А., Юрков А.К. Мониторинг района как индикатор возможного тектонического события // Геология и геофизика Юга России. 2012а. № 4. С. 3-7.
70. Уткин В.И., Юрков А.К., Цурко И.А. Вариации неравномерного вращения земли как триггирующий фактор сейсмичности планеты // Геология и геофизика Юга России. 2012б. № 1. С. 3-13.
71. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А. О перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана // В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе. Труды IV Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Заалишвили В.Б. редактор. 2011. С. 224-235.

72. Черкашин В.И., Дорофеев В.М., Крамынин П.И., Магомедов Р.А., Мамаев С.А., Никуев Р.Ю. Организация инженерно-сейсмометрической службы в Республике Дагестан // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 14. С. 25-37.
73. Чернов Ю.К., Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В. Модели сейсмичности для вероятностного детального сейсмического районирования территории РСО-Алания // Геология и геофизика Юга России. 2018. №4. С. 162-178.
74. Чернов Ю.К., Заалишвили В.Б., Чернов А.Ю. Моделирование сильных движений грунта для прогнозирования вероятных сейсмических воздействий на территории РСО-Алания // Физика Земли. 2020. № 5. С. 46-58.
75. Шарапов В. Г. и др. Отчет о сейсмическом микрорайонировании территории г. Владикавказа, Машинопись. Пятигорск 1991. 127 с.
76. Ganapathy G.P., Zaalishvili V.B., Mel'kov D.A., Dzeranov B.V., Chandrasekaran S.S. Mapping of soil liquefaction potential susceptibility for urban areas // Geology and Geophysics of the South of Russia. 2018a. № 3. С. 106-115.
77. Ganapathy G.P., Zaalishvili V.B., Mel'kov D.A., Svalova V.B., Nikolaev A.V. GIS approach geo-spatial application for seismic microzonation study // Geology and Geophysics of the South of Russia. 2018b. № 3. С. 116-136."
78. Magkoev T.T., Zaalishvili V.B., Tuaeв G.E. The influence of external pulse-vibrational loadings on the atomic-molecular motion in real soils // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. 2020. С. 012076.
79. Sawires R., Peláez J.A., Fat-Helbary R.E., Ibrahim H.A., García Hernández M.T., Ramírez-Rojas A., Moreno-Torres L.R., Páez- Hernández R.T., Reyes-Ramírez I., Zaalishvili V.B., Muñoz-Diosdado A., Huang Ya.Ya., Kurzych A., Teisseyre K.P., Krajewski Z., Jaroszewicz L.R., Tosun H., Zhang Y., Stamatopoulos K.A., Kuo M.Ch.T. et al. Earthquake engineering - from Engineering seismology to optimal seismic design of engineering structures // Rijeka, 2015.
80. Zaalishvili V.B. Assessment of seismic hazard of a territory // В книге: Earthquake Engineering - From Engineering Seismology to Optimal Seismic Design of Engineering Structures. Sawires R., Peláez J.A., Fat-Helbary R.E., Ibrahim H.A., García Hernández M.T., Ramírez-Rojas A., Moreno-Torres L.R., Páez- Hernández R.T., Reyes-Ramírez I., Zaalishvili V.B., Muñoz-Diosdado A., Huang Ya.Ya., Kurzych A., Teisseyre K.P., Krajewski Z., Jaroszewicz L.R., Tosun H., Zhang Y., Stamatopoulos K.A., Kuo M.Ch.T. et al. Rijeka, 2015. С. 73-109.
81. Zaalishvili V.B. Measurement and recording equipment for seismic microzoning // Measurement Techniques. 2016a. Т. 58. № 12. С. 1297-1303.
82. Zaalishvili V.B., Melkov D., Kanukov A.S., Dzeranov B.V. Spectral-temporal features of seismic loadings on the basis of strong motion wavelet database // International Journal of GEOMATE. 2016b. Т. 10. № 1. С. 1656-1661.
83. Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Kanukov A.S., Dzeranov B.V., Shepelev V.D. Application of microseismic and calculational techniques in engineering-geological zonation // International Journal of GEOMATE. 2016c. Т. 10. № 1. С. 1670-1674.
84. Zaalishvili V.B., Melkov D., Gabeeva I.L. Expected seismic intensity assessment taking into account local topography site effect // International Journal of GEOMATE. 2016d. Т. 10. № 1. С. 1680-1686.
85. Zaalishvili V.B. Spectral characteristics of seismic waves at strong ground motions // International Journal of GEOMATE. 2016e. Т. 10. № 2. С. 1706-1717.
86. Zaalishvili V.B., Melkov D.A. Wavelet based synthetic accelerograms simulation technique // В сборнике: 16th European Conference on Earthquake Engineering. Conference proceedings: electronic edition. 2018a.
87. Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Dzeranov B.V., Burdzieva O.G. Complex probabilistic seismic hazard assessment: north ossetia-alania case study // В сборнике: 16th European Conference on Earthquake Engineering. conference proceedings: electronic edition. 2018b.
88. Zaalishvili V., Chernov Y.K. Methodology of detailed assessment of the seismic hazard of the republic of North Ossetia-Alania // Open Construction and Building Technology Journal. 2018c. Т. 12. С. 309-318.
89. Zaalishvili V.B., Yurkov A.K., Melkov D.A., Kozlova I.A., Kanukov A.S., Demezhko D.Yu., Morozov F.S. Assessment of sensitivity zone of radon and temperature measurements in study of process of tec-

tonic earthquakes preparation // Proceedings of the VIII Science and Technology Conference "Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geo-ecology of the North Caucasus" (CIGGG 2018). Сер. "Advances in Engineering Research" 2019d. pp. 338-342.

90. Zaalishvili V., Kanukov A., Melkov D., Burdzieva O. Seismic risk of modern city // Open Construction and Building Technology Journal. 2019a. Т. 13. № 1. С. 308-318.

91. Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Kanukov A.S. *Spectral features of the microseismic field of the urbanized territory* // Akustika. 2019b. Т. 32. С. 279-283.

92. Zaalishvili V.B., Burdzieva O.G., Kanukov A.S., Melkov D.A., Dzeranov B.V. Seismic risk of modern city // В книге: The Second Eurasian RISK-2020 Conference and Symposium. Innovations in Minimization of Natural and Technological Risks. Minimization of the Most Prevalent Project Risks in the Oil and Gas Industry. Abstracts. 2020a. С. 88-89.

93. Zaalishvili V.B., Pinar A., Erdik M., Burdzieva O.G., Melkov D.A. Issues of seismic risk assessment of vladikavkaz city // Geology and Geophysics of the South of Russia. 2020b. Т. 10. № 3. С. 94-113.

94. Jyun-Yan H., Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Chun-Hsiang K., Kuo-Liang W., Chun-Te Ch. Progress of soil nonlinearity researches of recent years in Russia and Taiwan // Geology and Geophysics of the South of Russia. 2020. Т. 10. № 2. С. 95-112.

УДК 550.34

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-75-81

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ПЛОЩАДНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ
ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВТаймазов Д.Г.^{1,2}¹Единая геофизическая служба РАН,²Институт геологии ДФИЦ РАН

В статье теоретически обоснована возможность прогнозирования места, силы и времени землетрясений по повторным площадным наблюдениям высокочастотных сейсмических шумов с использованием резонансных сейсмоакустических приемников сканирующего типа.

Ключевые слова: деформации, механические напряжения, высокочастотные сейсмические шумы, очаговая зона землетрясения, энергетические классы, время подготовки, прогноз.

ON THE POSSIBILITY OF EARTHQUAKE FORECAST ON AREA OBSERVATIONS
OF HIGH-FREQUENCY SEISMIC NOISESTaymazov^{1,2}D.G.¹Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences,²Institute of Geology, DPRC RAS

Abstract: the article theoretically substantiates the possibility of predicting the place, strength and time of earthquakes based on repeated areal observations of high-frequency seismic noises using scanning-type resonant seismoacoustic receivers.

Keywords: deformations, mechanical stresses, high-frequency seismic noises, earthquake focal zone, energy classes, preparation time, forecast.

Введение

В своих работах [1-9] мы предложили алгоритм и программу прогнозирования координат очага, магнитуды и времени ожидаемого сильного землетрясения по площадным наблюдениям деформаций или тесно связанных с ними других геофизических параметров, например уровня микросейсмической эмиссии. В работах [1-3,5,8,9] мы сосредоточились в основном на сдвиговых деформациях ε_{τ} , а в работах [4, 6, 7] – на площадных наблюдениях микросейсмической эмиссии, наиболее тесно связанной с деформационными процессами. В последних работах [8,9] теоретически, с использованием известных эмпирических соотношений [10], обосновывается возможность прогнозирования места, силы и времени сильных землетрясений по площадным наблюдениям геополей и описывается алгоритм его реализации, названный нами «Нуро-centre-1», в котором устранены указанные выше недостатки алгоритма OchagZeml [1-7]. Но этот алгоритм предполагает трудо- и ресурсоемкие площадные режимные геодеформационные наблюдения на сейсмоактивной территории, что не всегда приемлемо.

В настоящей работе обсуждается возможность замены в этом варианте алгоритма деформационных наблюдений эпизодическими площадными наблюдениями высокочастотных сейсмических шумов (ВСШ) с использованием предложенного нами широкополосного резонансного сейсмоприемника [11,12]. Основная идея заключается в использовании зависимости собственных частот «звучания» горных пород или, другими словами, спектральной плотности интенсивности ВСШ от механических напряжений в породах. Такая зависимость подтверждается тем фактом, что частота подземных звуков увеличивается с глубиной [13], т.е. с увеличением геостатического давления, а следовательно, и напряжений, а также общефизической законо-

мерностью, заключающейся в том, что с ростом механических напряжений σ в объекте растет его собственная частота f , причем эта зависимость имеет вид

$$f \sim \sqrt{\sigma/\rho}, \quad (1)$$

где ρ – плотность объекта. В случае горных пород рост собственных частот с увеличением напряжений сжатия с глубиной происходит по двум основным причинам – за счет уменьшения коэффициента поглощения ВСШ в уплотненных породах и за счет увеличения нормальных напряжений и, как следствие, трения между бортами микротрещин, которые собственно и являются источниками ВСШ.

Поскольку в предлагаемом алгоритме рассматривается только стадия накопления упругой энергии в ОЗ, т.е. стадию до начала разрушения пород, то мы в дальнейшем будем полагать, что упомянутая закономерность и соотношение (1) справедливы и для случая тангенциальных напряжений.

Алгоритм прогнозирования координат очага землетрясения

Распределение упругой составляющей сдвиговой деформации $\varepsilon_\tau(r)$ в окрестности тангенциально нагруженной, в первом приближении шарообразной, очаговой зоны (ОЗ) готовящегося землетрясения может быть задано выражением [8,9,14].

$$\varepsilon_\tau(r) \approx \varepsilon_\tau(0) \cdot V/r^3, \quad (2)$$

где $\varepsilon_\tau(0)$ – упругая составляющая сдвиговых деформаций в центре ОЗ, $\varepsilon_\tau(r)$ – то же на расстоянии r от центра ОЗ, V – объем ОЗ. Как и в [8,9], примем для всего объема ОЗ $\bar{\varepsilon}_\tau \approx \varepsilon_\tau(0) \approx \varepsilon_{cr}$, где $\varepsilon_{cr} \approx 10^{-4}$ – среднее значение деформации разрушения для горных пород, а вне ОЗ будем использовать формулу (2). Для точек, лежащих на поверхности Земли, $r = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$, где Δ – эпицентральное расстояние, h – глубина очага, и формула (2) принимает вид.

$$\varepsilon_\tau(\Delta, h) \approx \frac{\varepsilon_{cr} \cdot V}{(\Delta^2 + h^2)^{3/2}}. \quad (3)$$

Поскольку речь идет об упругих деформациях, характерных для стадии накопления в очаговой зоне (ОЗ) напряжений, мы можем, используя закон Гука

$$\sigma_\tau = G \varepsilon_\tau, \quad (4)$$

где σ_τ – тангенциальные напряжения, G – модуль сдвига, перейти от деформаций к механическим напряжениям:

$$\sigma_\tau(\Delta, h) \approx \frac{\sigma_{cr} V}{(\Delta^2 + h^2)^{3/2}}. \quad (5)$$

Здесь $\sigma_\tau(\Delta, h)$ – тангенциальные напряжения в породах в эпицентре, σ_{cr} – критические напряжения разрушения горных пород, для которого, как и для деформаций, выполняется приближенное соотношение $\bar{\sigma}_\tau \approx \sigma_\tau(0) \approx \sigma_{cr}$, где $\sigma_\tau(0)$ – сдвиговые напряжения в центре очаговой зоны. Это означает, что рост упругой энергии в ОЗ при подготовке землетрясений происходит не за счет роста напряжений в ней, а за счет увеличения его объема V .

Далее, в соответствии с основной идеей предлагаемого алгоритма, для косвенных оценок тангенциальных напряжений в области подготовки прогнозируемых землетрясений используются частоты f , на которые в каждом пункте наблюдений приходятся максимальные спектральные плотности интенсивности ВСШ. Тогда, с учетом (1), соотношение (5) принимает вид

$$f^2(\Delta, h) \approx \frac{f_{cr}^2 V}{(\Delta^2 + h^2)^{3/2}}. \quad (6)$$

Для реализации предлагаемого алгоритма прогнозирования землетрясений на контролируемой территории предполагается создание сети пунктов наблюдения ВСШ с использованием предложенных нами широкополосных резонансных сейсмоакустических приемников скани-

рующего типа [11,12]. Наблюдения могут проводиться как в непрерывном режиме с телеметрической системой сбора информации (при наличии достаточного приборного парка), или эпизодически, в режиме опроса наблюдательных пунктов несколькими приборами с интервалом между эпохами наблюдений в несколько лет.

Тот факт, что во временных рядах стационарных наблюдений ВСШ выделяются гармоники, обусловленные приливными деформациями земной коры [15], амплитуды которых в относительных единицах составляют порядка $\delta\varepsilon \approx 10^{-8}$, означает, что в результате обработки площадных наблюдений ВСШ могут быть также выделены вызванные такими же деформациями, неотектонической природы, приращения (сдвиги) резонансных частот, соответствующих максимумам спектральной плотности интенсивности ВСШ. Другими словами, в пределах достижимой точности оценки магнитуды готовящегося землетрясения можно полагать, что минимально обнаружимые приращения резонансных частот δf отвечают приращениям деформаций порядка $\delta\varepsilon \approx 10^{-8}$ и соответствующих напряжений $\delta\sigma$ и будут соответствовать расстоянию от эпицентра, равному радиусу зоны подготовки прогнозируемого землетрясения Δ_{max} , связанному с его магнитудой соотношением [8,9]

$$M \approx \lg(\Delta_{max}^2 + h^2) + 0,6. \quad (7)$$

Напомним, что формула (7) выведена в [9] для наиболее вероятного значения сейсмического КПД очага $\eta \approx 0.03$.

Переходя, далее, к энергетическим классам по известной формуле [10]

$$K = 1,5M + 4,8 \quad (8)$$

получим

$$K \approx 1,5\lg(\Delta_{max}^2 + h^2) + 5,7. \quad (9)$$

Это означает, что для определения координат очага и магнитуды готовящегося землетрясения мы можем использовать разработанный нами ранее для деформационных наблюдений алгоритм и программу OchagZeml.exe (в DELPHI) (Рис.1) [7]. В основу программы заложен алгоритм локализации очага землетрясения по данным площадных наблюдений геофизических полей, амплитуды которых убывают с расстоянием от источника (потенциального очага) по закону обратных кубов, в нашем случае – параметр f^2 (формула (6)). Эти данные будут получены в результате наблюдений ВСШ в фиксированных пунктах на территории, которая по независимым данным является зоной накопления тектонических напряжений. Например, размеры такой зоны, выделенные нами на территории Дагестана, составляют в длину ~ 150 км и в ширину ~ 100 км.

Суть алгоритма заключается в следующем. Мы разбиваем параллелепипед длины ~ 150 км, ширины ~ 100 км и толщины ~ 50 км на кубики одинаковых размеров с ребром 2-3 км (предусмотрена возможность выбора шага). В результате мы получим определенное число точек – вершин этих кубиков (назовем эти точки узлами). Мысленно располагая центр предполагаемой ОЗ заданной магнитуды в каждый из этих узлов мы вычисляем значения наблюдаемого параметра в каждом наблюдательном пункте на поверхности Земли и вычитываем полученный результат от измеренных величин этого параметра. Минимизируя сумму квадратов S^2 этих разностей по всем пунктам находим координаты точки, которую мы интерпретируем как центр ОЗ ожидаемого землетрясения.

В разрабатываемой нами новой версии программы будет реализован алгоритм, известный в литературе как «Метод прямого поиска минимума функции многих переменных» и будет предусмотрена возможность уточнения магнитуд путем варьирования их значений.

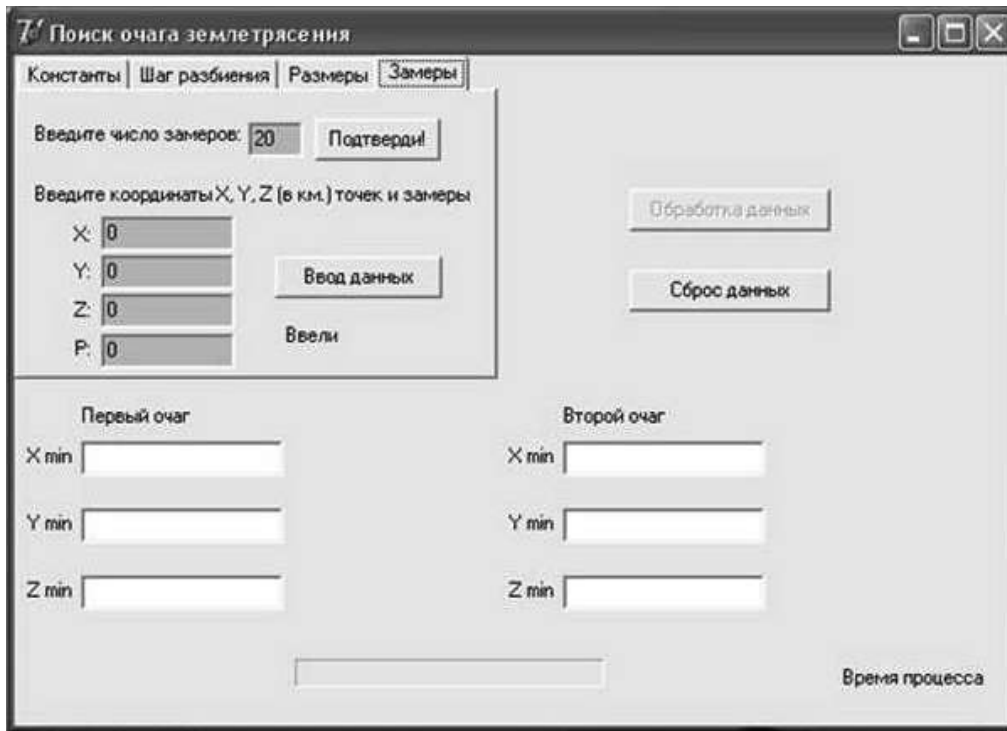


Рис.1. Общий вид программы OchagZeml.exe

Приведем соотношения, на которых базируется алгоритм.

S^2 – это функция от координат очагов землетрясения (в случае одного очага – это функция трех переменных, двух очагов – шести переменных и т. д. n очагов – $3n$ переменных). Пусть

$$S^2 = S^2(\alpha),$$

где $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{3n}]$.

Согласно алгоритму и формуле (6) S^2 вычисляется по формуле:

$$S^2 = \sum_{i=1}^{3n} \sum_{j=1}^k \left(P_j - \frac{V_i(P)_i^0}{(\sqrt{(x_j - \alpha_i)^2 + (y_j - \alpha_{i+1})^2 + (z_j - \alpha_{i+2})^2})^3} \right)^2, \quad (10)$$

где k – число произведенных замеров; $(\alpha_i, \alpha_{i+1}, \alpha_{i+2})$ – подлежащие определению координаты l -го, $l = [1, n]$, очага землетрясения; (x_j, y_j, z_j) , $j = [1, k]$, – координаты точки замера; P_j , $j = [1, k]$ – физическая величина, измеренная в точке замера (в нашем случае квадрат частоты – $P_j = f_j^2$); V_i – объем очаговой зоны, радиус которого составляет $\sim 0,1 \Delta_{max}$ [10], P – параметр, определяемый в лабораторном эксперименте при напряжениях, близких к критическим.

Перейдем к описанию метода поиска \min функции S^2 .

I шаг. Выбираются начальные оценки параметров $\alpha_i^0, i = [1, 3n]$ и приращения $\Delta\alpha_i > 0$ ($\Delta\alpha_i$ – могут быть равными h при $i = [1, 3n]$). Для заданных значений параметров рассматриваются значения суммы $S_0^2 = S^2(\alpha^0)$, где $\alpha^0 = (\alpha_1^0, \dots, \alpha_{3n}^0)$. Затем каждое исходное значение α_i^0 заменяют на следующий $\alpha_i^1 = \alpha_i^0 + \Delta\alpha_i$ (Работаем с одним индексом).

Для $i = [1, 3n]$ последовательно рассчитывается значения

$$S_{i1}^2 = S_0^2(\alpha_1^0, \dots, \alpha_i^1, \dots, \alpha_{3n}^0).$$

Если $S_{i1}^2 < S_0^2$, то значение α_i^1 принимается в качестве нового значения приближения к исходной оценке i -го параметра. В противном случае ($S_{i1}^2 \geq S_0^2$), то исходное значение α_i^0 заменяют на $\alpha_i^1 = \alpha_i^0 - \Delta\alpha_i$. Рассчитываем значение $S_{i1}^2 = S_0^2(\alpha_1^0, \dots, \alpha_i^1, \dots, \alpha_{3n}^0)$. При условии, что $S_{i1}^2 < S_0^2$ значение α_i^1 принимается в качестве нового значения приближения для исходной оценки i -го параметра.

Если оказывается, что в том и в другом случае S_{i1}^2 увеличивается, то в качестве оценки параметра α_i используется исходное значение α_i^0 .

II шаг. На первом шаге мы определили $\alpha^1 = (\alpha_1^1, \dots, \alpha_{3n}^1)$, где α_i^1 определяется одной из формул $\alpha_i^1 = \alpha_i^0 \pm \Delta\alpha_i$ или совпадает с α_i^0 . Далее процедура продолжится как в первом шаге, рассматривая $\alpha^0 = \alpha^1$ и т. д.

Поиск оптимальных оценок параметров продолжается до тех пор, пока изменение значения отдельных параметров в любом направлении не будет приводить к росту полученного на предыдущем этапе значения S_i^2 . Для уточнения ОЗ можно измельчить приращения $\Delta\alpha_i$, $i = [1, 3n]$. Принимая в качестве начальных оценок $\alpha_i^0, i = [1, 3n]$, а последние значения – параметром, процесс повторяем.

Минимизируя S^2 находим координаты нескольких точек (в нашем случае двух), которые отвечают условию минимума и интерпретируем их как центры ОЗ ожидаемых землетрясений. Построив изолинии параметра P_j вокруг проекций этих точек на дневную поверхность (вокруг эпицентров) получаем кольцевые структуры, по которым находятся Δ_{max} , а по формуле (7) определяются условные магнитуды прогнозируемых землетрясений, т.е. магнитуды, которые соответствуют энергии, накопленной в ОЗ к текущему моменту времени.

Прогнозирование магнитуды и времени землетрясения

Таким образом, магнитуда, определенная по формуле [7], является по сути текущим значением магнитуды формирующегося очага, т.е. зависит от времени:

$$M(t) \approx \lg(\Delta_{max}^2(t) + h^2) + 0,6. \quad (11)$$

Это относится также к формуле (8), которая будет иметь вид

$$K(t) \approx 1,5 \lg(\Delta_{max}^2(t) + h^2) + 5,7, \quad (12)$$

Отсюда следует выражение для текущего значения сейсмической энергии, заключенной в формирующемся очаге,

$$E(t) \approx 10^{1,5 \lg(\Delta_{max}^2(t) + h^2) + 5,7} \text{ (Дж)}. \quad (13)$$

Далее, определив $E(t)$ для двух эпох, разделенных временным интервалом в несколько лет, можно оценить скорость накопления сейсмической энергии в очаге прогнозируемого землетрясения по очевидной формуле

$$\frac{dE}{dt} = \frac{E(t_2) - E(t_1)}{t_2 - t_1}. \quad (14)$$

Как и в [8,9], речь идет о средней скорости накопления сейсмической энергии за рассматриваемый период, которую приближенно можно экстраполировать на весь период подготовки землетрясения τ , т.е.

$$\frac{dE}{dt} = \frac{E}{\tau}, \quad (15)$$

где E – полная сейсмическая энергия прогнозируемого землетрясения.

С другой стороны, из эмпирического соотношения [10]

$$\lg \tau = \frac{1}{3} \lg E(\text{Эрг}) - 5,75 = \frac{1}{3} \lg E(\text{Дж}) - 3,4,$$

где τ — время подготовки землетрясений в годах в диапазоне магнитуд от 2,5 до 8,5, следует соотношение

$$\tau = 10^{0,33K - 3,4} (\text{лет}) \quad (16)$$

и, далее,

$$\frac{E}{\tau} = \frac{10^K}{10^{0,33K - 3,4}} = 10^{0,67K + 3,4} \left(\frac{\text{Дж}}{\text{год}} \right). \quad (17)$$

Следовательно, определив по повторным площадным наблюдениям параметра $P_j = f_j^2$ скорость накопления сейсмической энергии в очаге ожидаемого землетрясения, можно определить его энергетический класс (или магнитуду). Далее, определив в какой-либо момент времени t накопленную сейсмическую энергию $E(t)$ по формуле (13), можно вычислить время, прошедшее с начала подготовки землетрясения до момента времени t

$$\tau_1 = E(t) / 10^{0,67K + 3,4} = 10^{1,5 \cdot \lg(\Delta_{\max}^2(t) + h^2) - 0,67K + 2,3} (\text{лет}),$$

а вычитывая эту величину от полного времени подготовки τ , определяемого из (15), можно найти время, оставшееся до прогнозируемого землетрясения

$$\tau_2 = \tau - \tau_1 = 10^{0,33K - 3,4} - 10^{1,5 \cdot \lg(\Delta_{\max}^2(t) + h^2) - 0,67K + 2,3} (\text{лет}). \quad (18)$$

Таким образом, для прогнозирования места, силы и времени ожидаемого землетрясения по описанному алгоритму, следует осуществлять следующую последовательность действий: 1) создание на сейсмоопасной территории наблюдательной сети и проведение режимных площадных наблюдений ВСШ с использованием для этого предложенного нами в [11,12]. Широкополосного резонансного сейсмоакустического приемника сканирующего типа; 2) построение характерного для каждого пункта наблюдения спектра ВСШ для первой эпохи наблюдений и поиск в нем частоты f_i с наибольшей спектральной плотностью интенсивности ВСШ, по которому определяется параметр $P_i = f_i^2$; 3) построение изолиний распределения по площади параметра f_i и выявление в них по описанному выше алгоритму и программе OchagZeml.exe статистически значимых кольцевых составляющих, оконтуривающих, согласно принятой модели, эпицентры ожидаемых землетрясений; 4) выбор нескольких (в нашем случае двух) наиболее значимых кольцевых структур и определение по ним эпицентров и глубин очагов ожидаемых землетрясений по формуле (6) (прогноз мест землетрясений); 5) определение текущих радиусов зон подготовки прогнозируемых землетрясений Δ_{\max} как расстояний от эпицентров до самых удаленных изолиний P_j , и определение по формуле (13) накопленной в их ОЗ энергии в джоулях; 6) повторные площадные наблюдения ВСШ на той же территории по истечении нескольких лет и обработка результатов согласно пунктам 2) ÷ 5); 7) определение по результатам наблюдений для двух эпох скоростей накопления энергии в ОЗ прогнозируемых землетрясений по формуле (14) и их энергетических классов по формуле (17) (прогноз силы землетрясений); 8) определение времени, оставшейся до прогнозируемых землетрясений по формуле (18) (прогноз времени землетрясений).

Разумеется, точность оценки прогнозируемых параметров ограничивается приближенным характером используемых эмпирических соотношений и неоднородностью среды, нов программной реализации алгоритма будет предусмотрена вариация коэффициентов и показателей степени в используемых базовых соотношениях с использованием для этого первых результатов сопоставления параметров землетрясений, спрогнозированных по этому алгоритму на определенный период времени, с параметрами землетрясений произошедших за этот период, т.е. программа будет самообучающейся.

Заключение

Основными ожидаемыми преимуществами описанного выше алгоритма по сравнению с предложенным ранее в [8,9] вариантом с прямыми площадными наблюдениями деформаций и напряжений, являются многократное уменьшение стоимости аппаратного обеспечения и трудоемкости проведения наблюдений, высокая чувствительность резонансного метода регистрации ВСШ (10^{-12} м по смещению) и существенно более высокая помехозащищенность и информативность результатов измерения собственных частот горных пород, которые практически не зависят от установки приемника на пункте наблюдения, от его акустического контакта с породой и от возможной нестабильности метрологических характеристик их приборов. К тому же частота (как и ее обратная величина – время) является самой точно измеряемой физической величиной.

Упомянутые преимущества позволяют проводить наблюдения эпизодически, в режиме опроса закрепленных на местности пунктов одним или несколькими приборами.

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

Литература

1. Таймазов Д.Г. Аппаратурно-методические аспекты детерминистического подхода к прогнозу землетрясений // Вестник ДНЦ РАН. 2000. №6. С. 38-44.
2. Таймазов Д.Г. Некоторые тектонофизические и аппаратурно-методические проблемы прогноза землетрясений. Махачкала: ИГ ДНЦ РАН, 2005. 175 с.
3. Таймазов Д.Г. Механика подготовки очага и детерминистический подход к прогнозу землетрясений // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск № 48. Махачкала, 2002. С. 162-165.
4. Таймазов Д.Г. О возможности прогнозирования землетрясений по площадным наблюдениям микросейсмической эмиссии // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск № 50. Махачкала, 2006. С. 214-218.
5. Таймазов Д.Г. О возможности создания многокомпонентной деформационной станции траншейного типа для сейсмопрогностических наблюдений // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46, № 1, с.42-49.
6. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А. О перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана. // В кн. «Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе». Владикавказ, ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, 2011. С. 224-235
7. Таймазов Д.Г., Сиражуудинов М.М., Кадиев Р.И. Алгоритм и программа определения параметров и координат деформационных аномалий в земной коре по площадным наблюдениям геополей // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, № 62, 2013.С. 300-306.
8. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Способ прогнозирования тектонических землетрясений. Патент РФ № 2660771. Опубликовано 09.07.2018 г. в БИ №19 (7 с.).
9. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. О возможности прогнозирования энергетических параметров, координат очага и времени ожидаемого землетрясения по площадным деформационным наблюдениям //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. № 64. С. 146-150.
10. Прогноз землетрясений. Изд-ство «Дониш», Москва-Душамбе, 1983-1984. Отв. ред. М.А. Садовский. ИФЗ РАН. №3, 1983.216 с.
11. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоакустический приемник. Заявка в Роспатент № 2016146872, 2016.
12. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоприемник // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 227-230.
13. Атлас временных вариаций природных, антропогенных процессов: Т. 2. Циклическая динамика в природе и обществе. М.: Научный мир, 1998. 432 с.
[c.https://fiz.lsept.ru/view_article.php?ID=201000314](https://fiz.lsept.ru/view_article.php?ID=201000314)
14. Добровольский И.П. Механика подготовки тектонического землетрясения / М.: Наука, 1984. 188 с.
15. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Модуляция высокочастотных микросейсм // Доклады Академии наук СССР 1978. Том 238, № 2, с. 303-306.

УДК 550

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-82-88

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ГОРНЫХ ПОРОД
В ЗОНЕ ОБХОДНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПЛОТИНЫ ЧИРКЕЙСКОЙ ГЭС*Идармачев¹ И.Ш., Марченко² М.Н., Магомедов¹ А.Г., Идармачев¹ А.Ш.**¹Институт геологии ДФИЦ РАН,**²МГУ им. М.В. Ломоносова*

Рассмотрены результаты наблюдений за электрическими параметрами горных пород в скважине, расположенной в районе обходной фильтрации плотины Чиркейской ГЭС. Обнаружены скачкообразные изменения электрических параметров, связанные с возникновением анизотропии в объеме горных пород, расположенных между питающими электродами измерительной установки. Методика и аппаратура непрерывного электрического зондирования в скважине могут быть предложены для контроля опасных геологических процессов, например, для определения зон подверженных неупругой деформации в стволе скважины, приводящих к сдвигам по имеющимся макротрещинам.

Ключевые слова: кажущееся электрическое сопротивление, обходная фильтрация, естественное электрическое поле, пористость, электрическое зондирование, четырехэлектродная установка.

RESULTS OF STUDIES OF ELECTRICAL PARAMETERS OF ROCKS IN THE AREA
OF THE CHIRKEYSKAYA HPP DAM THAT CHARACTERIZE THE
UNSTABLE STATE OF THE MASSIF*Idarmachev¹ I. Sh., Marchenko² M. N., Magomedov¹ A. G., Idarmachev¹ A. Sh.**¹Institute of Geology a separate enterprise of the Dagestan Federal research center of the Russian Academy of Sciences,**²Moscow State University. Lomonosov*

The results of observations of the electrical parameters of rocks in a well located in the area of bypass filtration of the Chirkey HPP dam are considered. Abrupt changes in electrical parameters associated with the occurrence of anisotropy in the volume of rocks located between the feed electrodes of the measuring device were detected. Methods and equipment for continuous electrical sounding in the well can be proposed for monitoring dangerous geological processes, for example, for determining zones subject to inelastic deformation in the wellbore, leading to shifts in the existing macro-cracks.

Keywords: apparent electrical resistance, bypass filtration, natural electric field, porosity, electric sensing, four-electrode installation

В настоящее время внимание исследователей различных стран к проблеме опасных техногенных процессов в районах крупных водохранилищ не ослабевает. В этом позволяют убедиться последние публикации ученых Индии и России [1-8]. Актуальностью этих исследований является решение фундаментальной проблемы экологической безопасности окружающей среды в районах крупных водохранилищ. Для этого используются различные методы исследований: сейсмологические, геологические, геодезические, электромагнитные, деформометрические, гидрогеологические и др. Само по себе заполнение крупного водохранилища представляет собой грандиозный природный эксперимент, который позволяет исследовать процесс его техногенного воздействия на земную кору с тем, чтобы выработать методы, позволяющие прогнозировать или снизить негативные последствия опасных геологических процессов.

Целью работы является обоснование нового метода наблюдений за электрическими параметрами горных пород в скважине для мониторинга опасных геологических процессов, связанных деформацией массива, прилегающего к плотине Чиркейской ГЭС.

Методика наблюдений

Для наблюдений за электрическими параметрами горных пород в необсаженной скважине применяется симметричная четырехэлектродная установка электрического зондирования, представляющая собой зонд закрепленными на нем свинцовыми электродами [3]. Расстояние между питающими электродами равно 9 м. Приемные электроды расположены посередине между питающими электродами. Измерительный зонд всегда находится ниже уровня воды в скважине. Питающие электроды расположены на глубине 90 м и 99 м, при этом верхний электрод всегда находится ниже минимального уровня воды в скважине на 30 м. Расстояние между питающими электродами выбиралось таким образом, чтобы ток, который течет по воде заключенной в скважине между электродами, был минимальным, а основной ток от электродов растекался по породе. Реальный ток, протекающий через породу, превышает в 40 раз величину тока по воде.

Для измерения кажущегося сопротивления (ρ_k) используется установка «Георезистор», разработанная в Институте геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, которая состоит из платы сбора данных серии ЛА-И24, сопряженной с персональным компьютером, программы управления измерением кажущегося сопротивления и генератора импульсов. Установка обеспечивает непрерывный режим измерений, высокую чувствительность к вариациям кажущегося сопротивления пород. Длительность измерений одного сеанса равна 59 минутам. В конце каждого часа полученный массив данных обрабатывается соответствующей программой, а результаты измерений сохраняются на жестком диске. Относительная погрешность измерений за суточный период не превышает $\delta=0.18\%$.

Для анализа использовались данные кажущегося сопротивления, разности потенциалов электрического поля (U) и уровня воды в водохранилище (h).

На рис. 1 приведены графики ρ_k и U в период весеннее-летнего повышения уровня воды в водохранилище на 40 м в результате паводка рек. Для данного периода на графиках видны скачкообразные изменения, которые не могут быть связаны с процессом плавного повышения уровня воды в массиве, который расположен в зоне обходной фильтрации плотины. Повышение уровня воды в массиве предполагает понижение кажущегося сопротивления горных пород вследствие его обводнения и усиление электрического поля фильтрационной природы. Максимальные амплитуды скачкообразных изменений составляют $\rho_k=47$ Ом·м и $U=0.21$ В. Для отдельных небольших периодов видны синхронные изменения ρ_k и U , так, например, для периода 08.06.2012 - 06.07.2012 коэффициент корреляции равен $K=0.7$.

Данные аномалии электрических параметров горных пород могут быть связаны с процессами сжатия-растяжения трещин в результате их деформации. При растяжении горных пород трещины заполняются водой и через них усиливается фильтрационный поток, который приводит к уменьшению кажущегося сопротивления ρ_k и увеличению разности потенциалов на приемных электродах U , а при сжатии трещин все происходит наоборот. Вместе с тем, в условиях, когда порода не подвержена деформации, рост уровня воды в водохранилище должен привести к увеличению фильтрационного электрического потенциала на приемных электродах в результате повышения градиента давления воды в зоне обходной фильтрации плотины. Такое повышение электрического потенциала на рис. 1 со скоростью 0.04 В/мес можно видеть для периода с апреля по июль месяцы 2012 г.

В 2013 г. данные фильтрационного поля и уровня воды (рис. 2) несколько отличаются от данных 2012 г. Амплитуды скачкообразных изменений уменьшились в 3-4 раза. Вместе с тем, для обоих годов в периоды активного роста уровня водохранилища наблюдается повышение электрического поля, хотя и сильно отличаются по амплитуде в несколько раз. Для 2012 г. $\Delta U=0.22$ В, а для 2013 $\Delta U=0.05$ В.

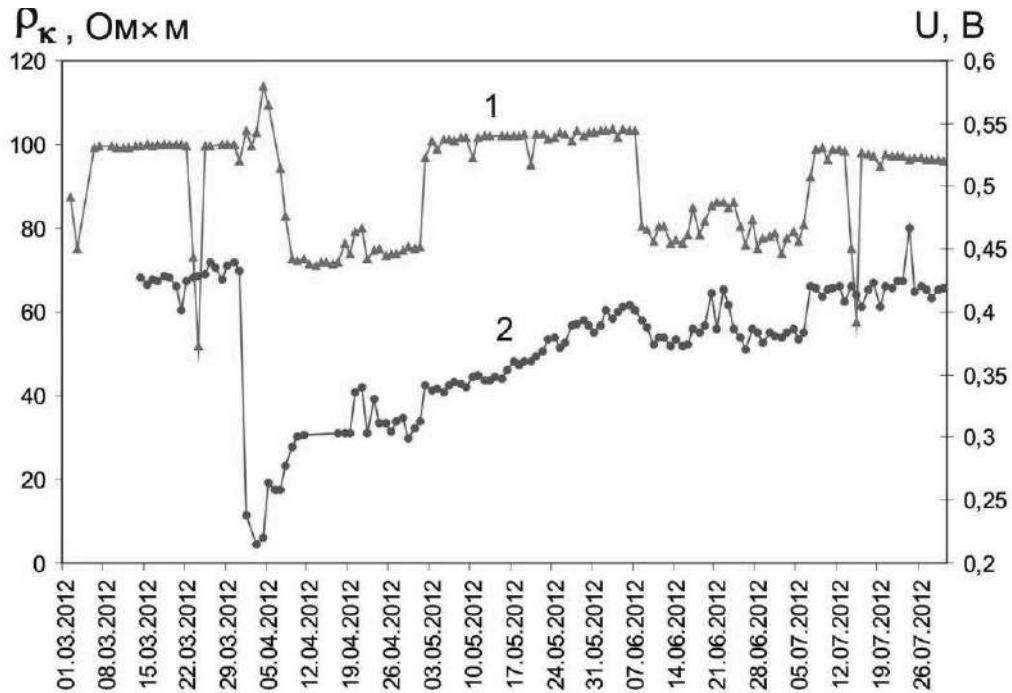


Рис. 1. Скачкообразные изменения кажущегося сопротивления (1) и разности потенциалов (2) в первой половине 2012 г.

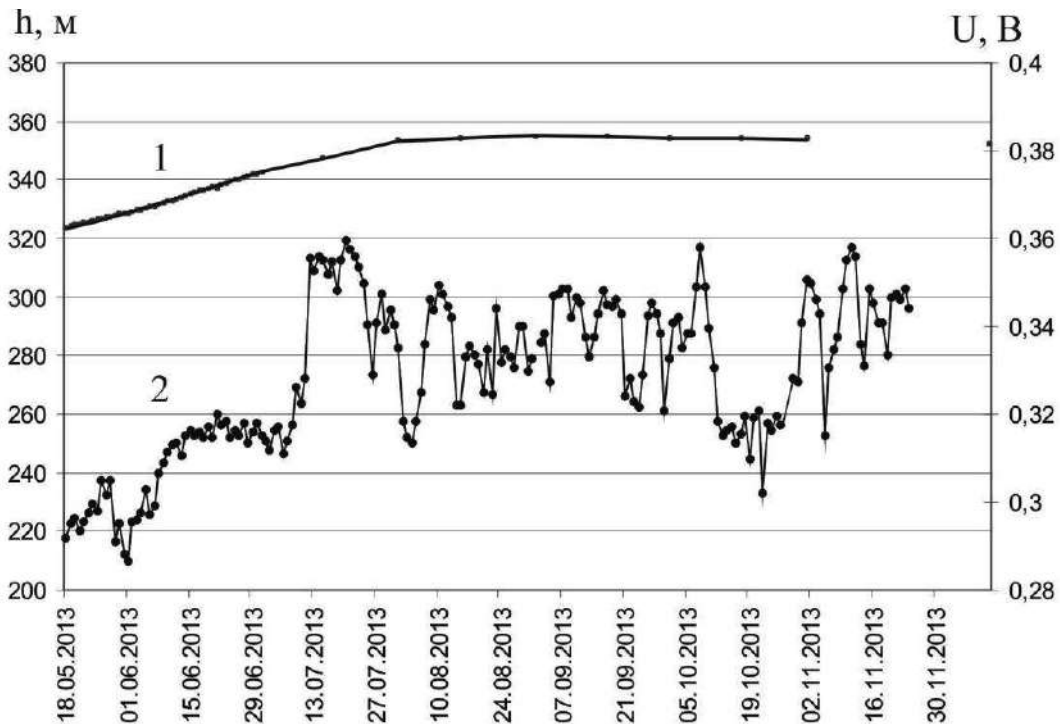


Рис. 2. Графики уровня водохранилища (1) и разности потенциалов на приемных электродах (2) в 2013 г.

На рис. 3. приведены графики, которые соответствуют периоду после наполнения водохранилища в 2013 г. На нем видны периодические колебания U с различными амплитудами и периодами, которые не могут быть связаны с изменением уровня водохранилища. Коэффициент корреляции между уровнем и разностью потенциалов равен 0.19, т.е. имеет слабую связь.

Такая же слабая связь наблюдается между уровнем воды и параметром кажущегося сопротивления, $K = -0.04$ (рис. 4.).

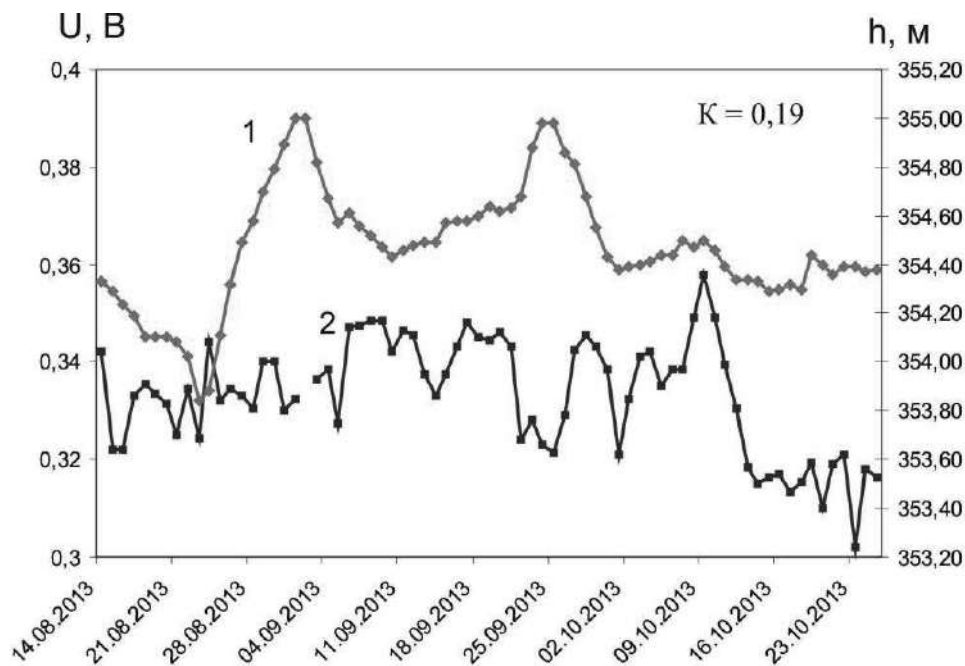


Рис. 3. Графики разности потенциалов (2) и уровня воды (1) после наполнения водохранилища в 2013 г.

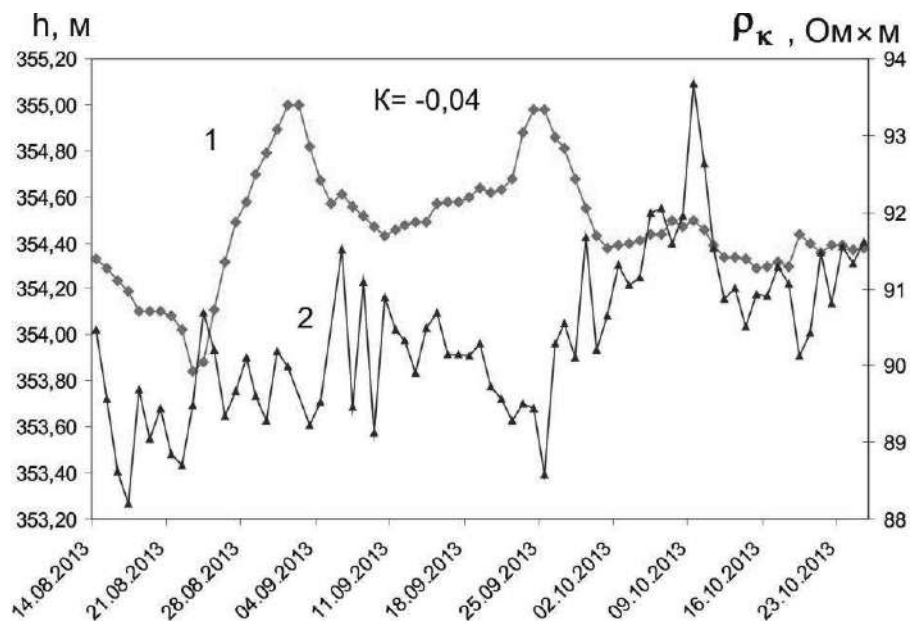


Рис. 4. Графики уровня воды (1) и кажущегося сопротивления (2) после наполнения водохранилища в 2013 г.

Сравнение данных кажущегося сопротивления и разности потенциалов для периода 14.08.2013-30.10.2013, когда уровень водохранилища достиг своего максимума, показало наличие связи между ними. На рис. 5 показаны графики ρ_k и U . Коэффициент корреляции между ними равен 0.35. Для отдельных периодов коэффициент корреляции резко увеличивается,

например, для периодов 06.10-27.11.2013 и 30.10-27.11.2013 они составляют 0.59 и 0.83, соответственно (рис. 6.).

Таким образом, в отдельные периоды между электрическими параметрами ρ_k и U наблюдается высокая взаимосвязь, при слабом или полном отсутствии корреляции с уровнем водохранилища. Из этого следует, что вариации ρ_k и U , приведенные на рис. 6. не могут быть обусловлены изменением уровня воды в водохранилище.

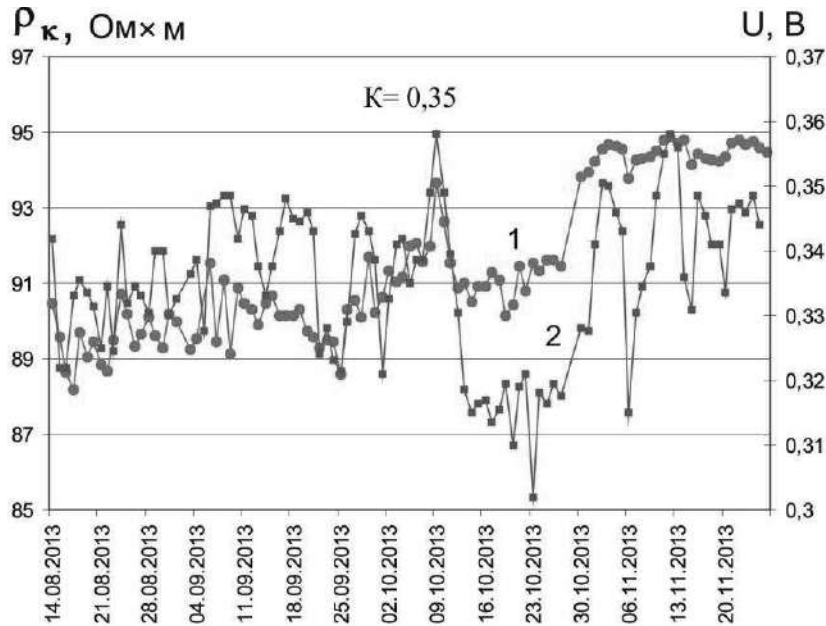


Рис. 5. Графики кажущегося сопротивления (1) и разности потенциалов (2) после наполнения водохранилища в 2013 г.

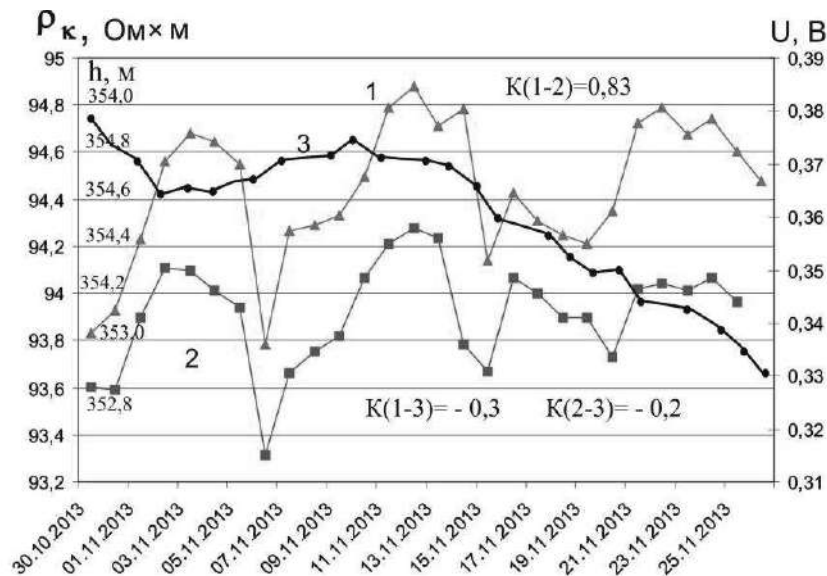


Рис. 6. Графики кажущегося сопротивления (1), разности потенциалов (2) и уровня воды (3) (на поле показаны значения коэффициентов корреляции между рядами данных ρ_k , U и h)

С другой стороны парадоксальным является факт положительной корреляции между ρ_k и U для периодов наблюдений 07.06.2013–10.07.2012 и 30.10.2013–30.11.2013. В данном случае физически обоснованной является связь отрицательной корреляции. В условиях, когда порода,

расположенная в зоне обходной фильтрации плотины деформируется, сжатие приводит к увеличению ρ_k и уменьшению U , а растяжение – наоборот уменьшению ρ_k и увеличению U . Из этого следует, что вероятными механизмами воздействия на электрические параметры горных пород, в результате которых возникают синхронные вариации ρ_k и U в малом диапазоне амплитуд (2012 г. – 8.0 Ом·м и 0.04 В; 2013 г. – 1.0 Ом·м и 0.02 В), могут являться влияния атмосферного электричества или другого поля.

В отличие от них колебания электрических параметров скачкообразной формы (рис. 1), зарегистрированные с 29.03-10.04.2012 имеют различный знак вариаций. Росту и уменьшению кажущегося сопротивления соответствует синхронное изменение разности электрического потенциала с противоположным знаком. В этом случае причиной скачкообразных изменений ρ_k и U является деформация породы – сжатие-растяжение трещин.

В самом простом виде электрическое сопротивление породы $\rho_{п}$ зависит от удельного сопротивления воды $\rho_{в}$ и коэффициента пористости Π

$$\rho_{п} = \rho_{в} / \Pi \quad (1)$$

где - $\Pi = V_{пор} / V$; $V_{пор}$ – объем пор и трещин; V – объем породы.

По изменению $\rho_{п}$ породы можно оценить соответствующее значение ее объемной деформации и предел прочности, за которым наступает разрушение. Например, для образца испытываемого в лабораторных условиях при одноосном сжатии его под прессом происходит скалывание по диагонали. В естественных условиях залегания пород неустойчивое состояние некоторого объема может проявиться в виде подвижки по трещине, которая ранее существовала в исследуемом массиве.

Рассмотрим случай расширения породы при ее деформации. Данный процесс будет сопровождаться уменьшением $\rho_{п}$ вследствие повышения Π в результате заполнения дополнительного объема пор водой. Допуская, что $\rho_{п} = \rho_k$ можно оценить значение Π по данным ρ_k из графика, приведенного на рис. 1. В марте месяце, до начала скачкообразного изменения, значение ρ_k составляло величину 100 Ом·м. С 1 по 4 апреля наблюдается рост ρ_k на 17 Ом·м, затем практически скачкообразно уменьшается на более чем 30 Ом·м. Максимальная амплитуда скачка составляет 47 Ом·м. В дальнейшем на графике ρ_k амплитуды скачков примерно одного порядка, при этом предельное значение составляет 30 Ом·м. Эти данные позволяют сделать оценку деформации массива, находящегося в условиях неустойчивого равновесия.

По формуле (1) получаем изменение Π в следующем виде:

$$\Delta \Pi = \rho_{в} \left(\frac{1}{\rho_{п1}} - \frac{1}{\rho_{п2}} \right) \quad (2)$$

Подставляя численные значения удельного сопротивления воды в скважине $\rho_{в} = 20$ Ом·м, начальное удельное сопротивление породы до скачка $\rho_{п1} = 100$ Ом·м и конечное $\rho_{п2} = 70$ Ом·м в (1) получаем $\Delta \Pi = 0.08$. Отсюда величина относительной деформации равна $8 \cdot 10^{-2}$.

Величина относительной деформации породы, которая приводит к ее разрушению, составляет $10^{-3} - 10^{-4}$ [10]. Из этого видно, что относительные деформации породы порядка 10^{-2} не могут быть упругими, а должны привести к деформации разрушения породы в скважине. Однако графики ρ_k на рис. 1 показывают, что скачкообразные изменения имеют обратимый характер. Из этого следует, что механизм скачков ρ_k не связан с процессом упругого сжатия-растяжения пород во всем объеме, а обусловлен изменением характеристики среды, например, возникновением электрической анизотропии. Раскрытие трещинной зоны, расположенной между питающими электродами измерительной установки, вызывает возникновение процесса «экранирования» токовых линий идущих от питающих электродов к приемным электродам. Искажение токовых линий вызывает изменение ρ_k , при этом процесс может происходить как медленно, так и скачкообразно. В свою очередь, раскрытие трещинной зоны снижает проч-

ность породы на сдвиг и может вызвать деформацию со сдвигом. После сдвига упругие напряжения в породе снижаются и среда возвращается в исходное состояние. Данный процесс может многократно повторяться. Таким образом, рассмотренные выше скачки ρ_k в массива пород могут быть рассмотрены как индикаторы его неустойчивого состояния.

Выводы:

1. В скважине расположенной в зоне обходной фильтрации плотины Чиркейской ГЭС режимными измерениями методами электрического зондирования горных пород четырехэлектродной установкой в скважине и естественных электрических полей зарегистрированы взаимокоррелируемые скачкообразные изменения большой амплитуды не связанные с изменением уровня воды в водохранилище. Предполагается, что механизмом скачкообразных изменений является возникновение анизотропии в объеме горных пород, расположенных между питающими электродами измерительной установки.

2. Метод и аппаратура непрерывного электрического зондирования в скважине могут быть предложены для контроля опасных геологических процессов в локальной области в зоне обходной фильтрации плотины ГЭС, например, для определения зон подверженных неупругой деформации в стволе скважины, приводящих к сдвигам по имеющимся макротрещинам.

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

Литература

1. Смирнов В.Г., Chadha R.K., Пономарев А.В., Srinagesh D. Прогностические аномалии наведенной сейсмичности в области водохранилища Койна-Варна, Западная Индия // Физика Земли. 2013. №2. С. 94-109.
2. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенные процессы в земной коре (опасности и катастрофы).- М.: ИНЕК. 2005. -252 с.
3. Идармачев И.Ш. Вариации кажущегося сопротивления массива горных пород верхнего мела в районе Чиркейской ГЭС под воздействием переменной нагрузки водохранилища //Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2014. №52. С. 11–15.
4. Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Алиев И.А. и др. Вариации электрических параметров горных пород в районе высотной плотины Чиркейской ГЭС, как индикатор неустойчивого состояния среды //Надежность и безопасность энергетики. 2013. №4 (23). С. 31-34.
5. Дещеревский А.В., Идармачев И.Ш., Идармачев Ш.Г. Анализ влияния сезонных изменений уровня воды в Чиркейском водохранилище и атмосферных параметров на кажущееся сопротивление горных пород в скважине, расположенной в районе правого борта плотины ГЭС //Геология и геофизика Юга России. 2016. №3. С. 48–53.
6. Мирзоев К.М., Николаев А.В., Лукк А.А., Юнга С.Л. Наведенная сейсмичность и регулируемая разрядка накопленных тектонических напряжений в земной коре //Физика Земли. 2009. №10. С. 49-68.
7. Марчук А.Н., Марчук Н.А., Николаев А.В. Гиперчувствительность измерительной системы Бурейской ГЭС к геодинамическим влияниям //Геология, инженерная геология, гидрогеология, гео-криология. 2013. №3. С. 252-258.
8. Николаев А.В. Проблемы обеспечения геодинамической безопасности гидроэлектростанций Республики Дагестан //Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, гео-криология. 2008. №1. С. 72-77.
9. Негматуллаев С.Х., Улибиева Т.Р., Маматкулова З.С. Система сейсмического мониторинга для будущего Ронгунского гидроузла и необходимые мероприятия для ее организации. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Мат. конф. VIII Межд. сесмол. школы. Геленджик (16-20 окт. 2013 г.). Изд.: Обнинск. 2013. С. 219-225.
10. Мячкин В.И., Костров Б.В., Соболев Г.А. и др. Основы физики очага и предвестники землетрясений. – Физика очага землетрясения. М.: Наука. 1975. С. 6–29.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-89-94

ВЛИЯНИЕ ОТНОШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН К СКОРОСТЯМ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН И ПЛОТНОСТИ ГРУНТОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Харегов¹ К.С., Баскаев^{1, 2} А.Н., Макиев¹ В.Д., Майсурадзе¹ М.В.

¹Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН

²ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»

Целью исследования является продолжение авторами предыдущих исследований, а именно изучение влияния отношения скорости распространения продольных (V_p), к скорости поперечных (V_s) волн, а также плотности грунтов, на параметры реального сейсмического воздействия: интенсивность воздействия, пиковые ускорения.

Была использована обновленная выборка, содержащая 69962 трехмерных записей эпицентральных расстоянием до 50 км всех землетрясений KNET начиная с 11/05/1996 по 31/12/2019 включительно. Записи были любезно предоставлены для некоммерческого использования системой KNET. В выборке скорости распространения продольных и поперечных волн в грунтах, а также плотности грунтов усреднены до глубины 20 м по грунтам станций. Методика исследования идентична использованной в первой части статьи, опубликованной в 2018 г., но добавлены записи с 1 января 2018 г. по 31 декабря 2019 г. включительно.

Показано, что средняя интенсивность сейсмического воздействия выше на грунтах с высокими значениями отношения V_p/V_s . Для высоких магнитуд ($M > 6$) при малых эпицентральных расстояниях (<15 км) интенсивности проявления практически не зависит от отношения V_p/V_s . Средние значения пикового горизонтального (PHA) и вертикального (PVA) ускорений для грунтов с низкими значениями V_p/V_s (<3,29) значимо выше, чем для грунтов с высокими значениями V_p/V_s (>5,69) для эпицентральных расстояний от 10 до 50 км и магнитуд $M < 6$. Для высоких магнитуд ($M > 6$) PHA и PVA не зависят от V_p/V_s с $p < 0,05$. На грунтах с высокими значениями V_p/V_s отношение PVA/PHA выше, чем на грунтах с низкими величинами отношения V_p/V_s . При этом для магнитуд свыше 5 различие в PVA/PHA для грунтов с высоким и низким значением V_p/V_s статистически не значимо.

Интенсивность значимо больше на грунтах с малой плотностью при магнитудах $M < 5$. Для $5 < M < 6$ при эпицентральных расстояниях <15 км интенсивность практически не зависит от плотности, а при эпицентральных расстояниях более 15 км интенсивность значимо растет с уменьшением плотности грунта. Для магнитуд $M > 6$ интенсивность практически не зависит от плотности ($p < 0,05$). PHA для высоких p выше, чем, для низких с $p < 0,05$. Но при эпицентральных расстояниях менее 10 км и $M < 5$, а также для магнитуд $M > 6$ при эпицентральных менее 50 км PHA практически не зависит от плотности. Величина среднего значения PVA практически не зависит от плотности грунтов ($p < 0,05$). Величина отношения PVA/PHA уменьшается с увеличением плотности грунтов для $M < 5$, и не зависит от плотности при $M > 5$.

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

THE RATIO OF THE VELOCITY OF LONGITUDINAL WAVES TO SHEAR WAVE VELOCITY AND SOIL DENSITY IMPACT ON THE PARAMETERS OF SEISMIC EFFECTS

Kharebov¹ K.S., Baskaev^{1,2} A.N., Makiev¹ V.D., Maisuradze¹ M.V.

¹Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Center, Russian Academy of Sciences

²FGBOU VO "Mountain State Agrarian University"

The aim of the study is to continue the authors' previous studies, namely, to explore the effect of the ratio of the propagation velocity of longitudinal (V_p) to the velocity of transverse (V_s) waves, as well as the density p of soils, on the parameters of real seismic impact: impact intensity, peak accelerations, and frequencies. An updated sample containing 69962 three-dimensional records with an epicentral distance of up to 50 km of all KNET earthquakes from 11/05/1996 to 31/12/2019 inclusive was used. The recordings for non-commercial use were kindly provided by the KNET system. In the sample, the propagation velocities of longitudinal and transverse waves in soils, as well as the density of soils, were averaged to a depth of 20 m over the soils of the stations. The research methodology is identical to the one used in the first part of the article published in 2018, but entries were added from January 1, 2018 to December 31, 2019 inclusive.

It is shown that the average intensity of seismic impact is higher on soils with high values of the V_p/V_s ratio. For high magnitudes ($M > 6$) at small epicentral distances (<15 km), the seismic impact intensity of manifestation practically does not depend on the V_p/V_s ratio. The average values of peak horizontal (PHA) and vertical (PVA) accelerations for soils

with low V_p/V_s values (<3.29) are significantly higher than for soils with high V_p/V_s values (>5.69) for epicentral distances from 10 to 50 km and magnitudes $M < 6$. For high magnitudes ($M > 6$), PHA and PVA are independent of V_p/V_s with $p < 0.05$. On soils with high V_p/V_s values, the PVA/PHA ratio is higher than on soils with low V_p/V_s values. At the same time, for magnitudes above 5, the difference in PVA/PHA for soils with high and low V_p/V_s values is not statistically significant.

The intensity is significantly higher on low-density soils at magnitudes $M < 5$. For $5 < M < 6$ at epicentral distances < 15 km, the intensity is almost independent of the density, and at epicentral distances greater than 15 km, the intensity increases significantly with decreasing ground density. For magnitudes $M > 6$, the intensity is almost independent of the density ($p < 0.05$). PHA for high p is higher than for low $p < 0.05$. But for epicentral distances of less than 10 km and $M < 5$, and for magnitudes of $M > 6$ at epicentral distances of less than 50 km, PHA is practically independent of density. The value of the average PVA value is practically independent of the soil density ($p < 0.05$). The value of the PVA/PHA ratio decreases with increasing soil density for $M < 5$, and does not depend on the density at $M > 5$.

Keywords: Strong Motions Data Base, KNET, earthquake, epicentral distance, longitudinal wavevelocity, transversewavevelocity, intensity, peak vertical acceleration, peak horizontal acceleration

ВВЕДЕНИЕ

В инженерной сейсмологии весьма важным представляется исследование взаимозависимости между различными характеристиками очага землетрясения, инструментальными записями грунтовых движений и параметрами грунтов в точке измерения. Результаты подобных исследований позволят выявить ценность каждого из выбранных параметров при изучении сейсмического воздействия на застройку.

Записи землетрясений, как правило, даются с весьма приблизительным описанием грунтовых условий. Например, термин аллювий, недостаточно объясняет конкретный тип грунта и его физико-механические свойства. Не надежны описания: «мягкий грунт», «жесткий грунт», «скальный грунт». Ведь скала может быть сильно выветрелой, и тогда по своим сейсмическим свойствам приближаться к самым слабым грунтам. При этом, например, аллювий по своим сейсмическим свойствам может намного превосходить те же сильно выветрелые скальные грунты и т.д. Более того, для адекватного учета грунтовых условий недостаточно и более определенного понятия такого, как, например, «глинистый грунт». В таких условиях, очевидно, необходимо использование количественных показателей различных свойств грунта в виде скоростей распространения продольных и поперечных волн, мощностей залегания и плотности грунтовых слоев и т.п.

В статье используются методы статистического анализа для исследования влияния таких свойств грунтов, как V_p/V_s , ρ на параметры сейсмической активности заданной местности. Используется выборка из разработанной одним из соавторов в геофизическом институте ВНИЦ РАН базы данных сильных движений [Харевов К.С., 2016, 2018]. В выборке содержится 69962 KNET записей, произведенных с 11/05/1996 по 31/12/2019 на эпицентральных расстояниях до 50 км. Записи были любезно предоставлены для некоммерческого использования системой KNET [Kinoshita S., 2003].

1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования мы пользовались средними значениями V_p , V_s , V_p/V_s и ρ для каждого грунта, которые рассчитывались до глубины 20 м. В представленной статье считалось, что последнее по глубине значение V_p , V_s , V_p/V_s и ρ соответствует основанию грунта, и это значение распространялось до глубины 20 м. Разброс данных и ошибка при таком определении среднего достаточно велики. Например, для грунта станции А1С006 средние значения, стандартные отклонения и стандартные ошибки среднего составляют (табл. 1):

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 ком-

поненты; эпицентрального и гипоцентрального расстояния, интенсивность, V_p , V_s , 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. Таким образом, можно проводить полноценные статистические исследования.

Таблица 1.

Описательные статистики V_p , V_s , V_p/V_s , ρ

№	Параметр	Среднее	Ст. отклонение	Ст.ош. 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	5,87	4,78	0,92
4	ρ , кг/м ³	2080	120	30

Было проведено исследование зависимости сейсмической интенсивности, пиковых ускорений, частот максимума спектра, сдвига частоты (для горизонтальной и вертикальной компоненты) от эпицентрального расстояния при различных магнитудах. Рассматривались 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 для различных магнитуд: $M > 6$, $5 < M < 6$, $4 < M < 5$, $M < 4$.

Мы разделили диапазон изменения величин V_s , V_p , V_p/V_s , ρ 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	Средн	Мин	Макс	Нижн. квартиль	Медиана	Верхн. квартиль	Ст. отклонение	Ст. ош. среднего
V_p	1511	256,00	3971,50	1278,00	1467,00	1685,00	430,73	1,62
V_s	369,1	81,00	1676,00	244,00	341,00	444,00	202,29	0,76
V_p/V_s	4,84	1,46	19,11	3,29	4,31	5,70	2,37	0,01
ρ	1,84	1,11	2,53	1,74	1,83	1,96	0,19	0,00

2. ВЛИЯНИЕ ОТНОШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ И ПОПЕРЕЧНОЙ ВОЛН (V_p/V_s) В ГРУНТАХ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Интенсивность.

В среднем при магнитуде $M > 6$, при $V_p/V_s < 3,29$ и $> 5,69$ зависимость интенсивности от эпицентрального расстояния имеет вид, представленный на рис.2.1, 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 , $4 < 5$, < 4 , и V_p/V_s : $3,29 < 4,31$, $4,31 < 5,69$, $> 5,69$.

Графики зависимостей для V_p/V_s : $3,29 < 4,31$ и $4,31 < 5,69$ лежат между двух представленных на рис. 2.1 кривых.

При рассмотрении рис. 2.1 видно, что для высоких магнитуд ($M > 6$) при малых эпицентральных расстояниях (< 15 км) интенсивность проявления землетрясения практически не зависит от отношения V_p/V_s . Интенсивность выше на грунтах с высоким V_p/V_s . Это наблюдается и для других рассмотренных интервалов магнитуд: $5 \div 6$, $4 \div 5$, < 4 .

Пиковые горизонтальное и вертикальное ускорения PHA, PVA.

Значения средних величин INT, PHA и PVA (табл. 3) в четырех интервалах V_p/V_s составляют:

Таблица 3.

Величины средних значений \pm стандартная ошибка среднего для различных V_p/V_s в полных диапазонах изменения магнитуды и эпицентрального расстояния.

V_p/V_s	$1,46 \div 19,11$	$< 3,29$	$3,29 \div 4,31$	$4,31 \div 5,69$	$> 5,69$
INT, MSK	$3,59 \pm 0,01$	$3,57 \pm 0,01$	$3,49 \pm 0,01$	$3,60 \pm 0,01$	$3,68 \pm 0,01$
$PHA, гал$	$22,21 \pm 0,16$	$26,03 \pm 0,38$	$21,48 \pm 0,32$	$21,12 \pm 0,31$	$20,24 \pm 0,30$
$PVA, гал$	$9,68 \pm 0,08$	$10,64 \pm 0,16$	$9,25 \pm 0,16$	$9,59 \pm 0,14$	$9,25 \pm 0,13$

Среднее пиковое горизонтальное ускорение PHA приблизительно в 2,2 раза превышает PVA на одних и тех же грунтах (табл. 3), а PHA на грунтах с низким V_p/V_s значимо выше, чем на грунтах с высоким V_p/V_s . На рис. 2.2 и 2.3 представлены зависимости PHA и PVA от эпицентрального расстояния усредненные по магнитудам для различных V_p/V_s . Аналогичные рисунки имеются для магнитуд: > 6 , $5 \div 6$, $4 \div 5$, < 4 .

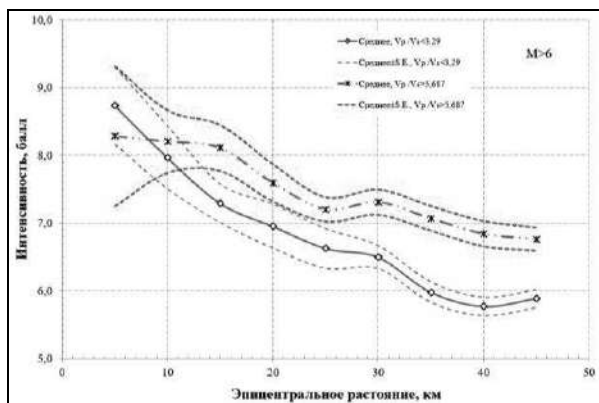


Рис. 2.1. Зависимость средней интенсивности от эпицентрального расстояния для $M > 6$, грунты с $V_p/V_s < 3,29$ и $V_p/V_s > 5,69$.

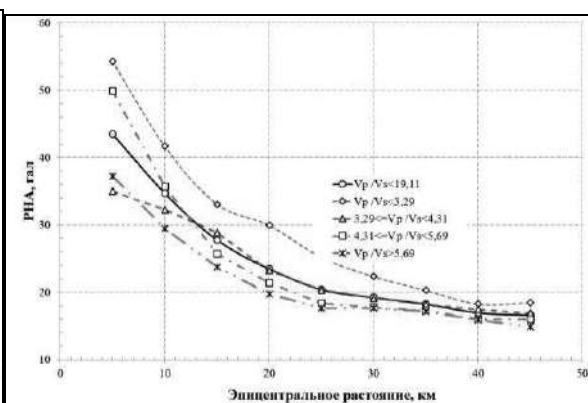


Рис. 2.2. Зависимость PHA от эпицентрального расстояния для различных значений V_p/V_s .

Результаты изучения зависимостей показали, что PHA и PVA падают с увеличением эпицентрального расстояния. Причем, средние значения PHA для грунтов с высокими значениями V_p/V_s значимо ниже, чем для грунтов с низкими значениями V_p/V_s для эпицентральных расстояний от 10 до 50 км и магнитуд $M < 6$. Для магнитуд $M > 6$, PHA практически не зависит от V_p/V_s . Идентичные результаты мы получили и для PVA . Средние значения PVA для грунтов с высокими значениями V_p/V_s значимо ниже, чем для грунтов с низкими значениями V_p/V_s для эпицентральных расстояний от 10 до 50 км и магнитуд $M < 6$. Для магнитуд $M > 6$ PVA практически не зависит от V_p/V_s . Таким образом, для высоких магнитуд $M > 6$ PHA и PVA не зависят от V_p/V_s с $p < 0,05$.

Также было рассмотрено отношение PVA/PHA . Результаты расчета показали, что на грунтах с высоким отношением V_p/V_s отношение PVA/PHA выше, чем на грунтах с низким V_p/V_s (рис. 2.4). При этом для магнитуд свыше 5 различие в PVA/PHA для грунтов с высоким и низким значением отношения V_p/V_s статистически не значимо.

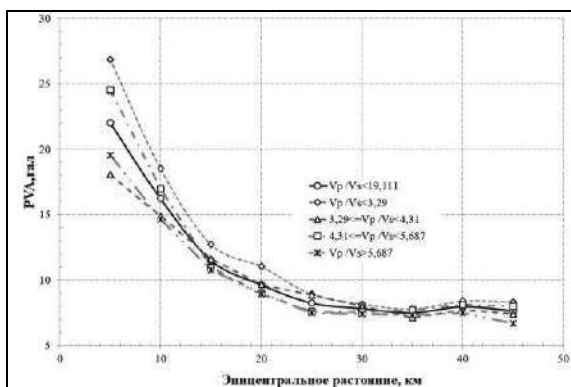


Рис. 2.3. Зависимость PVA от эпицентрального расстояния для различных значений V_p/V_s

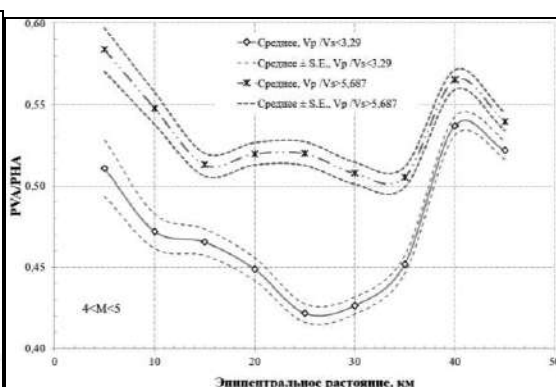


Рис. 2.4. Зависимость PVA/PNA с доверительными интервалами от эпицентрального расстояния для $4 < M < 5$, грунты с $V_p/V_s < 3,29$ и $V_p/V_s > 5,69$.

3. ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ГРУНТОВ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Рассматриваются четыре интервала плотности грунтов ρ в кг/м^3 : $1110 \div 2532$, $1110 \div 1740$, $1740 \div 1840$, $1840 \div 1960$, $1960 \div 2532$.

Интенсивность

Для средних значений \pm стандартная ошибка среднего для различных ρ в полных диапазонах изменения магнитуды и эпицентрального расстояния (табл. 4) в четырех интервалах ρ значения INT , PNA и PVA составляют:

Таблица 4.

Величины средних значений интенсивности \pm стандартная ошибка среднего для различных ρ в полных диапазонах изменения магнитуды и эпицентрального расстояния.

ρ , кг/м^3	$1110 \div 2532$	$1110 \div 1740$	$1740 \div 1840$	$1840 \div 1960$	$1960 \div 2532$
INT , балл	$3,59 \pm 0,01$	$3,68 \pm 0,01$	$3,64 \pm 0,01$	$3,55 \pm 0,01$	$3,46 \pm 0,01$
PNA , гал	$22,21 \pm 0,08$	$19,69 \pm 0,28$	$21,64 \pm 0,28$	$22,49 \pm 0,34$	$24,91 \pm 0,39$
PVA , гал	$9,68 \pm 0,16$	$9,33 \pm 0,16$	$9,89 \pm 0,13$	$9,79 \pm 0,16$	$9,61 \pm 0,15$

Из табл. 4 следует, что средняя интенсивность проявления сейсмического воздействия noticeably ниже на грунтах с высокими значениями ρ .

На рис. 3.1 можно сравнить результаты расчетов влияния грунтов с различной плотностью на среднюю интенсивность повсему интервалу изменения магнитуд.

Значения интенсивности в интервале эпицентральных расстояний 0–50 км находятся между кривой соответствующей грунтам с высокой плотностью $\rho > 1960 \text{ кг/м}^3$ и кривой, соответствующей грунтам с низкой плотностью $\rho < 1740 \text{ кг/м}^3$. Интенсивность значительно больше на грунтах с малой плотностью при магнитудах $M < 5$. Интенсивность проявления практически не зависит от плотности для $5 < M < 6$ при малых эпицентральных расстояниях ($< 15 \text{ км}$), а при эпицентральных расстояниях более 15 км интенсивность значительно растет с уменьшением плотности грунта. Для магнитуд $M > 6$ интенсивность практически не зависит от плотности ($p < 0,05$).

PNA , PVA .

Расчеты показали, что средние значения PNA в интервале эпицентральных расстояний 0–50 км на всем интервале магнитуд находятся между кривой соответствующей грунтам с высокой плотностью $\rho > 1960 \text{ кг/м}^3$ и кривой, соответствующей грунтам с низкой плотностью $\rho < 1740 \text{ кг/м}^3$. На рис. 3.2 представлены кривые зависимости PNA с доверительными интервалами от эпицентрального расстояния для грунтов $\rho > 1960 \text{ кг/м}^3$ $\rho < 1740 \text{ кг/м}^3$.

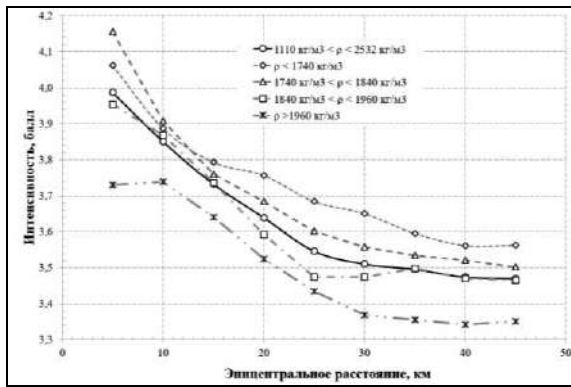


Рис. 3.1. Зависимость средней интенсивности от эпицентрального расстояния для грунтов с различной плотностью.

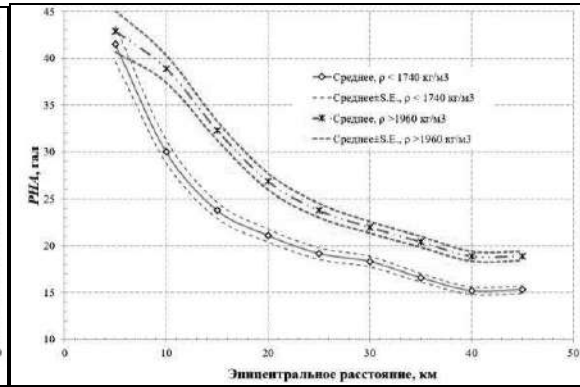


Рис. 3.2. Зависимость средней PNA с доверительными интервалами от эпицентрального расстояния. Грунты с $\rho > 1960 \text{ кг/м}^3$ и $\rho < 1740 \text{ кг/м}^3$

Из рис. 3.2 следует, что PNA на всём интервале магнитуд для $\rho > 1960 \text{ кг/м}^3$ выше, чем, для $\rho < 1740 \text{ кг/м}^3$ с $p < 0,05$. Но при эпицентральных расстояниях менее 10 км и $M < 5$, а также для магнитуд $M > 6$ при эпицентральных менее 50 км PNA практически не зависит от плотности.

Величина среднего значения PVA практически не зависит от плотности грунтов ($p < 0,05$).

Величина отношения PVA/PNA уменьшается с увеличением плотности грунтов для $M < 5$, и не зависит от плотности при $M > 5$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В базу данных добавлены записи с 1 января 2018 г. по 31 декабря 2019 г. включительно.

2. Изучено влияние V_p/V_s на интенсивность проявления сейсмического эффекта, PNA и PVA . Показано, что интенсивность выше на грунтах с высоким V_p/V_s . Для $M > 6$ при эпицентральных расстояниях < 15 км интенсивность проявления не зависит от отношения V_p/V_s ($p < 0,05$). Значения PNA и PVA на грунтах с низким значением V_p/V_s значимо выше, чем для грунтов с высокими V_p/V_s для эпицентральных расстояний от 10 до 50 км и магнитуд $M < 6$. Для высоких магнитуд $M > 6$ PNA и PVA не зависят от V_p/V_s с $p < 0,05$.

3. На грунтах с малой плотностью при магнитудах $M < 5$ интенсивность значимо больше. Для $5 < M < 6$ при эпицентральных расстояниях < 15 км интенсивность практически не зависит от плотности, а при эпицентральных расстояниях более 15 км интенсивность значимо растёт с уменьшением плотности грунта. Для магнитуд $M > 6$ интенсивность практически не зависит от плотности ($p < 0,05$). PNA для высоких ρ выше, чем, для низких с $p < 0,05$. Но при эпицентральных расстояниях менее 10 км и $M < 5$, а также для магнитуд $M > 6$ при эпицентральных менее 50 км PNA практически не зависит от плотности. Величина среднего значения PVA практически не зависит от плотности грунтов ($p < 0,05$). Величина отношения PVA/PNA уменьшается с увеличением плотности грунтов для $M < 5$, и не зависит от плотности при $M > 5$.

4. В соответствии с изменениями в нормативных документах по уточнению исходной сейсмичности и сейсмическому районированию предполагается в дальнейшем исследовать влияние жесткости и коэффициента Пуассона грунтов на параметры сейсмического воздействия.

Литература

1. Харебов К.С., Баскаев А.Н., Хубежты Ш.С. Свойства параметров грунтовых движений вблизи очага // Геология и геофизика Юга России. 2016, № 4. с. 67-78.
2. Харебов К.С., Баскаев А.Н., Майсурадзе М.В. Влияние грунтов на параметры проявления сейсмического эффекта // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 4(75) с. 13-24.
3. Kinoshita S. Kyoshin Net (K-NET), Japan. Int. Handbook of Earthquake and Engineering seismology, v. 81B, 2003, pp.1049-1056.

УДК 551.7

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-95-97

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ НИЗМЕННОГО ДАГЕСТАНА

*Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Алхулаев К.Г., Мамаев А.С., Юсупов З.А.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

В данной работе дается общая характеристика памятников природы низменного Дагестана. Выделены несколько типов памятников и дана их научно-познавательная значимость. Указывается на необходимость принятия мер по учету и охране многих природных памятников на территории республики Дагестан [1].

Ключевые слова. Памятники природы, низменный Дагестан, типы памятников, четвертичные отложения, охрана памятников.

GEOLOGICAL MONUMENTS OF THE NATURE OF LOW DAGESTAN

*Yusupov A.R., Mamaev S.A., Alkhulaev K.G., Mamaev A.S., Yusupov Z.A.
Institute of Geology, DPRC RAS*

This work provides a general description of the natural monuments of low-lying Dagestan. Several types of monuments are identified and their scientific and cognitive significance is given. The need to take measures to record and protect many natural monuments on the territory of the Republic of Dagestan is indicated [1].

Keywords: natural monuments, low-lying Dagestan, types of monuments, quaternary deposits, protection of monuments.

Территория Дагестанской АССР имеет исключительно сложные природные условия, весьма интересные в географическом отношении. Не случайно поэтому Дагестан в литературе называют зачастую «географической лабораторией», «геологическим музеем», «ботаническим садом», «зоопарком» и т. п. Немало здесь сохранилось и уникальных памятников природы, интерес к которым в республике все более и более увеличивается.

Значительный вклад в дело охраны природы в Дагестане внесли видные ученые республики, профессора П. Л. Львов, Д. П. Рухлядов, Д. С. Омаров, З. А. Шахмарданов, доценты Н. Г. Капустянская, А. С. Солдатов, С. У. Керимханов, геолог К. К. Магомедов, писатель Д. И. Трунов и многие другие.

Особенно большая работа по охране природы Дагестана развернулась после принятия 4 апреля 1973 года на бюро обкома КПСС постановления об усилении охраны природы, улучшении использования природных ресурсов республики. В приложении к данному постановлению указан и ряд конкретных мероприятий по охране памятников природы, в частности: обследовать состояние и провести паспортизацию всех памятников природы. Особое внимание по низменному Дагестану уделить охране Кумторкалинского песчаного бархана, скалы «Профиль Пушкина» у гор. Избербаш.

В данной работе мы даем общую характеристику геологических природных памятников области низменного Дагестана [2-7]

В пределах аккумулятивной области низменного Дагестана преобладающими типами геологических памятников природы являются геоморфологический и гидроминеральный типы. Среди них особое место занимают Кизлярский мелководный залив – участок Дагестанского государственного заповедника и Аграханский залив объявленный заказником.

По Аграханскому заливу еще в июле 1722 года свободно курсировала флотилия Петра Первого. На Терско-Кумской низменности этой области множество соленых озер придают живописность этой пустынной части. Эти озера являются реликтами отступившего Каспийского моря. К такому же типу относятся озера Туралинские и Аджи в Приморской низменности. Из Туралинских озер в тридцатые годы добывались сульфат натрия (мирабилит и поваренная соль).

Много пресноводных и, частично, соленоводных пойменных озер, отделившихся в меандрах блуждающих рукавов рек, расположено в дельтовых частях Терека, Сулака, Акташа, Аксяя и других рек.

Эти озера являются местом сбора перелетных птиц, а камышовые заросли и кустарники вокруг этих озер сделали их излюбленными местами охоты, рыбалки и отдыха населения. К сожалению, эти озера еще недостаточно изучены: не выяснен солевой состав вод, состав водной растительности, сапропелеобразование и другие вопросы.

Легендарным памятником – феноменом природы в южной части Терско-Сулакской низменности является песчаный бархан Сары-Кум. Этот заповедный участок стал местом массового посещения туристов и школьников.

Большой эстетический палеонтологический практический интерес представляют выходы на поверхность сарматских известняков-ракушечников вдоль юго-восточного побережья моря. Они целиком из сцементированной фауны морской ракушки. Они хорошо обнажены на Дербентских карьерах. Эти известняки поддаются распиловке и обработке. Из них построена крепость Нарын-Кала и много построек в прибрежных городах – Дербент, Избербаш, пос. Огни и здесь, в Махачкале. Весьма красивые абразионные котлы, каверны, пещеры образованы на этих известняках у города Дербента

Живописным памятником, связанным с этими известняками является мемориал – профиль А.С. Пушкина у города Избербаш.

Абразионно-эрозионной деятельностью моря и поверхностных вод, на высоких уступах хвалынской террасы, у берега моря образовано много живописных останцев-столбов выветривания. Одно из таких красивых мест находится у санатория «Каспий», у устья р. Манас-Озень. Большое научное и познавательное значение имеют террасы древнего Каспия, которые сливаются с речными по долинам р.р. Сулак, Манас-Озень и др. Эти террасы являются, как бы, листами летописи истории четвертичного периода и колебаний Каспия.

Из многочисленных гидроминеральных памятников природы этой области большой интерес представляют минеральные воды заброшенных нефтяных и газовых месторождений (Хошмонзил, Дузлак, Берекей, Каякент), на которых многие скважины дают самоизлив минеральной воды. На базе минеральных вод Каякентского месторождения существует курорт Каякент.

Большой познавательный интерес представляет минеральная вода Берекейского месторождения, содержащая углекислый кальций, который при выходе на поверхность, выпадает в виде травертиновых бугров вокруг скважин. Мощные толщи четвертичных отложений на Северо-Дагестанской низменности содержат огромные запасы подземных (артезианских) вод, эксплуатируемых тысячами скважин. Более древние мезозойские отложения в этой равнине образуют ряд структур, содержащих нефть, газ, газоконденсат и минеральные термальные воды. Из многочисленных эксплуатируемых скважин на этих структурах можно назвать лишь эталонные: нефтяная – Сухокумская, газоконденсатная – Южно-Сухокумская и термальных промышленных вод – Тарумовская.

В дельтовых областях Сулака, Гюльгерычая и Самура содержатся огромные запасы галечников (строительных материалов), которые разрабатываются карьерами: Сулакским и Самурским. Эти галечники, перенесенные реками, пересекающими весь Дагестан, являются музеями горных пород, слагающих горную часть Дагестана.

Минералогический состав галечников у устья р. Самур изучал академик Гмелин еще в 1773 году.

К сожалению, большая часть памятников низменного Дагестана пока еще не учтена, а изученных по-настоящему охраняются не все.

Следует отметить еще раз, что научное значение памятников природы заключается в том, что они прежде всего являются во всех отношениях объектами изучения прошлых или современных природных явлений. Нередко отдельные памятники природы могут оказаться почти единственными из сохранившихся на земле, что в свою очередь может увеличить их значимость для науки.

Общеизвестно, что почти все памятники природы повседневно подвергаются разрушительному действию от колебаний температуры, ветров, деятельности воды, землетрясений и т. д. Большое отрицательное влияние на них оказывает бесхозяйственная деятельность человека, тем более в наше время, когда в его распоряжении имеется мощная техника [1].

Безусловно, в охране памятников природы имеются в настоящее время свои трудности, с которыми приходится считаться. Но мы обязаны преодолевать их. Большую работу по охране природы проводит Дагестанское общество охраны природы, членами которого состоят более 270 тысяч человек. В дальнейшем членами этого общества должны стать все трудящиеся нашей республики, учащиеся, молодёжь. Мы не сомневаемся, что дело охраны природы, и в частности ее памятников, будет поставлено на должную высоту. Ни один из памятников природы не должен быть уничтожен. Их существование принесет большую пользу науке, радость людям.

Литература

1. Эльдаров М. М. «Уникальные памятники природы Дагестана». Махачкала, 1978. 80 с
2. Мамаев С.А., Юсупов А.Р. Мамаев А.С., Юсупов З.А. Природные памятники высокогорного Дагестана. Тр. Института геологии ДНЦ РАН, вып. № 2 (80). Махачкала 2020. С.119-121
3. Юсупов А.Р., Черкашин В.И. Геолого-географические памятники Дагестана. Научная конференция «Гидрогеология и некоторые прикладные аспекты геологии Восточного Кавказа», Махачкала. Вып.59, 2013
4. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Черкашин В.И. Области распространения и типы геологических памятников Дагестана ИГ, вып. № 63. Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия. Махачкала. 2014. С. 335-340.
5. Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Курбанова Г.М., Гусейнова А.Ш. Природные памятники области внутреннего сланцевого Дагестана Тр. Института геологии ДНЦ РАН, вып. № 66. Махачкала 2016. С. 120-124.
6. Юсупов А.Р., Сулейманов В.К., Алимагомедов А.А., Алхулаев К.Г. Природные памятники области известнякового Дагестана. В журнале. Геология и ресурсы Кавказа. № 1 (76). Махачкала 2019. стр.8-13.
7. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Природные памятники области предгорного Дагестана. Тр. Института геологии ДНЦ РАН, вып. № 2 (81). Махачкала 2020. С.101-105.

Информация для авторов

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

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

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

Правила оформления рукописи в журнале

Название журнала: "Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 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 ДФИЦ РАН
© Коллектив авторов

ISSN: 2541-9684

Научное издание

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

ПИ № ФС77-67725 от 10 ноября 2016 года

Ежеквартальный научный журнал
"Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН"
Выпуск № 4 (83) 2020

Издаются по решению ученого совета ИГ ДФИЦ РАН

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

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

Подписано в печать 20.12.2020 г. Формат 60×84¹/₈.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 12,5. Уч.- изд. л. 6,65. Тираж 500 экз. Заказ №20-12-10.



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