



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт геологии
Дагестанского научного центра

ISSN:2541-9684

№ 2(73), 2018
Ежеквартальный
научный журнал

"ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН"

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

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

Научно-редакционный совет:

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

Алхасов А.Б.
Асхабов А.М.
Богучи И.А.
Гаврилов Ю.О.
Глико А.О.
Гусейнов Д. Д.
Зааливили В.Б.
Карапетян Д.К.
Карачаев Н.А.
Керимов И.А.
Морозов Ю.А.
Рабаданов М.Х.
Рундквист Д. В.
Федонкин М.А.
Алиева Э.Г.-М

Редакционная коллегия:

д.г.-м.н., г.н.с. ИГ ДНЦ РАН,

к.т.н., с.н.с.

д.т.н., г.н.с.

к.ф.-м.н., с.н.с.

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.ф.-м.н., профессор

к.г.-м.н., с.н.с.

д.г.-м.н., г.н.с.

д.б.н., г.н.с., профессор

к.ф.-м.н.

д.ф.-м.н., в.н.с.

к.г.н., с.н.с.

д.ф.-м.н., профессор

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

д.г.-м.н., г.н.с., профессор

к.г.-м.н., с.н.с.

к.ф.-м.н.

к.г.-м.н.

д.т.н., в.н.с., профессор

к.г.-м.н.

к.ф.-м.н., доцент

н.с., (ответственный секретарь)

м.н.с., (составитель)

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

**Материалы журнала отражают точку зрения авторов и не является официальной позицией Института.
При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.**

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

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

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

Научный журнал "Труды Института геологии ДНЦ РАН" издается Институтом геологии ДНЦ РАН с 1956 г. Рецензируемый научный журнал (включен в систему Российского индекса научного цитирования - РИНЦ) посвящен широкому спектру вопросов фундаментальной и прикладной геологии. Его отличие от других аналогичных журналов - в наибольшем охвате тематик в области геологии и геоэкологии. Обсуждаются проблемы, находящиеся на стыке науки и практики, использование современных ГИС-технологий в области наук о Земле.

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

Научное направление журнала - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

ISSN: 2541-9684

Журнал является рецензируемым.

Журнал выходит 4 раза в год.

Тираж - 200 экземпляров

<http://elibrary.ru/> (РИНЦ)

<http://www.igdncran.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОПРОБОВАНИЙ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЕЙБУК-ХАРБУКСКОЙ БРАХИАНТИКЛИНАЛИ <i>Магомедов Р.А., Абдуллаев М.Ш.</i>	4
БОЛОТА ЮГА ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ <i>Идрисов И.А., Борисов А.В., Магомедов Б.А.</i>	13
ПРОДУКТЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ЭКСПЛОЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ДАГЕСТАНЕ (ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ) <i>Исаков С.И., Мацапулин В.У., Гусейнов М.М., Тулышева Е.В.</i>	20
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ МЕТОДАМИ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО АНАЛИЗА <i>Мельков Д.А., Макиев В.Д.</i>	24
СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИРАЩЕНИЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ, РАССЧИТЫВАЕМЫХ ПО ЗАПИСЯМ СЛАБЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ <i>Мельков Д.А., Кануков А.С., Макиев В.Д., Габараев А.Ф.</i>	34
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ РОССИИ <i>Кануков А.С., Мельков Д.А., Архиреева И.Г.</i>	44
АППАРАТУРА ДЛЯ ПРЕЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ ПОРОД В СКВАЖИНЕ <i>Идармачев Ш.Г., Идармачев И.Ш.</i>	49
ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВЗАИМОВЛИЯЮЩИХ ВОДОЗАБОРОВ С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ <i>Заалишвили В.Б., Джгамадзе А.К., Дзеранов Б.В.</i>	54
ГИДРОГЕОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ И КАЧЕСТВОМ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРСКО-КУМСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА <i>Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Абдулганиева Т.И., Мамаев А.С.</i>	62
ЖАРОСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИИ НА НАНОДИСПЕРСНОМ ПОЛИСИЛИКАТ-НАТРИЕВОМ СВЯЗУЮЩЕМ <i>Тотурбиев А.Б.</i>	72

УДК 540.4

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-4-12

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОПРОБОВАНИЙ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЕЙБУК-ХАРБУКСКОЙ БРАХИАНТИКЛИНАЛИ

*Магомедов Р.А., Абдуллаев М.Ш.**Институт геологии ДНЦ РАН*

Приведены литолого-геохимическая характеристика и первые результаты опробований юрских отложений Дейбук-Харбукской брахиантиклинали. Проведен анализ и предварительная интерпретация результатов опробований.

Ключевые слова: осадочная толща, литогенез, рудогенез, руда, рудоносная структура, кора выветривания, рудные минералы.

THE FIRST RESULTS OF LITHOLOGICAL-GEOCHEMICAL DETECTION OF JURASSIC DEPOSITS OF THE DABUCK-KHARBUK BRAHIAANTIKLINALS

*Magomedov R.A, Abdullaev M.Sh.**Institute of geology of the Russian academy of sciences*

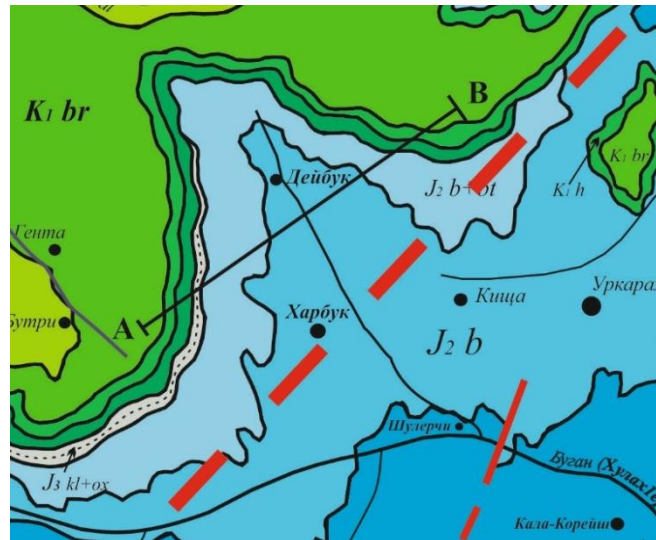
Lithological-geochemical characteristics and the first results of testing the Jurassic deposits of the Deibuk-Harbuk brachianticline are presented. The analysis and preliminary interpretation of the test results.

Key words: sedimentary stratum, lithogenesis, oreogenesis, ore, ore structure, weathering crust, ore minerals.

Введение (Предисловие). Интерес к юрским отложениям антиклинали появился у нас еще со студенческих лет. Дело в том, что здесь, в окрестностях сел. Харбук - села кузнецов и оружейников [14], еще с дореволюционного времени и после, выплавляли железо для хозяйственных нужд. В селении изготавливали холодное и огнестрельное оружие, сельхозинвентарь и т.д. Обеспечивали железными изделиями всех жителей окружающих сел и не только. Нам стало интересно как геологам, где сельчане добывали и доставляли в село «руду» для выплавки (а позднее - выплавляли и на месте их нахождения). С этой целью мы начали проводить рекогносцировочные маршруты с отбором образцов горных пород и обследованием окрестности села. До сих пор сохранились в горах так называемые «железные ямы», где добывали «руду». Они расположены в местности «Тарквал», на уровне подножия хребта Лес [10]. Ныне, это территория относится к МО с. Дейбук Дахадаевского района. Дорогу, ведущую к «железным ямам» харбукцы и дейбукцы до сих пор называют «мех I кадикъан гъуни» - дорога по которой возили «железную руду». По преданиям, харбукцы имеют тысячелетнюю историю добычи руды и выплавки железа (в пределах территории Акушинского и Дахадаевского районов). Раньше (по преданиям - с 13-14 веков) здесь выплавляли медь и соединения меди с другими металлами («жярма» - медь, латунь, «мазгар» - бронза и т.д.), затем – железо, сталь и чугуны [14].

Дейбукский антиклинорий (впоследствии уточненный в границах последующими работами кавказских геологов, в том числе и нашими полевыми работами и названный Дейбук-Харбукской брахиантиклиналью) впервые был выделен при геологической съемке в масштабе 1:200 000 [6, 7] и последующими работами геофизических экспедиций прошлого столетия. Тектонические процессы, имевшие место на границе средней и верхней юры, в предкелловейскую фазу складчатости, заложили начало формирования антиклинали. Структура антиклинали расположена в Сланцевом Дагестане и имеет протяженность с СЗ на ЮВ ~ 15-18 км с поперечным сечением 4-6 км.

Детальных литолого-геохимических исследований на предмет определения рудоносности района не проводились за исключением полевых работ геолога-съёмочной партии на западном крыле антиклинали (при исследовании акушинской синклинали) [8 и др.], эпизодических опробований в 1940-80 гг., результаты которых нам не известны и фрагментальных работ в районе по изучению стратиграфии юрских отложений Северо-Кавказской экспедицией МГУ в 1950-1954 гг. В результате этих и других работ, на дагестанскую часть территории, в 1956 г. была составлена геологическая карта [6]. Впоследствии, в 1976 г. геологическим отделом ВСЕГЕИ составлена более детальная и уточненная геологическая карта масштаба 1:500 000 [4], фрагмент которого (вместе с нашими дополнениями) приводится на рисунке 1. В настоящее время объединением «Кавказгеолсъёмка» проводятся работы по пересъёмке территории региона в масштабе 1:200 000.



Условные обозначения

K1 br - 1	J3 cl+ox - 4	- 7
K1 h - 2	J2 b+bt - 5	- 8
K1 v - 3	J2 a - 6	- 9

1 – нижний мел: барремский ярус, 2 – готеривский ярус, 3 – валанжинский ярус.

4 – верхняя юра: келловей-оксфорд-киммеридж-титонские ярусы,

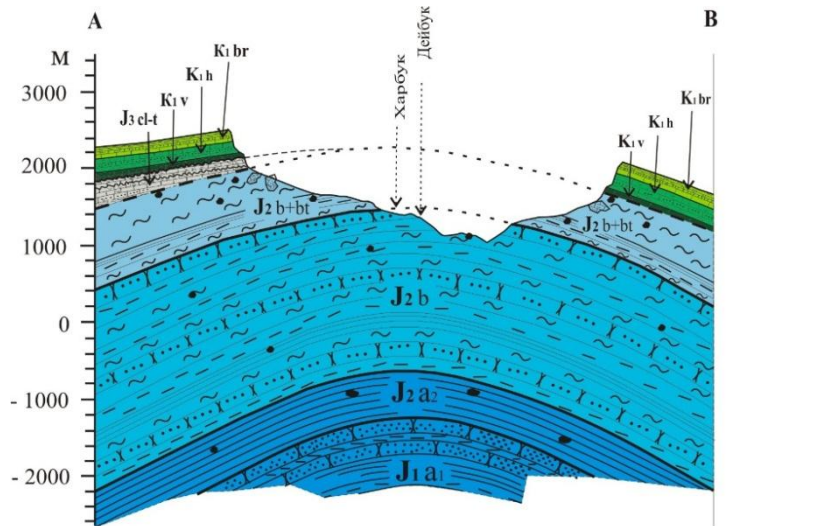
5 – средняя юра: байосский и батский ярусы, 6 – ааленский ярус,

7 – линия разреза, 8 – фрагмент продолжения предполагаемого глубинного Гамри-озенского

разлома.

9 – граница размыва в верхнеюрских отложениях.

Рис. 1. Фрагмент геологической карты масштаба 1:500 000 по [4] с дополнениями.



Условные обозначения

- 1	- 3	- 5	- 7	- 9
- 2	- 4	- 6	- 8	- 10
				- 11

1 – песчаники, 2 – алевролиты, 3 – глины, 4 – аргиллиты, 5 – известняки, 6 – известняки-ракушечники, 7 – доломиты, 8 – кремновые пелитоморфные (кристаллические) и псевдооолитовые известняки, 9 – граница размыва, 10 – региональный перерыв в осадконакоплении, 11 – сидеритовые конкреции.

Рис. 2. Геологический разрез по линии А-В (авт.)

Геолого-гидрогеологическая характеристика

Нижнеюрский период. Длительный морской режим способствовал накоплению мощной толщи осадков, представленных глинистыми сланцами и песчаниками, трансгрессивно залегающих на базальном конгломерате и сивелировавших, таким образом, все неровности доюрского основания. Минералогический состав нижнеюрских глинистых сланцев и песчаников свидетельствует о том, что слагающий их материал был получен за счёт разрушения и сноса доюрских кристаллических сланцев и гранитов. Верхняя часть нижеааленских отложений (карахская свита) сложена мощными пачками песчаников с редкими прослоями аргиллитов.

Средняя юра. Верхний подъярус ааленского яруса представлена глинистыми осадками нередко, с глинисто-сидеритовыми конкрециями, согласно перекрывающие нижеааленские отложения. В ядре антиклинали отложения аалена не обнажаются (рис. 1, 2).

Байосский и батский ярусы (*кумухская и цудахарская свиты*) обнаженные в ядре антиклинали, залегают согласно и представлены чередованием пакетов переслаивающихся аргиллитов и алевролитов с горизонтами песчаников, встречаются глинисто-сидеритовые конкреции, прослой глины с буро-желтыми окислами железа и пирит, линзы известняков и ракушечников. Видимая мощность байос-батских отложений на протяжении от ЮВ до СЗ частей брахиантиклинали составляет ~ 1600-1100 м. Ближе к СЗ части периклинали мощность отложений, видимо, увеличивается. Верхняя глинистая часть разреза условно относится к батскому ярусу. Под хр. Лес глинистая часть разреза представлена тонкослоистыми алевролитами темно-серого цвета. Мощность отложений – в пределах 450-550 м.

Верхняя юра. Предкелловейская фаза складчатости, в результате которого произошло инверсия геотектонического режима, привела к почти полному отсутствию отложений келловейского яруса в пределах северного склона Бокового хребта и непосредственному залеганию оксфорд-киммеридж-титонских отложений на байос-батских средней юры. Область начинает испытывать постоянное воздымание, что приводит в последующем к сильной эрозии и сносу терригенного материала в близлежащие области накопления. Об этом свидетельствует почти полный размыв верхнеюрских отложений в Южном Дагестане. Их нет и в ядре Дейбук-Харбукской брахиантиклинали (рис. 2).

Верхний отдел ($J_3\ cl+ox+km+t$) подразделяется на два комплекса. Отложения келловейского яруса образуют нижний терригенно-доломитовый комплекс, представленный в основном, алевролитами с прослоями песчаных известняков, доломитов и гравелитов мощностью до 140 м. Отложения оксфорд-киммеридж-титонского ярусов образуют карбонатный комплекс верхней юры и скальное основание верхнеюрского эскарпа. Сложена, в основном, плотными доломитизированными известняками с прослоями доломитов, ангидритов, часто загипсованных. Мощность комплекса в пределах 100 м. Характерная фауна – *аммониты, двустворчатые моллюски*. Келловейский ярус трансгрессивно перекрывает байос-батские отложения. Ярус сложен песчаниками с прослоями алевролитов.

Оксфордская свита трансгрессивно перекрывает келловейскую свиту и представлена буроватыми, серыми доломитами и известняками, местами с жеодами и линзочками кремней. Без видимых несогласий оксфордская свита перекрывается киммериджской. Отложения киммериджского и титонского ярусов распространены на западном крыле антиклинали. Они согласно перекрывают оксфордскую свиту и сложены карбонатно-сульфатными осадками «солевой» юры киммеридж-титона, образующими полузадернованные «полки» в обрывах эскарпа.

Киммериджская свита изменчивая по составу и мощности, представлена в основании водорослевыми, органогенно-обломочными известняками или брекчиями доломитов, а выше – ангидритами с известняками и доломитами. Суммарная видимая мощность составляет первые десятки и до ста метров. Близ ядра антиклинали они отсутствуют и разрез представлен брекчиями обрушения и оползания известняков. В оксфорде и киммеридже встречаются крупные образования брекчий и глыбы смятых известняков, обычно развитых на крыльях антиклинальных

структур. Скопления брекчий образуют мощные линзы, быстро выклинивающиеся по простиранию.

Титонская свита залегает с размывом на киммериджской и представлена доломитами и их брекчиями, в верхней части - алевролитами. В районе дороги Харбук-Бутри (хр. Лес) титонский ярус представленный переслаивающимися пелитоморфными, доломитизированными и органогенно-обломочными светло-серыми известняками с мергелевидными пелитоморфными доломитами с угловым несогласием залегает на батский ярус, представленный тонкослоистыми алевролитами темно-серого цвета. Его мощность составляет ~ 70-90 м и, вероятно, возрастает в южном направлении вдоль хребта.

Суммарная мощность свит колеблется от ~ 250 м на юго-западе до 0 м на северо-востоке (западное крыло антиклинали).

Все последующие орогенические фазы [9]: на границе нижнего и верхнего мела (древне- и новоавстрийские), пиренейская, предакчагыльская, восточно-кавказская и древневалахские усложнили строение структуры и привели к состоянию, близкому современному. Антиклинальная структура вначале подверглась плоскостной денудации, а затем, последующему подъему, деформации и расчленению линейной эрозией. На ее поверхности сформировалась эрозионная сеть (овраги, балки) и структура приобрела современный горный рельеф.

Начало мелового периода ознаменовались значительными тектоническими движениями, охватившими весь Северный Кавказ. Это привело к развитию предваланжинской регрессии, к осушению и размыву ряда областей. В Южном Дагестане валанжинские породы залегают с резким угловым несогласием на титоне по р. Чирахчай) и на келловее (по р. Цмурчай). Именно с активизацией этих движений следует связывать образование брекчий в разрезах валанжина у селений Гергебиль, Аракань, Гапшима, хр. Лес и др. Отложения меловой системы развиты в пределах крыльев антиклинали и представлены карбонатными и терригенно-карбонатными фациями.

Нижний мел (K_{1vI-br}), представленный в пределах крыльев антиклинали, подразделяется на два комплекса. Отложения валанжинского, готеривского и нижней части барремского ярусов образуют карбонатно-терригенный комплекс нижнего мела мощностью 120-140 м. Представлен он преимущественно известняками с тонкими прослоями мергелей, песчаников и алевролитов. Отложения верхней части барремского яруса совместно с аптским и альбским ярусами, распространенными на западном крыле (в сторону акушинской синклинали) образуют терригенный комплекс нижнего мела. Представлен он чередованием алевролито-глинистых и песчано-алевролитовых пород. Мощность комплекса – в пределах 240-250 м.

Валанжинский ярус с размывами (в районе хр. Лес берриасский ярус размыт полностью) перекрывает титон ($J_3 t$) и представлен горизонтом светло-серых, кремевых пелитоморфных (кристаллических) известняков, реже глинистых, доломитистых и органогенно-обломочных (псевдооолитовых) известняков с прослоями алевролитов и глин. Горизонт фациально выдержан на большой территории, его мощность колеблется от ~ 30 м на хр. Лес до, видимо, 100-120 м на западе (в сторону с. Бутри Акушинского района). Отложения бедны органическими остатками.

Готеривский ярус (*гапшиминская свита*) на водоразделах согласно перекрывает валанжинскую. Ярус слагают пачки слабосцементированных песчаников и алевролитов с детритом ракуши, зеленовато-серых, грязновато-зеленоватых, с линзами и прослоями известняков и известковых песчаников. В толще выделяется два-три горизонта органогенно-обломочных известняков серых, коричневатых и зеленовато-серых. Наиболее мощный из них (30-50 м) залегает в кровле и хорошо выдержан на обширной территории.

Барремский ярус обнажается на крыльях антиклинали, его осадки с небольшим размывом перекрывают готеривские известняки. Ярус слагают серые, зеленовато-серые, рыхловатые «мусорные» песчаники, алевролиты и аргиллиты, маломощные непрочные известняки, переходящие в ракушечники с раковинами устриц и другой фауны. За кровлю свиты принимается го-

ризонт перебива аргиллитов и конденсации фауны. Видимая мощность свиты находится в пределах от 20 до 50 м. Однообразный литологический состав и выдержанность по мощности нижнебарремских известняков свидетельствуют о сравнительно спокойном и мелководном характере осадконакопления. Начиная с верхнего баррема продолжалось дальнейшее прогибание бассейна и накопление вначале песчаных и песчано-глинистых, а затем преимущественно глинистых осадков.

Гидрогеологические условия в пределах антиклинали сравнительно просты. Водоносные горизонты нижнего мела распространены на западном и восточном крыльях антиклинали. Воды в них пластовые, трещинно-пластовые и трещинно-карстовые. В зоне свободного водообмена подземные воды тяготеют к известнякам и песчаникам. Дебиты источников - до 0,5-0,8 л/с, минерализация - 0,6-1,3 г/л. Воды смешанного гидрокарбонатно-сульфатного - кальциевого, реже магниевые типов. По мере погружения отложений на крыльях к западу и к востоку, в водах увеличиваются содержание ионов и общая минерализация.

Водоносный комплекс верхней юры (западное крыло антиклинали, хр. Лес) характеризуется преобладанием гидрокарбонатно-сульфатных - кальциевых вод, приуроченных к известнякам, доломитам, песчаникам. Дебиты источников – 0,3-1,5 л/с, минерализация – до 1 г/л, иногда - до 1,5 г/л. Источник «Хинтлин шин» - «красная вода», в область питания которого частично входят и отложения верхней юры, имеет гидрокарбонатно-сульфатный - кальциево-магниевый состав и минерализацию – 0,45 г/л. Источник «Дярлиб шин» - «холодная вода» (область питания совпадает с областью распространения среднеюрских отложений) имеет также гидрокарбонатно-сульфатный - кальциево-магниевый состав, а минерализацию – 0,24 г/л (таблица 1).

Таблица 1.

Химический состав вод за пределами населенного пункта Харбук

Источник	Макрокомпоненты, мг/л (результаты анализа предоставлены гнс ГИН РАН В.Ю. Лаврушиным)										
	Мин г/л	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ⁻² ₄	F ⁻	SiO ₂	pH
«Красная вода»	0,45	3,04	1	68,1	21,9	329	10,6	11,5	0,17	12	7,33
«Холодная вода»	0,24	8,89	1,2	46,1	6,1	146	5,3	23,1	0,34	14	7,82

Водоносные горизонты средне- и верхнеюрских отложений (песчаники, аргиллиты, алевролиты, доломитизированные известняки, гравелиты), распространенные на всей структуре антиклинали, представлены немногочисленными малодебитными источниками преимущественно гидрокарбонатных и гидрокарбонатно-сульфатных вод с минерализацией до 1,5 г/л. Области питания совпадают с областями распространения этих отложений. Питание горизонтов - за счет атмосферных осадков и подземных источников. Результаты анализа питьевых вод в населенных пунктах Дейбук и Харбук представлены в таблице 2. Видно что, химический состав и минерализация вод с. Харбук (в населенном пункте и за его пределами) не сильно различаются.

Таблица 2.

Результаты анализа питьевых вод в населенных пунктах

Населенный пункт	Содержание исследуемых компонентов, мг/л (анализы проведены в лаборатории физико-химических методов анализа ИГ ДНЦ РАН)								
	Минер. мг/л	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Fe _{общ} (ПДК 0.3)	SO ₄ ⁻² (500)	HCO ₃ ⁻	Жестк. (7,0)	pH
Дейбук	79,1	2,0	10,0	6,1	0,01	4,8	54,9	1,0	7,4
Харбук	407,1	9,0	75,0	12,2	0,04	3,2	305,0	4,75	7,7

Результаты анализа и обсуждение

На естественных обнажениях ядра антиклинали (среднеюрских отложений) и на западном ее крыле (в зоне выклинивания верхнеюрских отложений) нами отобраны десяток образцов горных пород на предмет определения в них содержания некоторых рудных минералов. Анализы проводились в лаборатории физико-химических методов анализа, на атомно-абсорбционном спектрометре Savant AA Σ (США) которые показали следующие результаты (табл. 3):

Таблица 3.

Содержания рудных минералов в средне- и верхнеюрских отложениях Дейбук-Харбукской антиклинали

Рудные минералы	Au, г/т	Ni, г/т	Cu, г/т	Zn, г/т	
Разброс показателя	0.20 - 0.46	8.90 - 99.30	5.0 - 14.20	6.0 - 40.00	
Среднее содержание	0.43	54.10	9.60	23.00	
Рудные минералы	Fe, вес. %	Mn, г/т	Pb, г/т	Cr, г/т	Hg, г/т
Разброс показателя	2.785 - 3.266 (27 850 – 32 660) г/т	167.10 - 1769.30	9.30 - 44.20	516,30 - 1745.90	0.053 - 0.075
Среднее содержание	30 260 г/т	968.20	26.75	1131 г/т	0,064

Для сравнения, ниже приведено содержание некоторых рудных минералов в глинистых сланцах рудной зоны балки Грушовой Уруп-Лабинского района (табл. 4) [2].

Таблица 4.

Содержание некоторых рудных минералов в глинистых сланцах рудной зоны балки Грушовой [2].

Рудные минералы	Au, г/т	Ni, г/т	Cu, г/т	Zn, г/т
Среднее содержание	0,34	3,00	21,80	21,20

Из приведённых результатов анализа следует, что содержание рудных минералов в отложениях антиклинали заметно превышает кларковые.

Особое внимание привлёк образец темно-серого глинистого сланца с вишнево-красным «налётом» (рис. 3) взятого нами на своде антиклинали («пласт» на дне эрозионного вреза). Раньше не встречали такого «минерала». Под лупой наблюдается редкий мелкозернистый «халькопирит». Уд. вес - выше среднего.



Рис. 3. Минерал «харбукит» (по названию близлежащего селения)

Анализ образца показал следующие результаты: Fe (вес. %) - 2,774 (**27 740** г/т); Cu - 10.5 г/т; Zn - 26.3 г/т; Mn - **975.4** г/т; Pb - 24.0 г/т; Ni - 56.7 г/т; Cr - **1210.38** г/т; Hg - 0.075 г/т; Au - 0.21 г/т. Анализ вишнево-красного «налета» на Mn и Cr показал, что содержание этих элементов составляет **1400** и **2855** г/т соответственно, т.е. в 2 раза выше чем в самом образце и кларковых содержаний (Cr – более чем в 14 раз). Предполагаем, что это - новое минеральное образование в специфических геологических условиях, созданных последующими тектоническими фазами развития региона в связи с активизацией воздымания сопровождающийся усилением многих геохимических процессов, вызванных раскрытием трещин, миграцией флюидов в зоны пониженного давления (изменением P-T условий), изменением окислительно-восстановительного потенциала, состава и химизма вод и т.д. Минеральное образование может иметь следующую формулу – $MnFe_2(Cr_2O_4)_n[Si_xO_y](OH)_z$. Для уточнения состава необходимо проведение дополнительных исследований на предмет нахождения всех составляющих минерального образования.

Обнаруженные концентрации элементов с переменной валентностью (Mn, Cr, Fe) говорят о том, что на каком-то этапе литогенеза в верхах среднеюрской толщи имело место усиление окислительных процессов, нахождение пирита и сидерита в толще - о восстановительной обстановке среды. Так как здесь имеет место совместное нахождение буро-желтых окислов железа и пирита, то это указывает на нестабильность окислительно-восстановительных условий среды формирования осадка, что вероятно, связано с прибрежно-морскими условиями их образования и накопления. Химический состав (табл. 5) и минерализация вод родников (пресные и почти ультрапресные воды) показывает что, они, вероятно, могли участвовать на стадии эпигенеза (в восстановительных условиях) в процессах выщелачивания верхнеюрско-нижнемелового карбонатного комплекса и сноса рудных минералов в эрозионные врезы свода антиклинали. Предполагается что, в сводовой части антиклинали могут быть залежи рудных минералов.

Таблица 5.

Химический состав вод за пределами населенного пункта Харбук

Источник		Микрокомпоненты, мкг/л (данные ICP-MS и ICP-AES, предоставлены гнс ГИН РАН В.Ю. Лаврушиным)										
		Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ni	Cu	Zn	As
1	«Красная вода»	3160	3587	6,8	4667	< 55	890	1564	< 1	1,5	< 1	< 0.3
2	«Холодная вода»	9812	6223	34,8	5499	< 55	7674	1825	< 1	1,9	5,9	< 0.3

Продолжение таблицы

		Микрокомпоненты											
		Sr	Ca	Mn	Fe	Co	Ag	Ba	Pt	Au	Hg	Pb	U
1		249	89960	0,73	9,5	0,13	< 0,02	46,4	< 0,006	< 0,01	< 0,07	0,22	1,5
2		311	39658	1,1	17,7	0,13	< 0,02	33,5	< 0,006	< 0,01	< 0,07	0,69	0,55

Заключение. Результаты анализа показывает что, содержание рудных минералов в отложениях антиклинали заметно превышает кларковые. К особенностям средне- и верхнеюрских отложений антиклинали относится повышенное, выше кларкового (0,5-60 мг/т), содержание золота в породах.

Подземные воды верхнеюрско-нижнемелового карбонатного комплекса могли участвовать на стадии эпигенеза (в восстановительных условиях) в процессах выщелачивания и сноса рудных минералов в эрозионные врезы свода антиклинали. Предполагается что, в сводовой части антиклинали могут быть залежи рудных минералов.

Проведенные нами работы (рекогносцировочные маршруты с отбором проб воды и образцов горных пород) и полученные результаты анализа литолого-геохимических опробований представляют определенный интерес для последующих картировочно-поисковых, поисково-оценочных работ будущих геологических экспедиций в Горный Дагестан.

Обнаруженные концентрации рудных минералов и признаки существования нестабильных окислительно-восстановительных условий среды формирования осадка подтверждает ранее сделанное заключение об активизации геотектонических процессов в альпийском цикле развития региона с частыми сменами прибрежно-морских условий образования и накопления осадков на континентальные.

Последовательный литолого-геохимический анализ структур позволяет судить о геодинамических и геотектонических условиях осадконакопления и степени активизации (вовлечения) той или иной структуры в геологических процессах что, в свою очередь, помогает палеоструктурным реконструкциям, позволяющим наметить предполагаемые зоны ВОЗ.

Литература

1. Антонова З.А. К вопросу о развитии юрской фауны фораминифер на Северном Кавказе (бассейн р. Малая Лаба) //Тр. Краснодар. фил. Всесоюзн. нефтегаз. НИИ.1962. вып.10.- С. 149-158.
2. Богущ И.А., Бурцев А.А., Рябов Г.В., Черкашин В.И. Благородные металлы черносланцевого комплекса Урупо-Лабинского района Северного Кавказа //Грозненский естественнонаучный бюллетень, № 3 (3), 2016.- С. 25-32.
3. Геологическая изученность СССР. Дагестанская АССР. Том 13. Период 1971-75 гг. вып. 1. Министерство геологии СССР. Северокавказское производственное геологическое объединение «Севкавгеология», ДГРЭ. Москва. Недра, 1989 г.
4. Геологическая карта Кавказа. Масштаб 1:500000 /ред. Д.В. Наливкин. Министерство геологии СССР. ВСЕГЕИ. Москва, 1976 г.
5. Геология и нефтегазоносность Восточного Предкавказья. Труды КЮГЭ /Брод И.О. Вып. 1. 1958. ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы. Ленинград 1958. 622 с.
6. Голубятников В.Д. Геологическая карта горной части Дагестанской АССР. Министерство геологии и охраны недр СССР. ВСЕГЕИ. 1956 г.
7. Голубятников В.Д. Геологическая карта Дагестанской АССР. Министерство геологии СССР. ВСЕГЕИ и Дагестанское геологическое отделение. 1948 г.
8. Дробышев Д.В. Хребет Лес в даргинском округе Дагестана. Тр. ГГРУ ВСНХ СССР. Вып. 86. Геол. из-во ГГРУ. Москва-Ленинград, 1931. 44 с.
9. Магомедов Р.А. Геолого-тектонические условия, геодинамическая позиция и современная сейсмичность Восточного Кавказа //Геология и ресурсы Кавказа. Труды ИГ ДНЦ РАН. Выпуск № 2(69). 2017. С. 13-32.
10. Магомедов Р.А. Геотектонический аспект рудогенеза в осадочной толще Восточного Кавказа //Геология и ресурсы Кавказа. Труды ИГ ДНЦ РАН. Выпуск № 5 (72). 2018.-С. 31-41.
11. Магомедов Р.А. Следы палеосейсмических событий в разрезах осадочного чехла Восточного Кавказа //Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Седьмое Всероссийское совещание. 18-22 сентября 2017 г., Москва. Научные материалы /В.А. Захаров, М.А. Рогов, Е.В. Щепетова (ред.). Москва: ГИН РАН, 2017. С. 119-122.
12. Паливода Н.К. Проблема поисков колчеданных руд прибрежного формирования в условиях пульсирующей трансгрессии океана в Баймакском рудном районе Южного Урала и на Восточном Кавказе. Тр. ИГ ДНЦ РАН, 2007, вып. 51.- С. 111-121.

13. Паливода Н.К., Паливода А.А. О продолжительности накопления рудного вещества в прибрежно-морской зоне и его возможных континентальных источниках при формировании медноколчеданных и полиметаллических месторождений Дагестана. Тр.ИГ Даг. ФАН СССР. Вып. 4 (24). 1980.- С. 72-79.
14. Юсупов Х.А., Муталимов М.А. Харбуццы: история и культура. АОЗТ «ИПО Юпитер». Махачкала, 1997. 592 с.

Статья опубликована в рамках проводимых НИР лаборатории геодинамики и сейсмологии по теме: «Изучение катастрофических геологических процессов природного и техногенного происхождения на территории Восточного Кавказа».

УДК 551.89

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-13-19

БОЛОТА ЮГА ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Идрисов И.А.¹, Борисов А.В.², Магомедов Б.А.¹

¹ Институт геологии ДНЦ РАН

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

Крайний юг Прикаспийской низменности в пределах равнинного Дагестана занимает Терско-Сулакская низменность. В ее пределах небольшую часть занимают морские террасы хвалынского времени. На этих террасах выявлены понижения рельефа, являющиеся аналогами степных блюдец севера Прикаспийской низменности. Эти понижения в раннем голоцене развивались в целом аналогично северным аналогам. В дальнейшем в условиях заполнения эрозионных врезов рек, подъема грунтовых вод и широкого развития гидроморфных условий в понижениях начали формироваться болота. К настоящему времени в зависимости от географического положения болот в них накопились отложения торфа значительной (до 2м) мощности и возрастом более 4000 лет. Исследование подобных отложений позволит детально изучить динамику климата юга Прикаспийской низменности для второй половины голоцена.

Ключевые слова: палеогеография, голоцен, торф, болота, Прикаспийская низменность.

THE SWAMPS OF THE SOUTH CASPIAN LOWLAND

Idrisov I. A.¹, Borisov A. V.², Magomedov A. B.¹

¹ Institute of Geology, Dagestan scientific center, RAS

² Institute of physical, chemical and biological problems of soil science RAS

The south of the Caspian lowland within the plain Dagestan is occupied by the Tersko-Sulak lowland. Within its limits a small part is occupied by the sea terraces of the Khvalyn. On these terraces relief depressions were revealed, which are analogues of the steppe saucers of the north of the Caspian lowland. These depressions in the early Holocene developed in general in a manner similar to the northern analogues. Later, in the conditions of filling the erosion inflows of rivers, the rise of groundwater and the widespread development of hydromorphic conditions, swamps began to form in depressions. By the present time, depending on the geographical location of the marshes, peat sediments have accumulated considerable (up to 2 m) thickness and age over 4000 years. Investigation of such deposits will allow to study in detail the dynamics of the climate of the south of the Caspian lowland for the second half of the Holocene.

Keywords: Paleogeography, Holocene, peat, swamp, Caspian lowland

Юг Прикаспийской низменности на территории Дагестана представлен Терско-Сулакской низменностью. Основными факторами, определяющими развитие природной среды региона, являются изменения уровня Каспийского моря и эрозионно-аккумулятивные процессы связанные с крупными транзитными реками: Тереком и Сулаком. Большое значение в перетолжении субстрата имеют эоловые процессы.

Ранее было установлено (Идрисов, 2016), что экзогенные процессы на юге Прикаспийской низменности резко отличаются от их развития на остальной ее части. В первую очередь это связано с большим объемом поступления аллювиального материала. В современных условиях на единицу площади юга Прикаспия приходится в 80-100 раз больше аллювиальных наносов, ежегодно приносимых Тереком и Сулаком (без учета системы рек Акташ-Акса́й), по сравнению с поступлением аллювием Волги и Урала на единицу площади на севере Прикаспия.

подавляющая часть юга Прикаспийской низменности занята или непосредственно аллювиальными отложениями, либо переслаиванием аллювиальных и морских отложений (Идрисов, 2016). Для аллювиальных отложений, слагающих поверхность юга Прикаспийской низменности, по нашим данным характерен достаточно молодой возраст и практически все они образовались в среднем и позднем голоцене. Ранее для нее предполагался позднплейстоценовый возраст (Рашутин, 1988; Касьянова, 1992).

Соответственно большая часть юга Прикаспийской низменности отличается молодостью ландшафтов, что существенно затрудняет выявление в ее пределах отложений, которые накап-

ливались в течение большей части голоцена. Плейстоценовые отложения занимают лишь крайний юг территории, вдоль передовых хребтов Кавказа (Идрисов, 2011).

Поиск представительных палеоархивов голоцена обусловил необходимость выявления относительно стабильных отрицательных форм рельефа, сформированных в конце плейстоцена – начале голоцена. В этих формах рельефа можно ожидать накопление в течение голоцена необходимых палеогеографических архивов (озерных отложений и торфа). Для района работ это хвалынские (конец позднего плейстоцена) морские равнины (Федоров, 1957). Ранее было известно широкое развитие подобных отложений на участке между Махачкалой и Кизилюртом в зоне примыкающей к передовым хребтам. Также здесь было выявлено широкое развитие береговых форм рельефа (Идрисов, 2011).

Анализ космоснимков позволил выявить в западной части этой территории относительно плоские поверхности с большим количеством понижений причудливой формы с округлыми краями. Эти участки по нашим представлениям схожи с участками хвалынских морских равнин севера Прикаспийской низменности. Такие понижения, по нашему мнению, являются трансформированными степными блюдцами. Сами понижения сформированы после деградации многолетней мерзлоты на рубеже плейстоцена-голоцена.

В таких условиях возможно развитие болот и накопление торфа как наиболее надежного архива палеогеографической информации. Для Прикаспийской низменности данные по болотам носят крайне ограниченный характер и связаны с ее северо-западом более чем в 350 км от района наших исследований (Кременецкий, 1997). Определенный интерес представляют данные по изучению голоценовых отложений в дельте Волги (Болиховская, 2011), однако в силу резкой контрастности условий осадконакопления в дельтах, палеогеографические реконструкции по ним связаны с большими трудностями. В этой связи поиск представительных болот на Прикаспийской низменности и их исследование является важной палеогеографической задачей. Болотные почвы выделялись в районе работ и при почвенных исследованиях (Почвы Дагестана, 2013).

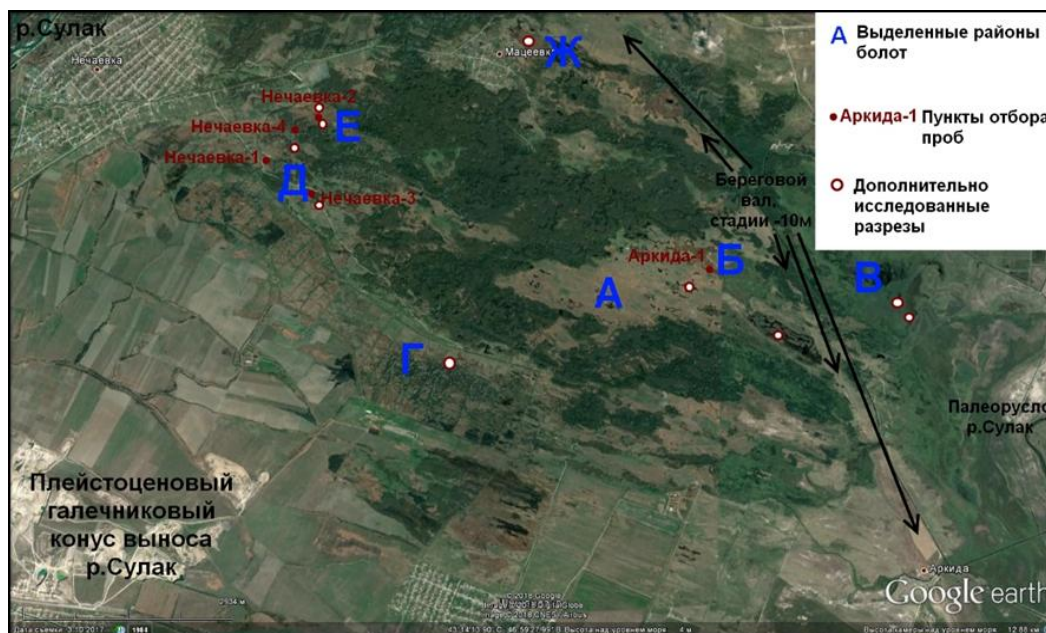


Рис. 1. Район работ

Полевые исследования в марте 2018 года позволили сделать ряд выводов об этих формах рельефа и развитых в них отложениях.

В юго-восточной части (рис.1 – А) понижения имеют глубину до 3,5м и относительно крутые борта. Понижения разделены плоскими участками с глубиной расчленения менее 1,0 м. В период обследования впадины были залиты водой до глубины 1,5 м. Впадины поросли

тростником. Четко определимых залежей торфа на дне не выявлено. Дно покрыто вязкой пластичной глинистой массой черного цвета. Вероятно, такие впадины относительно недавно (порядка 100 лет) были залиты водой, а также существуют в условиях резко нестабильного водного режима, вплоть до полного высыхания и выгорания тростниковой растительности.



Рис. 2. Участок Аркида 1. Видна конфигурация понижений, занятых болотами разных групп. Длина линии 500 метров.

Севернее (рис.1 – Б) протягиваются впадины, слившиеся в крупные системы болот. Сами впадины различимы по краям болот в виде причудливо изгибающейся (фестончатой) береговой линии (рис.2). Поверхность между болотами слаборасчлененная. Перепад высот между поверхностью болот и межболотными пространствами составляет 1,0 – 1,5м. В центральных частях крупные болота заняты водой глубиной до 1,5м с высоким тростником. В периферийных частях в пределах собственно западин дно занято мощным слоем торфа. Торф сильно разложившийся, практически отсутствуют макроостатки растений. Торф отличается черным цветом в верхних 20-40см и черным цветом с бурым оттенком в нижней части. Подстиляется черной бесструктурной (пластилинообразной) глиной с большим количеством органики. Отсутствие сизо-голубых тонов в окраске, характерных для глеевых горизонтов почв, позволяет говорить о том, что природа этих отложений, преимущественно органогенная и доля почвенного материала в них довольно низкая. Здесь было исследовано несколько разрезов. Для определения возраста были отобраны образцы торфа (разрез Аркида-1): с глубины 50 см, в районе нижней границы торфонакопления 90 см и образец близ подошвы с глубины 150 см. Периферия болот заросла лесной растительностью. Межблюдцевые пространства заняты лугово-степной растительностью.

Также было исследовано болото Бакас (рис.1 – В). Оно расположено к востоку от четко фиксируемого берегового вала высотой порядка -10м связанного с одной из последних трансгрессивных стадий хвалынского этапа (Федоров, 1957). С востока болото ограничено системой береговых валов палеорусел реки Сулак голоценового возраста (Идрисов, 2011; 2013). В период исследований отличалось высоким уровнем воды, в частности вдоль периферии болота была залита поверхность с травой до глубин порядка 0,5 м. Бурение ручным буром в доступных местах не позволило обнаружить значимых скоплений торфа. Вскрывались лишь маломощные (менее 20 см) слои рыхлого торфа с большим количеством корневищ тростника.

На хвалынских равнинах также исследована и западная часть. Здесь исследовались участки к востоку и юго-востоку от села Нечаевка. Эта территория отличается значительной дифференциацией по строению болот и заболоченных участков.

Вдоль юга и юго-запада (рис.1 – Г) территория оконтуривает с севера крупный плейстоценовый галечниковый конус выноса реки Сулак. Здесь было установлено широкое развитие песчаных образований, сильно переработанных золовыми процессами. Собственно понижений степных блюдечек здесь не выявлено. Понижения на данном участке заболочены, мощность торфа в них минимальна. Вероятно, данный рельеф характеризуется значительной динамикой и современное заболочивание понижений произошло относительно недавно за счет поступления воды из оросительной сети и фильтрации сквозь проницаемую толщу галечников конуса выноса и кроющих их песков. Пространство вокруг понижений занято широколиственными лесами. Сами понижения заняты тростниками.

Севернее (рис.1 – Д) выявлено широкое распространение понижений типа степных блюдечек. Окружающие территории характеризуются плоским рельефом. Блюдца в отдельных случаях имеют крутые борта, но часто очень полого переходят в межблюдцевые пространства. Превышение поверхности блюдечек от поверхности равнин в пределах 1,0-2,0 м. Дно блюдечек занято торфом. Верхние 20-25 см представлены черным хорошо разложившимся торфом с примесью терригенного материала. Макроостатки растений отсутствуют. На глубине 20-35 см залегает черно-бурый относительно слабо разложившийся торф с существенно меньшим количеством терригенного материала. На глубине 35-50 см залегает буро-серый торф с большим количеством мелких корней. Характерно наличие многочисленных крупных фрагментов древесины, а также отдельные крупные корневища тростника. На глубине 50-70 см залегает буро-серый торф с большим количеством мелких корней. Слой переполнен крупными корневищами тростника. На глубине 70-85 см залегает черный хорошо разложившийся торф с примесью терригенного материала. Ниже он постепенно переходит в черную пластичную глину с большим количеством органики. Ниже 100 см вскрывается глеевый горизонт. Отдельные участки межблюдцевых пространств заняты лугово-степной растительностью. На самих блюдцах растет осоково-тростниковая растительность и изредка деревья. Возвышенные участки вдоль северной периферии района заняты дубовым лесом. Все исследованные разрезы в блюдцах на данном участке отличаются схожим строением, на радиоуглеродный анализ здесь взяты образцы из разреза Нечаевка-1 с глубины 43-47 см.

Севернее (рис.1 – Е) развита система крупных болот, которые перекрывают множество блюдечек и пространства между ними. Эта территория поросла заболоченным широколиственным низинным лесом. Центральные части болот заняты тростником. Перепад рельефа в пределах территории менее 1 м. В разных частях мощность торфа различна, но сохраняется однотипное строение разрезов. Верхние 20-25 см представлены черным хорошо разложившимся торфом с большой примесью терригенного материала. На глубине 25-90 см залегает буро-серый торф с большим количеством корневищ тростника. В пределах крупного болота (разрез Нечаевка-2) был заложен поперечный профиль с бурением скважин через 40 м. В наиболее глубоких частях болота установлено, что в средней части этот слой был очень рыхлым и практически не отбирался буром. На глубине 90-120 см черный хорошо разложившийся торф с большим количеством терригенного материала. Ниже постепенно переходит в черную бесструктурную глину с большим количеством органики. Ниже 190 см глеевый горизонт. Образцы взяты из разрезов Нечаевка-2 (данные по образцу в таблице 1) и Нечаевка-4.

Также исследованы болота в северной части района, восточнее села Мацевка (рис.1 – Ж). Понижения отличаются глубиной до 2,0-2,5 м и имеют относительно крутые борта для отдельных изолированных понижений. В случае крупных болот (с большим числом слившихся понижений и покрытием водой пространств между ними) характерен плавный переход от окружающих пространств к центральным обводненным частям.

Таблица 1.

Результаты радиоуглеродного датирования образцов, проведенного в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН

№	Лаб. № ИГАН	Описание образца	Материал	Радиоуглеродный возраст, лет назад, (BP)/p MC, %	Интервал калиброванного возраста на 1σ, 2σ Cal BP-лет назад
1	6068	Образец №1, Аркида 1, 50 см	торф	102±20	102
2	6069	Образец №2, Аркида 1, 100 см	торф	1720±60	68.3 (1 sigma) cal BP 1.000 95.4 (2 sigma) cal BP 1524 - 1815 1.000 Median Probability: 1635
3	6070	Образец №3, Аркида 1, 150 см	торф	2750±60	68.3 (1 sigma) cal BP 0.916 2777 - 2887 0.084 2908 - 2921 95.4 (2 sigma) cal BP 1.000 2752 - 2978 Median Probability: 2851
4	6071	Образец №4, Нечаевка 1, 30 см	торф	510±50	68.3 (1 sigma) cal BP 0.915 506 - 553 0.085 612 - 620 95.4 (2 sigma) cal BP 0.756 487 - 565 0.244 586 - 645 Median Probability: 536
5	6072	Образец №5, Нечаевка 2, 150 см	торф	3630±70	68.3 (1 sigma) cal BP 0.812 3849 - 3997 0.188 4037 - 4078 95.4 (2 sigma) cal BP 0.025 3724 - 3754 0.033 3757 - 3795 0.900 3818 - 4104 0.042 4106 - 4149 Median Probability: 3950
6	6073	Образец №6, Нечаевка 1, 43-47 см	торф	180±50	68.3 (1 sigma) cal BP 0.204 0 - 30 0.585 139 - 222 0.211 258 - 290 95.4 (2 sigma) cal BP 0.165 0 - 41 0.617 60 - 233 0.219 240 - 303 Median Probability: 174

Все понижения, в том числе и небольшие, залиты водой. На дне отсутствуют крупные скопления торфа. По периферии понижений под водой находится и травянистая растительность. Центральные части крупных понижений и болот заняты зарослями тростника. Данный участок, вероятно, относительно недавно подвергся затоплению и отличался периодическим высыханием, во многом схож с участком на юго-востоке района работ (рис.1 – А).

Следует отметить, что для всех понижений в пределах хвалынской равнины (как в изолированных блюдцах, так и в крупных болотах объединяющих множество блюдцев и пространства между ними) на разной глубине были выявлены глеевые горизонты. Они голубовато-серого цвета, глинистые с четко различимой верхней границей. При этом собственно торфяные горизонты мощностью более 20 см обнаружались лишь в ограниченной группе понижений, с определенным географическим положением.

Наши исследования понижений развитых на хвалынских и хазарских террасах юга Прикаспийской низменности (Идрисов, 2006) показали, что в них развиты солончаки для которых характерны подобные хорошо сформированные глеевые горизонты. При этом исследованные нами собственно солончаки и занимаемые ими впадины вероятно сформированы в морских и береговых условиях и существенно отличаются от впадин развитых на юге Прикаспийской низменности и занятых болотами.

В результате полевых исследований было выявлено что в отдельных случаях для опорного разреза Аркида-1 заметны тонкие оглеенные сине-голубого цвета пропластки глин (мощностью 1-5см). Эти пропластки залегают в толще торфяных отложений мощностью более двух метров. Вероятно их формирование связано с интенсификацией поступления терригенного материала в понижения.

Для уточнения история формирования торфа и болот в районе работ были отобраны образцы торфа для установления их абсолютного возраста. Радиоуглеродное датирование образцов торфа проведено в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН (таблица 1). Полученные предварительные данные в целом подтверждают сделанные ранее предположения и детализируют историю развития территории в голоцене (Идрисов, 2013). В частности подтвердился вывод о значительной расчлененности рельефа в период мангышлакской регрессии в начале голоцена. В это время долины рек были глубоко врезаны, резко снижался уровень грунтовых вод и условия для формирования болот отсутствовали. К середине голоцена (порядка 4-5 тыс.л.н.) эти врезы заполнились и уровень грунтовых вод поднялся, в понижениях начали формироваться болота, которые существуют с тех пор практически непрерывно.

Заключение

Установлено, что на крайнем юге Прикаспийской низменности к востоку и юго-востоку от города Кизилюрт развиты береговые валы и морские террасы хвалынского этапа позднего плейстоцена. В пределах этих участков выявлены разнообразные понижения рельефа, часто занятые озерами и болотами.

Изометричные понижения рельефа являются трансформированными степными блюдцами сформированными в позднем плейстоцене. Подобные объекты впервые выделены на крайнем юге Прикаспийской низменности. При этом они широко развиты на севере низменности, где являются доминирующими формами микрорельефа.

В дальнейшем в период мангышлакской регрессии (начало голоцена) вся Прикаспийская низменность была глубоко дренирована и условия для формирования болот здесь отсутствовали. Со временем эрозионные врезы рек Терек и Сулак заполнился наносами. Это привело к подъему грунтовых вод на прилегающей территории и заполнению водой понижений рельефа в которых начали формироваться болота.

Вероятно, после начальной луговой стадии на дне степных блюдец, все впадины в зависимости от особенностей гидрологического режима могли развиваться в трех режимах: солончак, озеро, болото. Смена режимов могла происходить многократно. При этом для некоторых впадин возможны изменения солончак→озеро (включая несколько таких циклов), а для других солончак→озеро→болото.

Выявленные нами болота существуют за счет подтока подземных вод из реки Сулак. В последние десятилетия большое значение приобрела инфильтрация из многочисленных каналов.

Первоначальное состояние для всех понижений в конце плейстоцена – начале голоцена было степные блюдца с луговыми почвами в разной степени солонцеватыми.

Дифференцированное развитие трех отмеченных режимов могло происходить в течение среднего – позднего голоцена. В этот же период в понижениях могли накапливаться отложения, исследование которых позволит исследовать изменения природы в это время.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда, проект 17-18-01406 «Экологический детерминизм развития древних обществ: хозяйственные модели населения эпохи бронзы Кавказа и степи в условиях меняющегося климата»

Литература

1. Болиховская Н.С. Эволюция климата и ландшафтов Нижнего Поволжья в голоцене //Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2011. № 2. С. 13-27.
2. Идрисов И.А. Ландшафтно-геохимические особенности приморской зоны Дагестана. Дисс.канд.геогр.наук. М., 2006. 154с.
3. Идрисов И.А. Особенности формирования рельефа Северного Дагестана //Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. 2011. №2. С. 102-107.
4. Идрисов И.А. О структуре рельефа юго-запада Прикаспийской низменности //Аридные экосистемы. №1. 2013. С. 36-43.
5. Идрисов И.А. Голоценовые отложения юго-запада Прикаспийской низменности. Материалы всероссийской конференции. Пути эволюционной географии. М., 2016. С. 124-128.
6. Залибеков З.Г. Почвы Дагестана. М., 2010. 242с.
7. Касьянова Н.А. Детализация глубинного строения и неотектоника Терско-Сулакской впадины по анализу гидросети и уклонов современного рельефа //Геоморфология. №3. 1992. С. 57-62.
8. Кременецкий К.В. Природная обстановка голоцена на Нижнем Дону и в Калмыкии. В сборнике: Степь и Кавказ (культурные традиции). М., 1997. С. 30-45.
9. Рашутин Д.В. Морфодинамика русла Среднего Терека и ее связь с историей развития реки и геоморфологией долины //Геоморфология. №3. 1988. С. 56-65.
10. Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря. Труды Геологического института. Вып.10. М., 1957. 155с.

УДК 551.217.24 (470.67)

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-20-23

ПРОДУКТЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ЭКСПЛОЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ДАГЕСТАНЕ
(ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ)

Исаков¹ С.И., Мацапулин¹ В.У., Гусейнов² М.М., Тулышева¹ Е.В.

¹Институт геологии ДНЦ РАН, ²Институт физики ДНЦ РАН

Выявлены и охарактеризованы проявления позднекайнозойской эндогенной активности различных типов. Вкратце описаны геологическое положение, структуры, текстуры этих образований. Проведены ядерные гамма-резонансные исследования образцов горных пород с разных проявлений.

Ключевые слова: брекчия, флюиды, гидротермально-эксплозивные образования, горные породы, мёссбауэровская спектроскопия, Дагестан.

PRODUCTS OF HYDROTHERMAL-EXPLOSIVE PROCESSES IN DAGESTAN
(EASTERN CAUCASUS)

Isakov¹ S.I., Matsapulin¹ V.U., Guseinov² M.M., Tulysheva¹ E.V.

¹Institute of Geology, Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, ²Institute of Physics, Dagestan Scientific Center

The manifestations of late Cenozoic endogenous activity of various types were revealed and characterized. The geological situation, structures, textures of these formations are briefly described. Nuclear gamma-resonance researches of rock samples from different manifestations have been carried out.

Keywords: breccia, fluids, hydrothermal-explosive formations, rocks, Mossbauer spectroscopy, Dagestan.

Изучение в последнее десятилетие геологии кайнозоя на территории Дагестана позволило выявить эндогенные проявления, которые в дальнейшем С.И. Исаковым были впервые разделены на три типа согласно Петрографическому кодексу России [6]: гидротермально-эксплозивные, вулканокластические и вулканогенно-осадочные. Проявления эти небольших размеров, без стратовулканических построек, приурочены к наиболее крупным разломам продольного заложения по отношению к общекавказским структурам и поперечным к ним, более мелким по сравнению с продольными. Они приурочены к границе Терско-Каспийского передового прогиба с орогенными структурами – Дагестанским клином и др., относящимися к Альпийской складчато-надвиговой структуре. Наибольшая концентрация проявлений отмечена в Центральном и Южном Дагестане.

Такие проявления как Истисувские, Буйнакский перевал, с. Нижнее Казанище, Аварское Койсу, Урминская синклиналь, Джинаби, Каякентское отмечены в коренных песчано-глинистых породах и известняках. В Истисувской долине отмечены верхнеплейстоцено-голоценовые террасы (m- до 10 м) сложенные вулканогенным материалом: вулканическое стекло – 10 %, цеолиты – 25-30 %, кварц – 20-25 %. Проявления Эрпели-Озень, Халагорк, Кара-Тюбе залегают на аллювиальном материале. Проявления пеплового материала в долине р. Рубасчай тесно связаны с травертином и прожилками гипса, проявления Урминской синклинали – в толще олигоценых известняков.

Наиболее интересными являются проявления гидротермально-эксплозивного типа. По вопросу о положении гидротермально-эксплозивных образований Н.А. Фогельман [9], полагает, что это – подвижные обломочные массы, состоящие главным образом из пород и минералов преимущественно невулканического происхождения, отторгнутых от стенок вулканических камер и каналов.

Особое внимание следует обратить на форму тел, поскольку поступающий под достаточным давлением в верхнюю кору флюид перерабатывает на своем пути любое проницаемое геологическое тело, заполняя в нем «все существующие полости, дефекты и видоизменяя его свойства» [1,7,10,11].

Подобные эксплозии приводят к проникновению флюида во вмещающую среду, сбросу или экстракции его отдельных ингредиентов, к фиксации переносимого флюидом вещества в новом пространстве, что и приводит к образованию пород и геологических тел со специфическими признаками [6,8,10,12].

Структура, текстура, минеральный и химический состав этих пород формируются за счет способности флюидов переносить во взвешенном состоянии обломки глубинных пород и минералов, фрагменты расплавов и продуктов их кристаллизации обломки вмещающих пород раскристаллизации флюидной составляющей. Концентрация флюидов и пути их миграции связаны с ослабленными зонами разрывных нарушений в земной коре. Работа взрыва имеет бризантный (измельчающий) характер, приводящий к разрушению среды. Отметим, что повышенная трещиноватость горных пород как раз характерна для зон разрывных нарушений, т.е. бризантный фронт глубинных взрывов флюидов будет направлен по ним к поверхности в сторону уменьшающегося давления [3,4,5,12].

Изучение продуктов флюидно-эксплозивных процессов в толщах земной коры это новое, интенсивно развивающееся направление в геологии, поскольку с ними связан широкий спектр полезных компонентов. Они довольно широко распространены не только с магматическими, но и с осадочными породами. Потому изучение выявленных образований имеют геологическое значение и металлогеническое – как поисковые признаки на рудные полезные ископаемые (Cu, Pb, Zn, Au, Pt, Ag) [5,12].

Такой тип образований выявлен на Бугленском карьере, Буйнакском перевале, Нижнее Казанище, локализующихся в среднемиоценовых слабосцементированных кварцевых песчаниках. В стенках карьера обнажается тело дробленных кварцевых песчаников белого цвета (слабосцементированная брекчия) мощностью до 40 м, по высоте – 20 м, местами выходя на дневную поверхность, просвечивая в почвенно-растительном слое.

В карьере, в результате отработки песков, образовался овал-оползень с естественным углом откоса, который принимался нами вначале за техногенный взрыв. Впоследствии было установлено, что техногенных взрывов на карьере не было, а овальный оползень – природное явление. Это тектоническое овальное образование, возникшее в результате эксплозии. В западной части обнажения возник разрез, связанный с эксплозией, в которой в песчаниках сформированы горизонтально залегающие пласты нагнетания, прорывающие песчаники, глинистого материала зеленоватого и черного цвета, некоторые из них раздваиваются.

В днище карьера обнажаются тектонические трещины мощностью до 0,1 м выполненные дробленными кварцевыми песками, глинистым и железистым материалом красноватобурого цвета.

В свалах у стенок карьера отмечаются редкие ожелезненные трубчатые формы диаметром до 0,3 м, их стенки имеют мощность до 2-3 см, внутри они выполнены песком, аналогичным неизменным вмещающим песчаникам; гантелеобразные, конкрециевидные и в виде двутавровых балок.

Отмечается связь эксплозивных брекчиевых пород (слабосцементированных с кварцгематитовым материалом) с ожелезнением и самостоятельным образованием оксидов железа (прожилки, прослой). На проявлении долины р. Истисув установлены прожилки гематит-гетитового состава в трещиноватых зонах песчаников; в долине р. Шура-Озень с эксплозивными процессами связаны ожелезненные пласты песчаников; в проявлении Нижнее Казанище по тектоническим полостям с брекчиевыми породами отмечаются черные глины и оксиды железа.

В пепловидном материале проявлений под микроскопом выделяются ожелезненные обломки пород и кварцевых зерен. Скопление оксидов железа отмечаются и в виде самостоятельных проявлений – Эрпели-Озень, Чиркейское водохранилище и др.

В карбонатах мелового возраста выделяются проявления аналогичные эксплозивному образованию Буглен. В районе с. Цудахар установлено брекчиевое проявление известняков. Оно крупнее Бугленского, в виде удлиненного брекчиевидного овального тела 04×0,9×0,05 км.

С ним связаны штокоподобные тела с ожелезненным карбонатом. Наиболее крупное образование ожелезненных карбонатов в Дагестане отмечено в долине р. Усух-чай – Шахдагский и Шалбуздагский массивы, последний ожелезнен интенсивнее.

Ожелезненные карбонаты [6], образуются в результате подтока гидротермальных растворов, т.е. в образовании этих массивов участвовали длительное время действовавшие эндогенные процессы. Ниже по течению долины р. Усух-чай в районе с. Микрах, а в долине р. Самур – в районе с. Мискинджи отмечены структурные террасы, покрытые глыбами ожелезненных известняков. По геолого-геоморфологическим данным мы считаем, что эти глыбы результат эксплозивного процесса, при котором происходил выброс гидротермальных растворов с оксидами железа, т.к. обломки ожелезненных известняков покрыты сверху железистыми растворами.

С целью выявления разнообразия физико-химических условий генезиса и состава упомянутых выше образований на юго-западе Дагестана, мы провели ядерные гамма-резонансные исследования образцов горных пород с нескольких территорий. Проведённые нами исследования дали повод для дальнейших исследований горных пород с целью изучения их физико-химических особенностей и роли ионов железа в формировании в них различных минералов.

Ядерная гамма-резонансная (мёссбауэровская) спектроскопия (ЯГРС), как один из самых информативных экспериментальных методов исследования конденсированного состояния вещества широко используется в геологии. Это связано с высокой чувствительностью метода к изменению энергии гамма-излучения, что позволяет получать об объекте исследования информацию микроскопического (локального) характера в сочетании с данными о кооперативных явлениях. Метод, в частности, позволяет получать информацию о фазовом составе и о сверхтонких взаимодействиях ядер ^{57}Fe в железосодержащих объектах.

Мёссбауэровские исследования показали наличие во всех образцах пород фракций железа в составе разных минералов. Фазовый анализ, проведённый программой обработки спектров UnivemMS, адаптированной в мёссбауэровской спектроскопии на идентификацию минералов FeOOH-FeOnH , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO и Fe в конденсированных средах, показал наличие их во всех исследованных образцах в разном процентном содержании и разных структурных и физико-химических состояниях.

По данным гамма-резонансной спектроскопии установлены следующие оксиды железа (табл. 1). Распределение Fe по фазам (обработка по двум стат. эквивал. моделям) [2].

Таблица 1.

Данные гамма-резонансной спектроскопии

№№ п/п	Доля в спектре образца, % минеральные формы Fe	Буглен	Миатлинское вдхр.	Цудахар	Эрпели- Озень	Челябинский метеорит
1	FeOOH+FeOnH (гетит)	49.5 +/- 0.1	99.1 +/- 0.9	97,5	71,0	65,8
2	Fe_2O_3 (гематит)	0.0 +/- 0.0	0.6 +/- 0.6	0,9	0,0	24,5
3	Fe_3O_4 (магнетит)	48.3 +/- 0.2	0.0 +/- 0.0	1,6	1,96	9,7
4	αFe (альфа-железо)	1.7 +/- 0.1	0.1 +/- 0.1	0,0	6,2	0,0
5	FeO (вюстит)	0.6 +/- 0.0	0.2 +/- 0.2	0,0	3,2	0,0

На проявлениях Буглен и Эрпели-Озень отмечены устойчивые содержания вюстита и αFe , форм характерных для метеоритов. Другие минералы также отмечаются в метеоритах, но имеют вторичный характер, т.е. окисление на Земле.

Итак, на территории Дагестана отмечаются зоны ожелезнения разных масштабов и разного генезиса: сингенетичные с образованием пород и эпигенетичные, наложенные на уже сформированные породы. К эксплозивным образованиям бугленского типа мы также относим брекчированные (слабосцементированные) проявления в известняках, кроме упомянутого вы-

ше, в пределах Гимринского хребта (с. Аркасс), с. Акуша, в известняково-доломитовой толще в долине р. Аварское Койсу, в районе с. Унцукуль и др. На проявлениях с эндогенным подтоком гидрооксидов в долине р. Усухчай отмечаются шлиховые ореолы киновари, галенита, сфалерита; в известняковой толще на правом берегу р. Усух-чай установлено Каладжухское осадочно-гидротермальное проявление полиметаллов. Так что с зонами ожелезнения намечается и связь полезных ископаемых.

Литература

1. Вартанян Г. С. Флюидосфера Земли //Планета Земля. Тектоника и геодинамика. - СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. - С. 144–149.
2. Гусейнов М.М., Мацапулин В.У., Казанова Э., Юсупов А.Р., Исаков С.И. //О природе брекчиевых пород и связи с ними красцветов в меловых и позднекайнозойских образованиях Дагестана по данным гамма-резонансной спектроскопии //Сборник трудов XI Международного семинара «Магнитные фазовые переходы» Махачкала, 2015. С. 195-198.
3. Короновский Н.В., Демина Л.И., Мышенкова М.С. Флюидолиты Северного Приэльбрусья. //Вестн. Моск. Ун-Та. Сер. 4. Геология. 2011. № 1. С. 8-14.
4. Короновский Н.В., Демина Л.И., Промыслова М.Ю., Мышенкова М.С. Признаки глубинных взрывов флюидов в продуктах самостоятельного центра извержения Битюк-Тюбе (Западное Приэльбрусье) //Вестн. Моск. Ун-Та. Сер. 4. Геология. 2013. № 2. С. 7-15.
5. Короновский Н.В., Милановский Е.Е. Верхнечетвертичные эксплозивные центры в Дарьяльском ущелье Терека //Доклады академии наук СССР, т. 1, №3. 1969. С. 84-89.
6. Петров О.В. Геологический словарь. Спб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. Т.1. 432с.
7. Петров О.В., Шатов В.В., Шарпенко Л.Н., Лукьянова Л.И., Миронов Ю.Б. Флюидоэксплозивные породы как новый тип рудоносных образований //Магматизм и метаморфизм в истории Земли. XI Всероссийское петрографическое совещание с участием зарубежных ученых. Екатеринбург, 2010. Т.2. С. 126-127.
8. Рыбальченко А.Я., Колобянин В.Я., Лукьянова Л.И. и др. О новом типе коренных источников алмазов на Урале //Докл. РАН. 1997. Т. 353. № 1. - С. 90–93.
9. Фогельман Н. А. Рудоносные эксплозивные брекчии криптовулканических аппаратов //ДАН СССР. 1969. Т. 188. № 6. - С. 1357–1359.
10. Шарпёнок Л.Н., Голубева И.И., Лукьянова Л.Н., Махлаев Л.В. Флюидолиты как новый тип эндогенных горных пород //Происхождение магматических пород: Материалы Междунар. петрограф. совещ. Т. 2. Апатиты, 2008. С. 281–282.
11. Шарпёнок Л.Н., Лукьянова Л.Н. К систематике и классификации флюидоэксплозивных горных пород //Вулканизм и геодинамика: Мат-лы II Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург. 2003. С. 744-746.
12. Якобсон К.Э., Казак А.П., Копылова Н.Н., Проскурнин В.Ф., Толмачева Е.В. Атлас структур и текстур флюидно-эксплозивных образований в осадочных отложениях. ВСЕГЕИ. Санкт-Петербург. 42с.

УДК 550.34

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-24-33

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ
МЕТОДАМИ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО АНАЛИЗА*Мельков Д.А., Макиев В.Д.*
Геофизический институт ВНЦ РАН

В статье рассмотрено применения поляризационного анализа сейсмических записей для вычисления азимутов на источник. Показаны возможности метода на примере землетрясения 11 мая 2008 года на территории Северной Осетии. Исследованы параметры поляризации, рассчитываемые по акселерограммам сильных движений. Выполнено сопоставление азимутов, рассчитанных по поляризации различных типов волн с сейсмологическими данными. Использование поляризационного анализа с алгоритмами автоматического выделения сейсмических волн позволяет производить оперативную предварительную локализацию очагов землетрясений по данным одной станции. Разработанные алгоритмы могут быть использованы в автоматизированных рабочих местах, комплексах и системах.

Ключевые слова: поляризация, азимут, угол выхода сейсмического луча, локализация событий, акселерограмма.

IDENTIFICATION OF SEISMIC WAVE ARRIVAL DIRECTION BY METHODS
OF POLARIZATION ANALYSIS*Melkov D.A., Makiev V.D.*
Geophysical Institute of VSC RAS

The article deals with the application of polarization analysis of seismic records for the calculation of azimuths at a source. The possibilities of the method are shown on the example of the earthquake happen on May 11, 2008 on the territory of North Ossetia. The polarization parameters calculated from accelerograms of strong motions are investigated. A comparison of azimuths calculated on the basis of polarization of various types of waves with seismological data is performed. The use of polarization analysis with algorithms for automatic seismic wave identification may be used for operative preliminary localization of earthquakes on the basis of only one station record. Developed algorithms can be used in automated workplaces, complexes and systems.

Keywords: polarization, azimuth, seismic ray fall angle, event localization, accelerogram

Определение направления прихода сейсмически волн позволяет решать задачи оперативной локализации эпицентральной зоны сильных землетрясений [Заалишвили, 2017], источников микросейсмических шумов [Заалишвили и др., 2015; Беляков и др., 2016], направление ожидаемых сейсмических воздействий необходимо для точных расчетов зданий и сооружений [Заалишвили, Мельков, 2017а; Мельков, 2017; Заалишвили и др., 2018], мониторинга опасных природно-техногенных процессов [Заалишвили, Мельков, 2017б] и изучения геологических объектов [Аветисян, Николаев, 2017; Заалишвили, Чотчаев, 2016].

Идентификация сейсмических волн на основе поляризационного анализа [Алказ, 1977] была выполнена для оперативной локализации эпицентра Кировского землетрясения [Заалишвили и др., 2008]. 11 мая 2008 г. в 14:57 по местному времени на территории Северной Осетии произошло землетрясение, ощущавшееся на территории г. Владикавказа с интенсивностью 2–3 балла. Непосредственно, в первые часы после землетрясения, по просьбе МЧС РСО-А нами были обработаны записи станции ГФИ ВНЦ РАН и определен азимут и предположительный район расположения эпицентра землетрясения.

Локализация источника проводилась по эпицентральному расстоянию, по разнице первых вступлений Р и S волн и азимуту на эпицентр, вычисленному по параметрам эллипсоида волновой формы продольной волны. По предварительным данным эпицентр находился в 30 км к западу северо-западу от г. Владикавказа.

Было проведено макросейсмическое обследование территории района (Ардонский и Алагирский районы Республики). При анализе результатов опроса также учитывались особенности сейсмического воздействия. Воздействие землетрясения все респонденты описывали в виде толчка, воздействие ощущалось по реакции предметов домашнего обихода

(стола, дивана, кровати и т.д.). Особенности колебаний во время землетрясения хорошо видны на инструментальных записях, где вступление поперечной волны представляет собой кратковременный импульс (рис. 1).

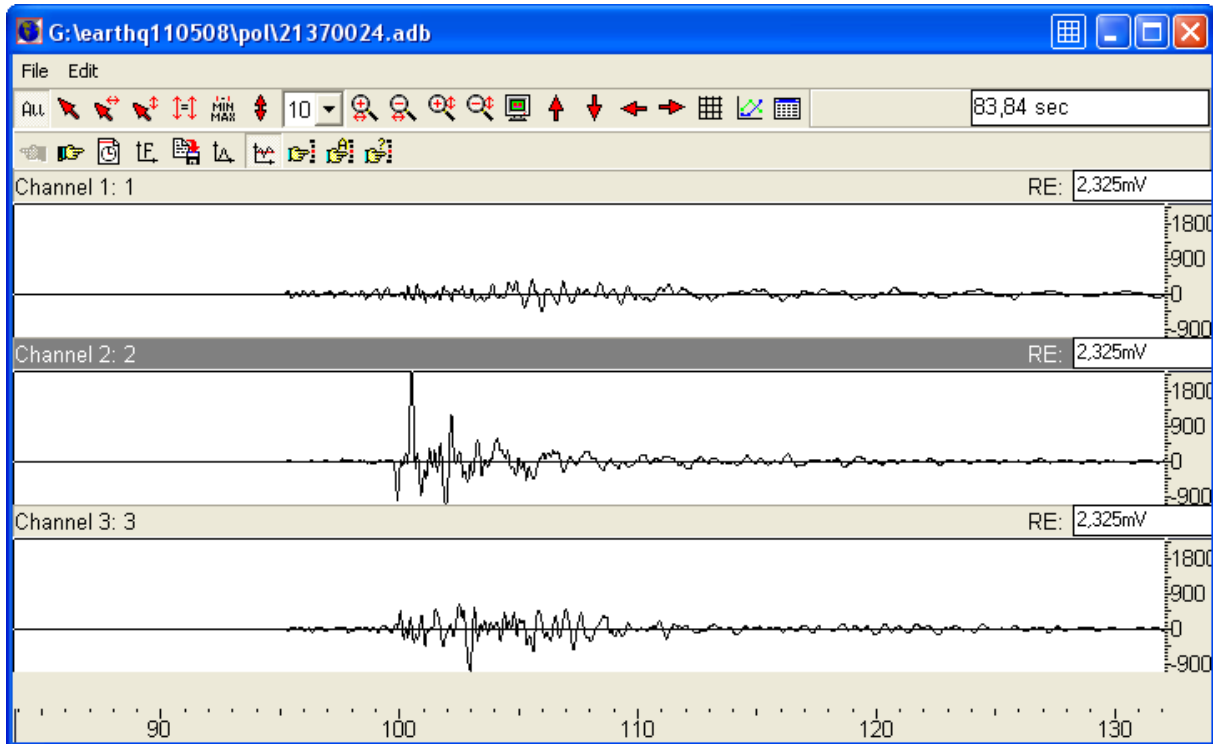


Рис. 1. Запись землетрясения, станция Геоцентр (Владикавказ).

Полагая продолжительность колебаний в виде интервала, в котором амплитуда колебаний превышает половину максимальной амплитуды, получим ее значение равное 1,6 с. В связи с этим, даже в условиях относительно высокой амплитуды воздействия, факты дребезжания посуды (сейсмическая шкала) и, тем более, окон и дверей, из-за малой продолжительности воздействия будут отсутствовать. По результатам опроса населения была составлена карта распределения сейсмической интенсивности на территории республики (рис. 3). Макросейсмический эпицентр землетрясений находился в районе с. Кирово в Ардонском районе. Поскольку в селениях Ногкау и Мичурино проявление интенсивности также было более значительным, чем на остальной территории, данные населенные пункты были введены при построении карты в зону трехбалльной интенсивности.

Угол выхода сейсмического луча и азимут на эпицентр вычисляются непосредственно по собственным векторам e_n^j и собственным числам λ_n матрицы a_j^i :

$$\begin{aligned} (a_j^i - \lambda_n \cdot \delta_j^i) e_n^j &= 0, \\ a_j^i &= \sum_t u_i(t) \cdot u_j(t) \end{aligned}$$

где $i, j = 1, 2, 3$ соответствуют компонентам записи.

Результаты расчета азимутов представлены в таблице 1, на рис. 2 эпицентры обозначены звездочками: цифра 1 соответствует предполагаемому эпицентру, определенному по первому вступлению, и 2-4 по следующим фазам колебаний p волны (рис. 3).

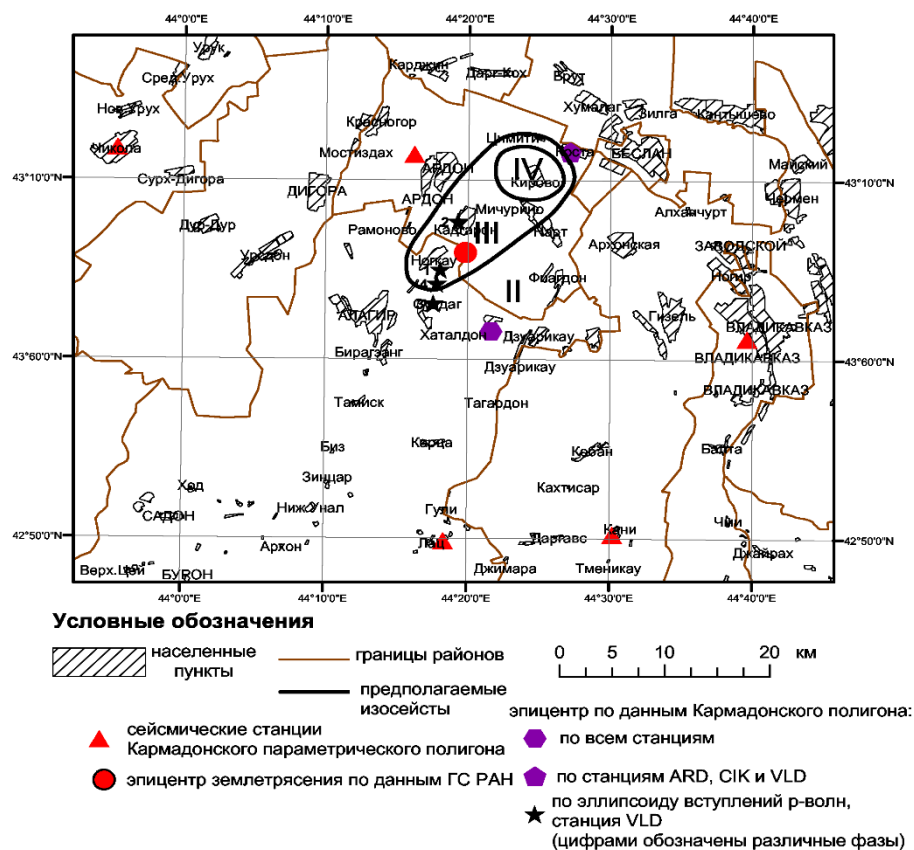


Рис. 2. Карта-схема проявления землетрясения 11.05.08г. на территории РСО-А.

Рассмотренное событие было записано всеми станциями Кармадонского параметрического полигона [Заалишвили и др., 2008, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017] и локализовано с использованием стандартного пакета программ. В результате анализа данных было отмечено различие между инструментальным и макросейсмическим эпицентрами (рис. 2). Впрочем, такие различия хорошо известны. Так, при Рачинском землетрясении (Грузия, 1991) различие между инструментальным и макросейсмическим эпицентрами было достаточно значительным. Такие факты проявлений интенсивности, очевидно, обусловлены целым рядом факторов. Это – особенности геологического строения структурного образования – источника (разлом), глубины очага, пути распространения сейсмических волн, эффектом направленности, и, наконец, влиянием локальных условий.

Были исследованы возможности алгоритма при работе с записями сильных движений на основе данных Strong Motion Virtual Data Center (VDC). База данных содержит данные о механизмах очагов, кратчайшие расстояния к поверхности разлома и другие параметры источников. Влияния грунтовых условий на сейсмический эффект рассматривается нами отдельной задачей, поэтому на данном этапе были выбраны сейсмические станции, расположенные в плотных грунтах. Для выполнения поляризационного анализа использовались трехкомпонентные записи, для которых была указана ориентировка компонент регистрирующей аппаратуры. В результате было отобрано 95 записей 26 землетрясений, по которым была сформирована база данных записей и их спектрально-временных образов [Заалишвили и др., 2015; Zaalishvili et al., 2016]. Главная форма разработанной базы данных представлена на рис. 4. Данные о сейсмических событиях хранятся в таблице Earthquakes, соответствующие записи в таблице Records (рис. 2). В качестве примера рассмотрено землетрясение Лома Приета (Loma Prieta/Santa Cruz Mountains 1989-10-18 00:04:15 UTC). Форма содержит область данных о землетрясении: магнитуду, координаты, глубину, параметры очага, и связанную таблицу записей с координатами станций, кратким описанием грунтовых условий и ссылкой на директорию, содержащую соот-

ветствующую акселерограмму. Положение эпицентра и сейсмических станций отображается на соответствующей схеме, на основе службы статических карт Google.

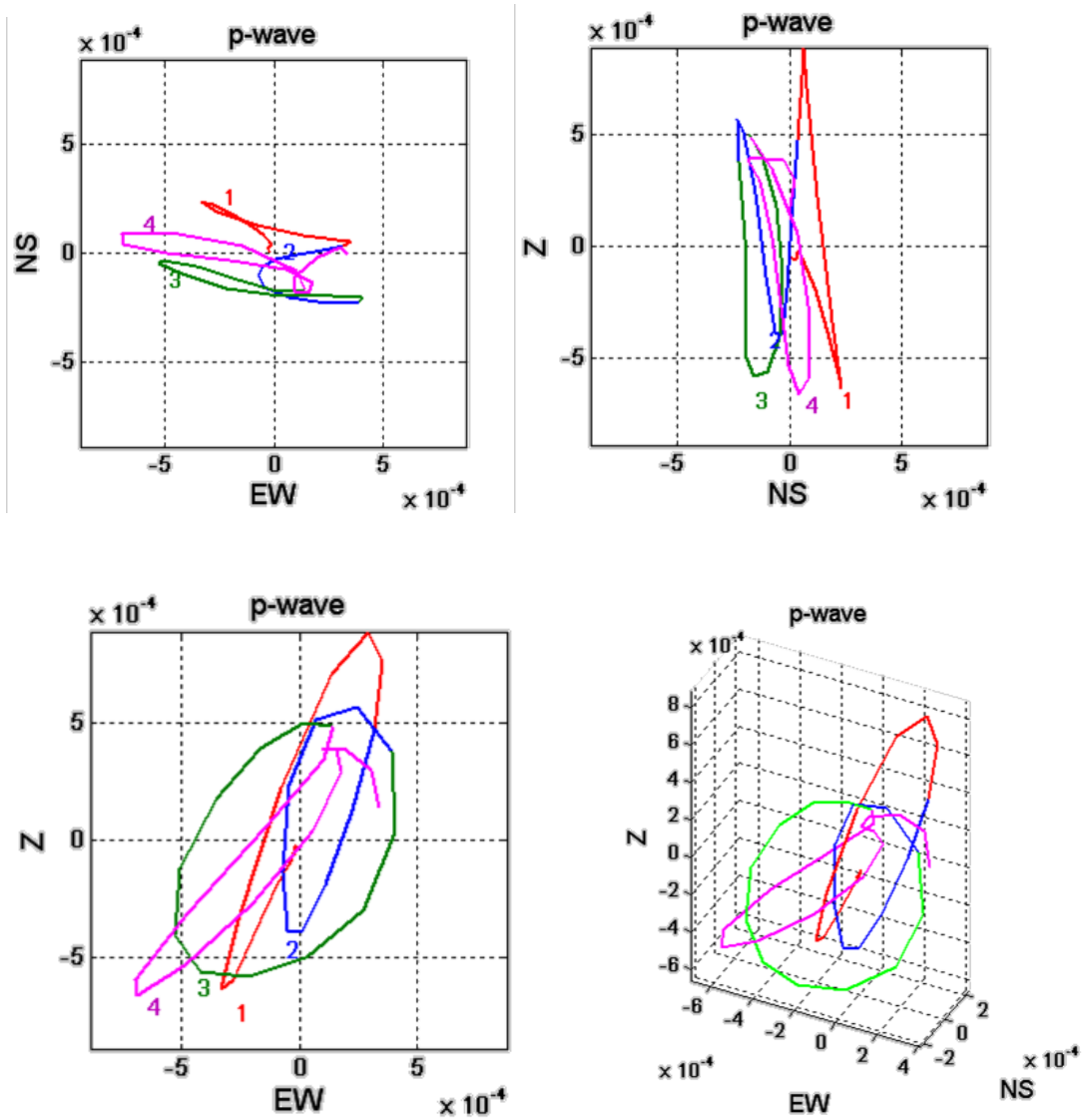


Рис. 3. Анализируемые фрагменты записи р-волны

Таблица 1

Номер анализируемого фрагмента	Угол выхода сейсмического луча	Азимут на эпицентр
1	68°	284°
2	71°	294°
3	60°	277°
4	49°	281°

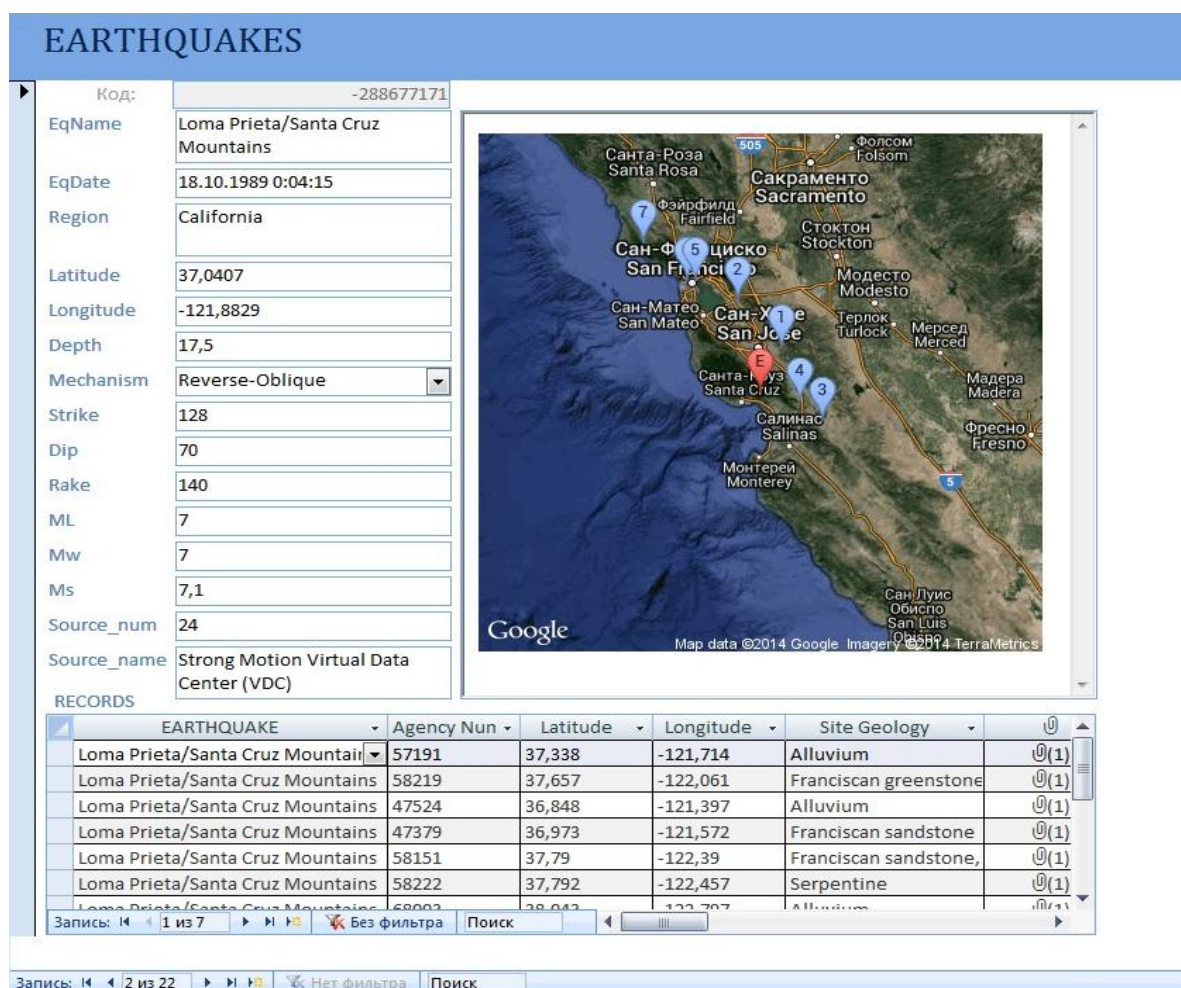


Рис. 4. Базы данных, содержащая записи сильных движений, и данные о положении разлома.

Таблица 2

В табл. 2 также приведены расчетные азимуты на эпицентр по данным каталога.

Кратчайшее расстояние до разлома D_0 , км	Эпицентральное расстояние D , км	Az расч., град.							
			Угол выхода сейсмического луча ϵ_r , град.	Поляризация Ψ_i	Азимут на эпицентр Az_r	Az_s	Az_s corr	$\max l_s$	ϵ_s
2,8	28,603	285,35	62,2	0,34	247,12	253,6	163,6	209	5
17,2	48,196	296,54	85,5	0,04	285,8	359,1	269,1	128,1	2,1
28	36,318	204,4	62,9	0,48	203,5	312,7	222,7	48,7	10,7
45	70,39	167,01	54,3	0,31	164,7	104,1	194,1	31,5	5,4
64,3	94,666	151,59	51	0,38	150,2	239,9	149,9	33	2,9
67,4	97,791	148,57	65,2	0,38	140,3	265,8	175,8	64,6	13,5

Расчет азимутов выполнялся по вступлениям р-волн и группе SH-волн (рис. 5-6).

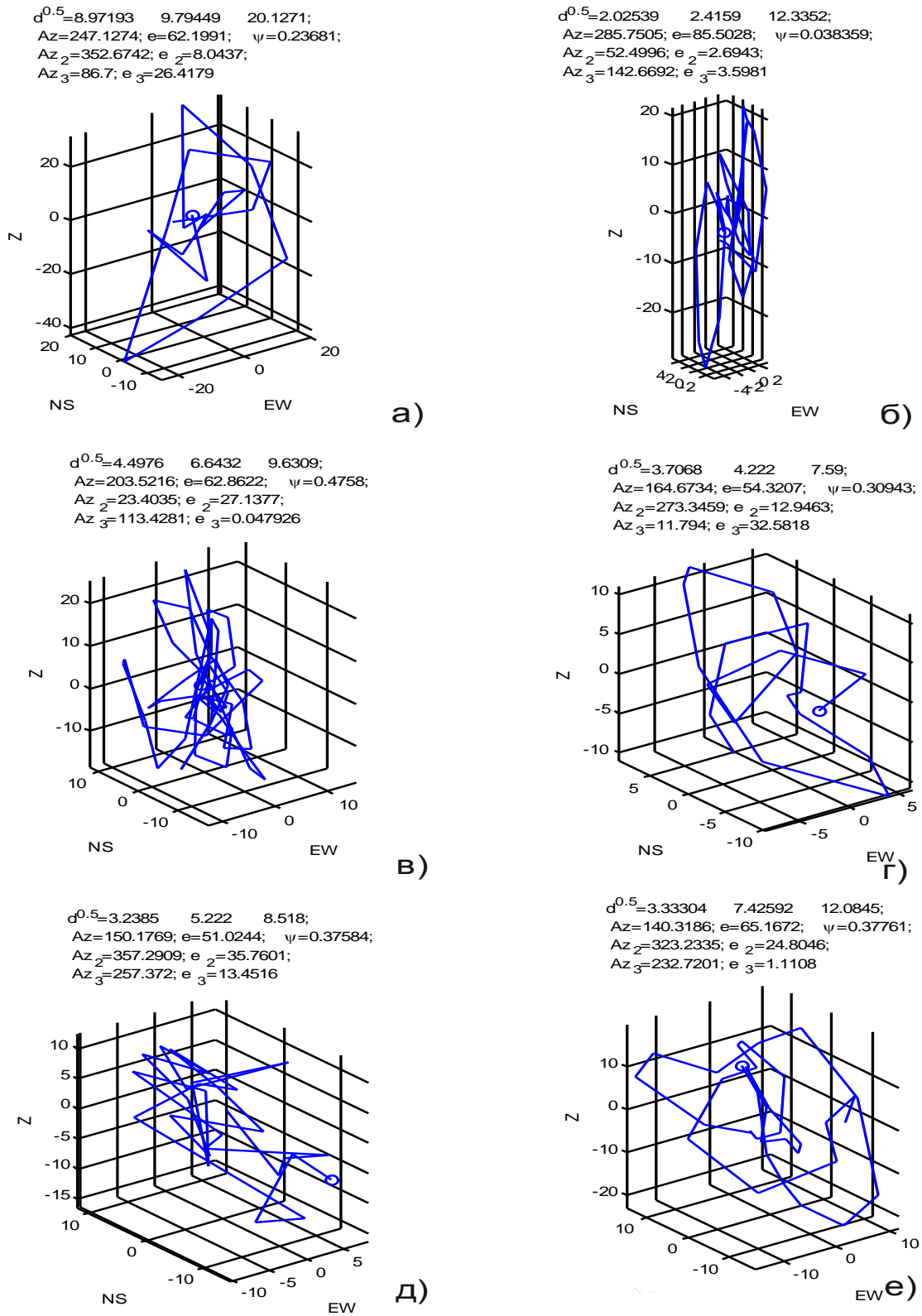


Рис. 5. Анализируемые фрагменты р-волн

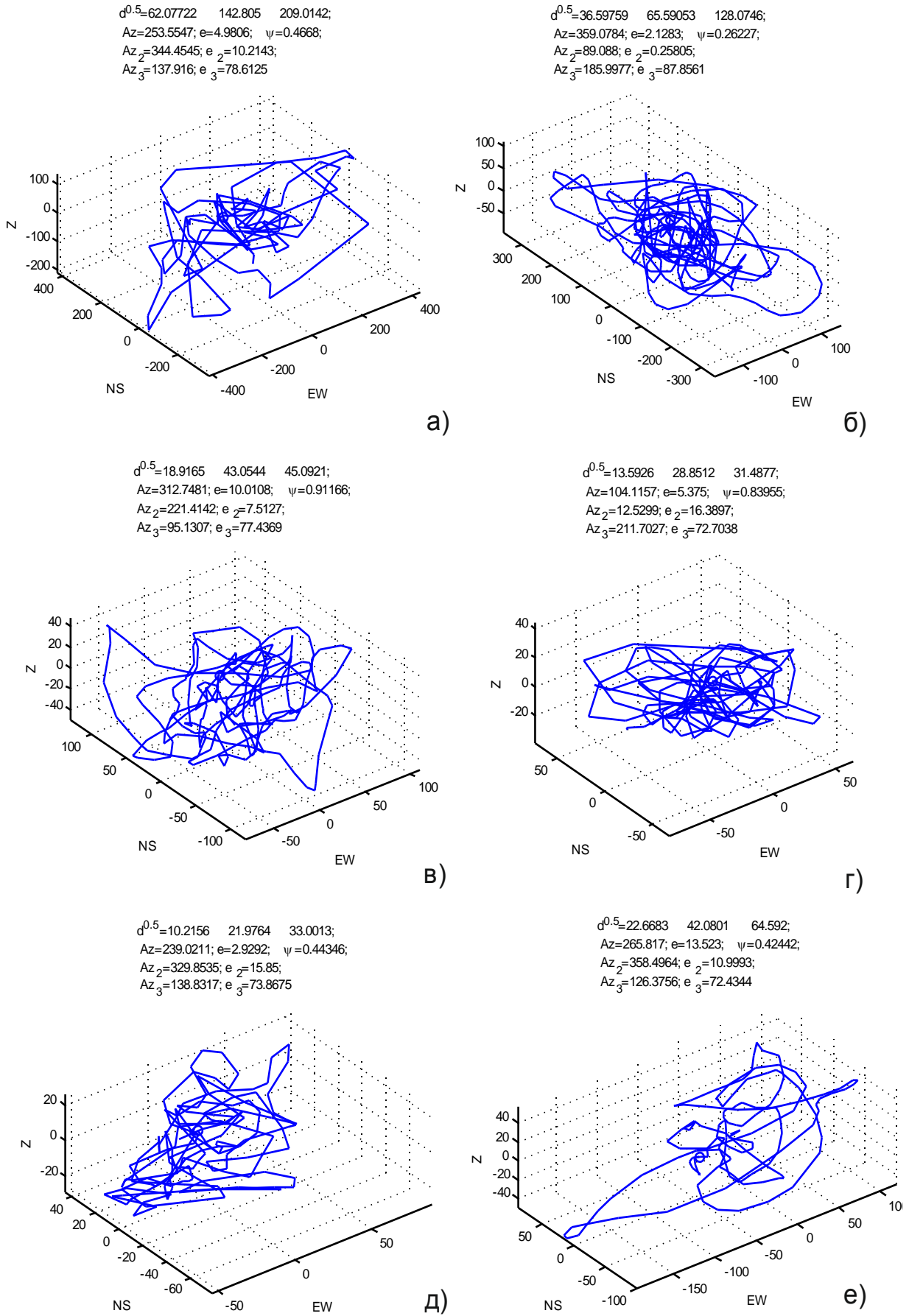


Рис. 6. Анализируемые фрагменты s-волн

Сопоставление данных представлено на рис. 7-8.

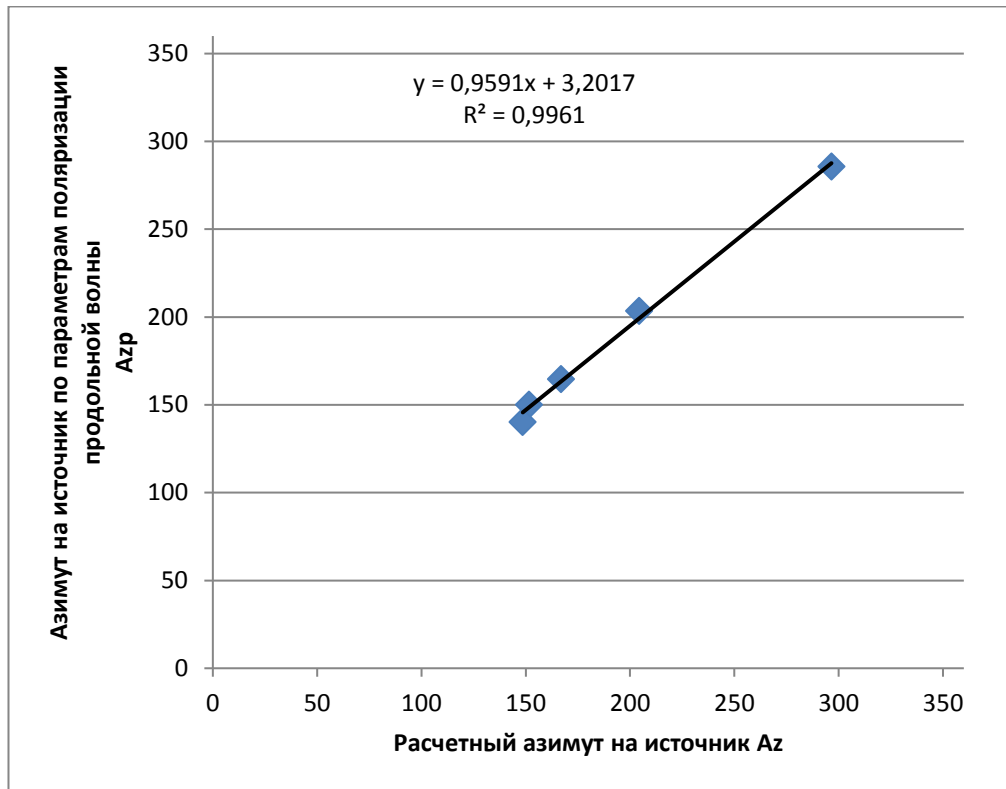


Рис. 7. Сопоставление азимута по поляризации и расчетного азимута на эпицентр для р-волн.

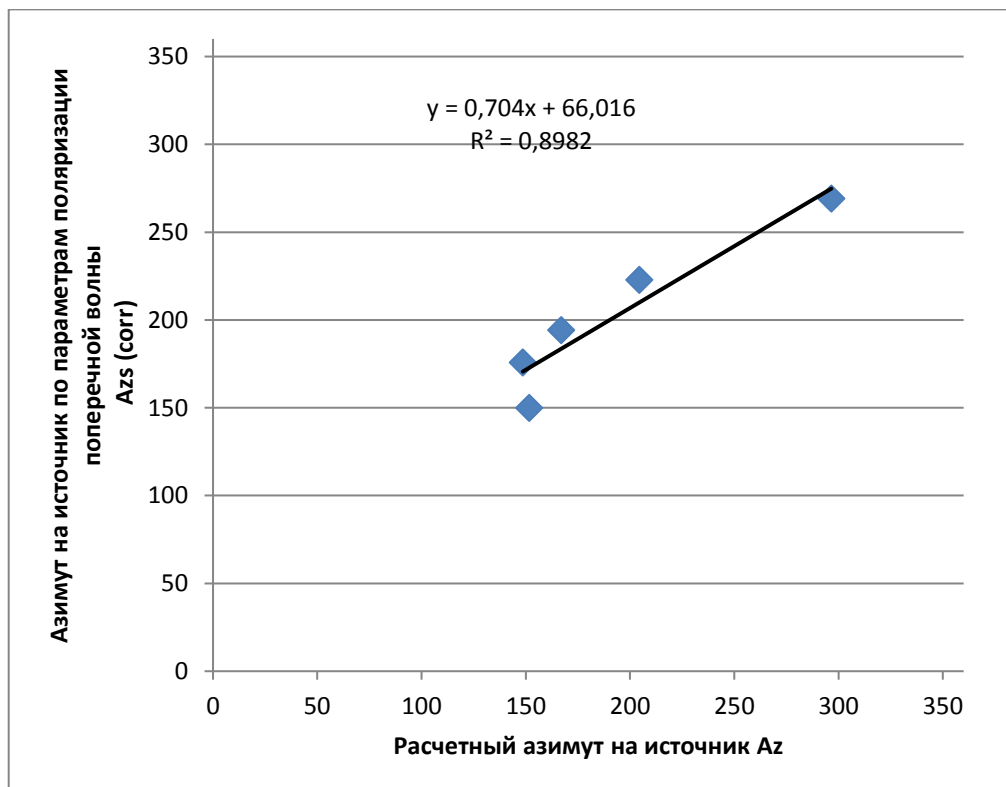


Рис. 8. Сопоставление азимута по поляризации и расчетного азимута на эпицентр для группы S-волн

Выводы

1. Использование поляризационного анализа с алгоритмами автоматического выделения сейсмических волн позволяет производить оперативную предварительную локализацию очагов землетрясений по данным одной станции.
2. Предложенный алгоритм может использоваться совместно с другими процедурами обработки данных, в частности его использование автоматизирует и улучшает точность выделения поперечных волн.
3. Разработанные алгоритмы могут быть использованы в автоматизированных рабочих местах, комплексах и системах.

Литература

1. Аветисян А.М., Николаев А.В. Интерактивная компьютерно-творческая методика при обработке сейсмологической информации //Геология и геофизика Юга России. 2017. № 2. С. 152-156.
2. Адцеев В.Г., Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. К вопросу создания единой системы наблюдений за катастрофическими явлениями //Геология и геофизика Юга России. 2015. № 4. С. 5-8.
3. Алказ В.Г., Онофраш Н.И., Перельберг А.И. Поляризационный анализ сейсмических колебаний. – Кишинев: Штиинца, 1977. –110 с.
4. Беляков А.С., Лавров В.С., Николаев А.В. Сейсмоакустический шум Земли //Геология и геофизика Юга России. 2016. № 4. С. 10-19.
5. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Забирченко Д.Н., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В. К вопросу создания локальной сети «Кармадонский параметрический полигон» //Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Владикавказ: ВНИЦ РАН и РСО-А, 2008. С. 359-366.
6. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Мониторинг опасных природных и техногенных процессов на территории Северной Осетии //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012. № 2. С. 46-53.
7. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Мониторинг опасных природных и техногенных процессов на территории РСО-Алания // Геология и геофизика Юга России. 2013. № 1. С. 17-27.
8. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Мельков Д.А. Инструментальный геофизический мониторинг на территории Северного Кавказа //Физика Земли. 2014. № 2. С. 114.
9. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С., Габараев А.Ф. База данных спектрально-временных разложений записей сильных движений //Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции. 2015. С. 149-155.
10. Заалишвили В.Б., Джгамадзе А.К., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф., Габеева И.Л., Дзедоев 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. 2015. № 1. С. 5-20.
11. Заалишвили В.Б., Бергер М.Г., Малиев И.Н., Мельков Д.А., Кануков А.С., Макиев В.Д. Развитие системы инструментального мониторинга Казбекского вулканического центра //Геология и геофизика Юга России. 2016. № 4. С. 44-51.
12. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О. Комплексный анализ геологических данных и скоростной модели ММЗ на разрезах Центрального Кавказа //Геология и геофизика Юга России. 2016. № 4. С. 52-67.
13. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Спектрально-временные образы сейсмических воздействий на основе эмпирических данных сильных землетрясений //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017а. № 70. С. 21-29.
14. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Особенности процесса схода каменно-ледовой лавины в районе ледника Девдорак 17 мая 2014 года по инструментальным данным Кармадонского параметрического полигона //Геология и геофизика Юга России. 2017б. № 4. С. 39-47.
15. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С., Габараев А.Ф., Рыжанов О.Н. Комплексный мониторинг опасных природно-техногенных процессов на территории РСО-Алания //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017. № 69-2. С. 52-58.

16. Заалишвили В.Б. Инженерная сейсмология: достижения и проблемы //Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2017. № 1 (5). С. 23-40.
17. 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. 2018. № 1. С. 48-55.
18. Мельков Д.А. Развитие методов генерации расчетных сейсмических воздействий на основе спектрально-временного анализа записей сильных землетрясений //Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2017. № 1 (5). С. 64-70.
19. 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. 2016. Vol. 10. No. 1. pp. 1656-1661.

УДК 550.34

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-34-43

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИРАЩЕНИЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ, РАССЧИТЫВАЕМЫХ ПО ЗАПИСЯМ СЛАБЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

*Мельков Д.А., Кануков А.С., Макиев В.Д., Габараев А.Ф.
Геофизический институт ВНЦ РАН*

В работе рассмотрены практические аспекты расчета приращений сейсмической интенсивности по записям слабых землетрясений на основании различных нормативных документов и различной аппаратуры. Исследованы особенности статистического распределения вычисляемых приращений сейсмической интенсивности в зависимости от типа грунтов, слагающих толщу и сложности инженерно-геологических условий. Распределение значений можно считать нормальным. Анализ гистограмм показал, что с повышением неоднородности толщи по ее сейсмическим свойствам, определяемой грунтовыми условиями, тем выше дисперсия распределения. Все способы расчета амплитуд колебаний дали идентичные результаты, и при этом, результаты расчетов по максимальным и средним по всей записи значениям амплитуд характеризовались меньшим разбросом значений для участка, сложенного глинистыми грунтами большой мощности. Рассмотрен вариант расчета с использованием доверительных интервалов, обеспечивающий приведение оценок к единой вероятности.

Ключевые слова: сейсмическая интенсивность, приращение, сейсмическое микрорайонирование, грунтовые условия, распределение, дисперсия, гистограмма

STATISTICAL FEATURES OF SEISMIC INTENSITY CALCULATED ON WEAK EARTHQUAKE RECORDS

*Melkov D.A., Kanukov A.S., Makiev V.D., Gabaraev A.F.
Geophysical Institute of VSC RAS*

The practical aspects of calculation of increments of seismic intensity on weak earthquakes records on the basis of various normative documents and various equipment are considered. The features of the statistical distribution of calculated increments of seismic intensity are studied depending on the type of soils that make up the thickness and complexity of engineering-geological conditions. The distribution can be considered normal. Analysis of the histograms showed that with increasing heterogeneity of the strata over its seismic properties, determined by ground conditions, the higher the dispersion of the distribution. All methods for calculating the amplitude of the vibrations produced identical results, and in this case, the results of the calculations for the maximum and average values of the amplitudes over the entire record were characterized by a smaller scatter of values for the section composed by thick layer of clays. A variant of calculation using confidence intervals is provided, which ensures that the estimates are reduced to a identical probability.

Keywords: seismic intensity, increment, seismic microzonation, ground conditions, distribution, dispersion, histogram

Способ регистрации землетрясений малых энергий применяется для количественной оценки относительных изменений сейсмической интенсивности на участках с различными инженерно-геологическими условиями [Заалишвили, 2014 а, б, в; Заалишвили и др., 2015; 2016в; 2018].

Оценка приращения сейсмической интенсивности производится по формуле [РСН 65-87; Рекомендации ..., 1985; Методическое руководство..., 1988]:

$$\Delta I = 3.3 \lg \frac{A_i}{A_0}, \quad (1)$$

где A_i и A_0 – амплитуды колебаний на исследуемом и эталонном грунтах (измеренным по землетрясениям, зарегистрированным одновременно в соответствующих пунктах наблюдения), соответственно.

При этом существует несколько способов расчета амплитуд колебаний, очевидно, что на сейсмический эффект также влияет продолжительность сейсмических воздействий. Кроме того, необходимо учитывать тип используемых приборов. В данной работе рассмотрены различные способы вычисления «амплитуд колебаний» для приборов СК-1П и С-5-С и различные критерии статистической значимости получаемых результатов.

Согласно [Методическое руководство..., 1988] A_i и A_0 – «максимальные амплитуды колебаний» на исследуемом и эталонном участке и «...иногда... вместо максимальных используются средние значения амплитуд колебаний». Средняя амплитуда находится по соответствующей сейсмограмме путем усреднения ряда амплитуд, полученных в результате сложного промера на отрезке записи землетрясения от вступления волны S и до $1/3 A_{\max}$. Согласно [РСН 65-87] A_i и A_0 – «средние амплитуды колебаний». Согласно [Рекомендации ..., 1985] A_i и A_0 – «средние амплитуды колебаний в пределах отрезка записи с $A \geq A_{\max}/3$ ». Таким образом, определение средних амплитуд фактически связано с продолжительностью колебаний.

В процессе проведения работ по сейсмическому микрорайонированию из базы данных записей землетрясений, зарегистрированных сейсмическими станциями, которые формируют сеть сейсмических наблюдений г. Владикавказа, отбирались по возможности данные тех событий, которые были зарегистрированы в одно и тоже время всеми четырьмя действующими станциями [Заалишвили и др., 2012, 2014, 2016а]. При этом, выборка событий реализовывалась применением специально разработанного пакета компьютерных программ [Заалишвили и др., 2013, 2016б]. Суммарное число событий, которые были зарегистрированы сейсмоприемниками типа СК-1П достигло 99.

Для сейсмоприёмников типа С5С применялась другая схема: сравнение производилось со станцией «Геоцентр» и выборка событий, с помощью указанного пакета программ, производилась путём выделения парных событий каждой станции с указанной станцией. Это позволило использовать большее количество событий для станций, установленных до BUR и TUR. Необходимо отметить, что для записанных сейсмических событий выполнялось условие превышения расстояния между точками инструментальных наблюдений $1/10$ от гипоцентрального расстояния.

После визуального анализа были отброшены события, записи которых содержали импульсы посторонней природы в области основного сигнала. Все записи имеют одинаковую частоту дискретизации 31,25 Гц, что упростило процесс обработки (нет необходимости передискретизации).

Нами использовались три варианта расчета амплитуд колебаний:

- 1) максимальное значение амплитуды – максимальная по модулю амплитуда колебаний;
- 2) средняя по продолжительности амплитуда колебаний – среднее значение модулей амплитуд в интервале $A \geq A_{\max}/3$;
- 3) средняя амплитуда – среднее значение модулей амплитуд, превышающих $A_{\max}/3$.

Вычисление приращений сейсмической интенсивности производилось по записям землетрясений, максимальные амплитуды которых лежат в диапазоне 0,0001 – 0,1 см/с (фактически максимальная зарегистрированная амплитуда равна 0,007 см/с, зарегистрирована на x-компоненте станции HOL).

В результате для сейсмоприёмников СК-1П получены следующие значения приращения интенсивности, по отношению к станции MUS (в скобках указаны среднеквадратические отклонения от среднего):

- 1) По максимальным значениям амплитуд:
 - TEA $\Delta I = -0,1 (\pm 0,4)$
 - GEO $\Delta I = 0,1 (\pm 0,5)$
 - HOL $\Delta I = 0,5 (\pm 0,6)$
- 2) По средним по продолжительности амплитудам:
 - TEA $\Delta I = -0,1 (\pm 0,4)$
 - GEO $\Delta I = 0,1 (\pm 0,5)$
 - HOL $\Delta I = 0,5 (\pm 0,9)$
- 3) По средним значениям амплитуд:
 - TEA $\Delta I = -0,1 (\pm 0,3)$

GEO $\Delta I = 0,1 (\pm 0,5)$

HOL $\Delta I = 0,5 (\pm 0,7)$

Таким образом, по разным формулам получены идентичные значения приращений интенсивности, но с разной величиной средних отклонений, т.е. различной дисперсией распределений. Гистограммы распределения приращений сейсмической интенсивности, вычисленной тремя указанными способами, представлены на рис. 1–3.

Известно, что сходимость результатов любых наблюдений оценивается наиболее полноценно при их нормальном распределении. Отсюда при обработке результатов экспериментальных наблюдений важно установление нормальности распределения [Бурдун, Марков, 1975]. В связи с этим были вычислены оценки средней плотности распределения в интервалах $\Delta X_i = 0,5$ балла по формуле:

$$P_i^* = \frac{m_i}{n \cdot \Delta X_i}, \quad (2)$$

где n – число событий, по которым вычислялось приращение интенсивности («число измерений»);

ΔX_i – ширина интервала;

m_i – частота, равная числу результатов, лежащих в каждом i -м интервале.

и построены гистограммы статистического распределения – рис. 4 – 6.

Дифференциальные функции нормального распределения вычислены по формуле:

$$P_X(x) = \frac{1}{\sigma_X \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_X)^2}{2\sigma_X^2}}, \quad (3)$$

где m_X – математическое ожидание;

σ_X – среднее квадратическое отклонение результатов наблюдений.

В целом полученные данные достаточно хорошо согласуются с предположением о нормальности распределения.

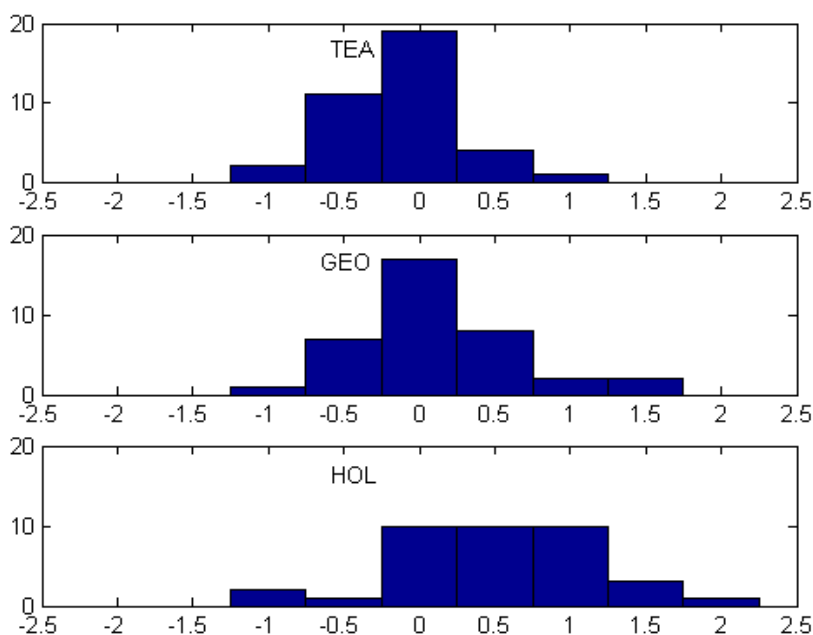


Рис. 1. Гистограммы распределений приращений сейсмической интенсивности, вычисленных по максимальным амплитудам (СК-1П)

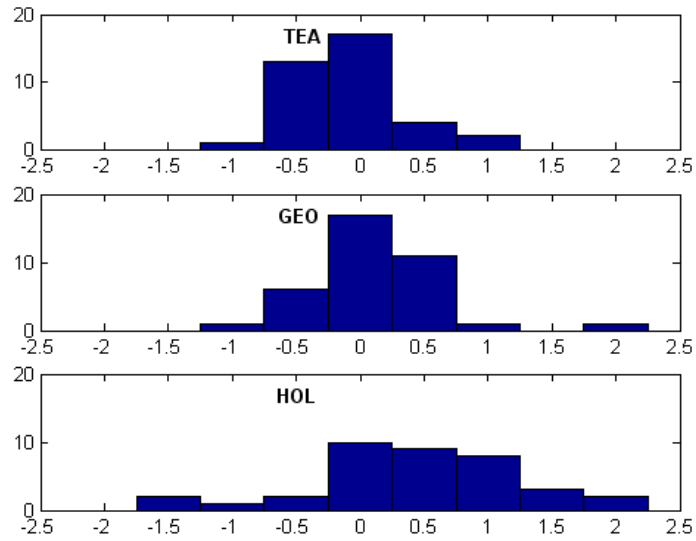


Рис. 2. Гистограммы распределений приращений сейсмической интенсивности, вычисленных по средним значениям амплитуд по продолжительности (СК-1П)

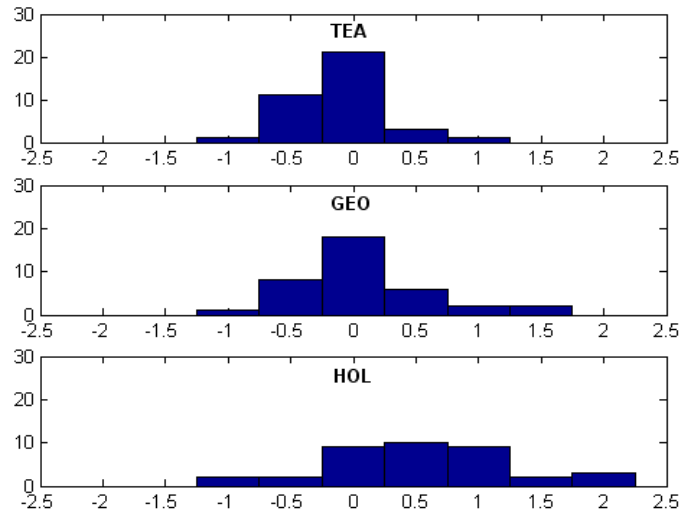


Рис. 3. Гистограммы распределений приращений сейсмической интенсивности, вычисленных по средним значениям амплитуд превышающих $A_{max}/3$ (СК-1П)

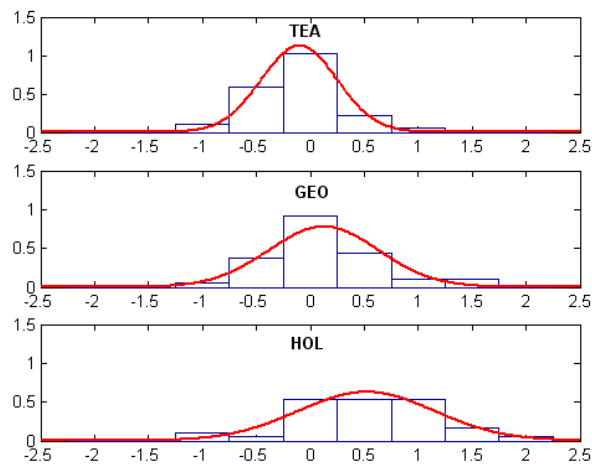


Рис. 4. Гистограммы статистического распределения приращений сейсмической интенсивности, вычисленных по максимальным амплитудам (СК-1П)

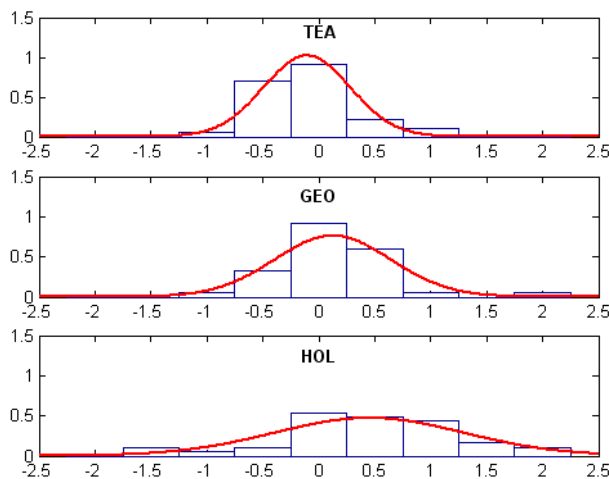


Рис. 5. Гистограммы статистического распределения приращений сейсмической интенсивности, вычисленных по средним значениям амплитуд по продолжительности (СК-1П)

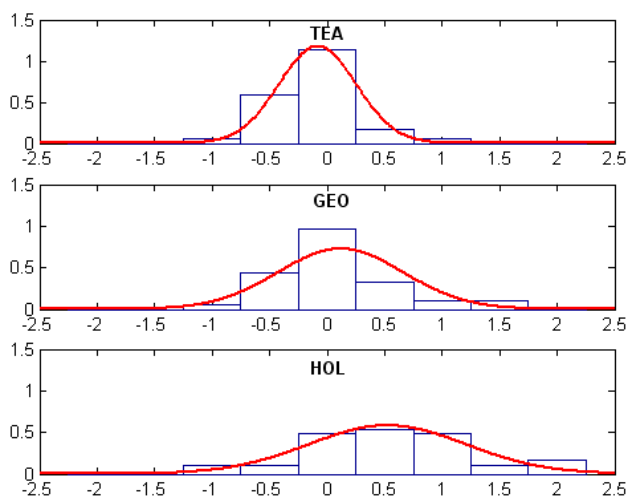


Рис. 6. Гистограммы статистического распределения приращений сейсмической интенсивности, вычисленных по средним значениям амплитуд превышающих $A_{max}/3$ (СК-1П)

Детальный анализ указанных гистограмм показал, что с повышением неоднородности толщи по ее сейсмическим свойствам, определяемой грунтовыми условиями, тем выше дисперсия распределения. Другими словами, при этом, наблюдается заметный разброс значений. Используя оценку с помощью доверительных интервалов, были получены следующие вероятности отклонения среднеквадратических значений приращения интенсивности на 0,4 балла:

- 1) По максимальным значениям амплитуд:
 - TEA P = 73 %
 - GEO P = 56%
 - HOL P = 47%
- 2) По средним по продолжительности амплитудам
 - TEA P = 69%
 - GEO P = 55%
 - HOL P = 36%
- 3) По средним значениям амплитуд
 - TEA P = 76%
 - GEO P = 53%
 - HOL P = 44%.

Учитывая полученные приращения и данные вероятностные характеристики распределений приращения составят (на наш взгляд в дальнейших рассуждениях целесообразно использовать средние значения полученных вероятностей):

TEA $\Delta I = 0$ (поскольку $-0,1+0,4 = 0,3 < 0,5$ с вероятностью $P=73\%$)

GEO $\Delta I = 0$, однако сейсмический эффект здесь может иметь большее проявление и приращение может составить около 0,5 балла с достаточно большой вероятностью $P = 45\%$ (поскольку $0,1+0,4 = 0,5$ с вероятностью $P = 55\%$) (в [Методическое руководство ..., 1988], округление при $\Delta I = 0 \leq 0,5$ производится в сторону 0)

HOL $\Delta I = 1$ балл, однако сейсмический эффект здесь может достигать 1,5 балла (поскольку $0,5+0,4 = 0,9$ при низком значении вероятности $P=42\%$)

Если принять за основу величину доверительной вероятности и рассчитать для нее доверительные интервалы, то для $P = 80\%$ получим:

1) По максимальным значениям амплитуд:

TEA $\pm 0,5$

GEO $\pm 0,6$

HOL $\pm 0,8$

2) По средним по продолжительности амплитудам:

TEA $\pm 0,5$

GEO $\pm 0,6$

HOL $\pm 1,2$

3) По средним значениям амплитуд:

TEA $\pm 0,4$

GEO $\pm 0,6$

HOL $\pm 0,9$

В среднем для станции HOL величина доверительного интервала будет $\pm 0,8$, для двух других станций фактически получены идентичные результаты TEA $\pm 0,4$, GEO $\pm 0,6$.

Если взять граничные значения в сторону увеличения приращений, получим

TEA $\Delta I = -0,1+0,4 = 0,3$ с вероятностью $P=80\%$

GEO $\Delta I = 0,1+0,6 = 0,7$ с вероятностью $P=80\%$

HOL $\Delta I = 0,5+0,8=1,3$ с вероятностью $P=80\%$

Таким образом, мы получили значения приращений для более опасного случая, эти значения не являются средними, а нужны для дифференциации вычисляемых значений приращений сейсмической интенсивности при округлении. В частности, расхождение в полученных значениях приращений для станций GEO и HOL составляет 0,6 балла, т.е. фактически разница составляет 1 балл, а для GEO и TEA 0,4 балла, поэтому для пункта GEO целесообразнее принять значение приращения 0 баллов.

Кроме того, на величину полученных приращений значительное влияние оказывают амплитуды колебаний. Имеющиеся данные могут быть дифференцированы по признаку амплитуд. Ниже приведены средние значения приращений для различных интервалов амплитуд колебаний, полученных по данным таблицы 1.

При увеличении амплитудного уровня колебаний значения приращений балльности становятся более обоснованными и приближаются к значениям, полученным при вероятностных оценках.

Таблица 1.

Приращение интенсивности по максимальным амплитудам

Амплитуда, м/с	TEA	GEO	HOL
0,0001– 0,0005	-0,1	0,0	0,4
0,0005 – 0,001	-0,3	-0,1	0,7
0,001 – 0,005	0,0	0,5	0,8
0,005 – 0,01	-0,1	0,2	0,9

Таблица 2.

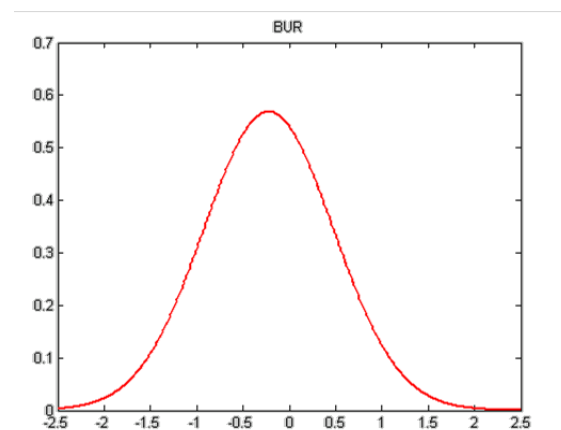
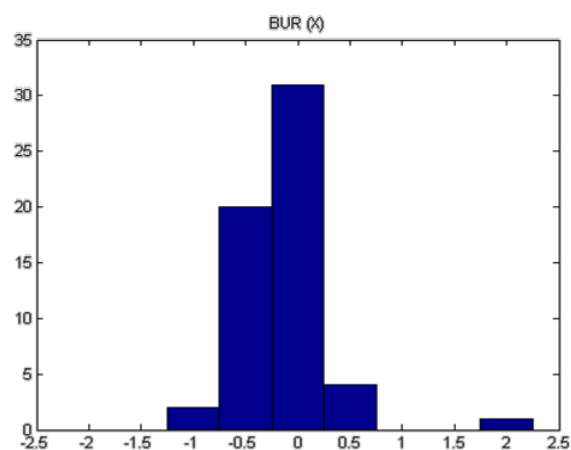
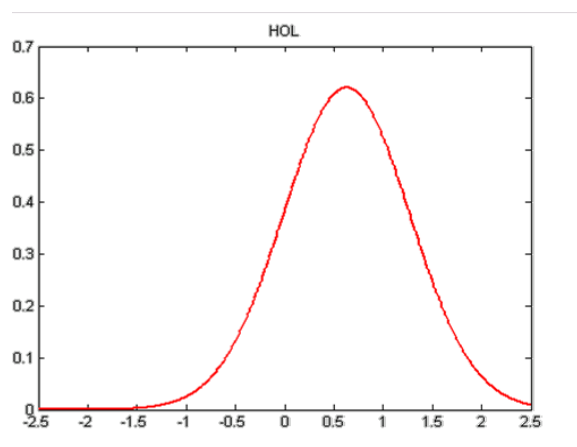
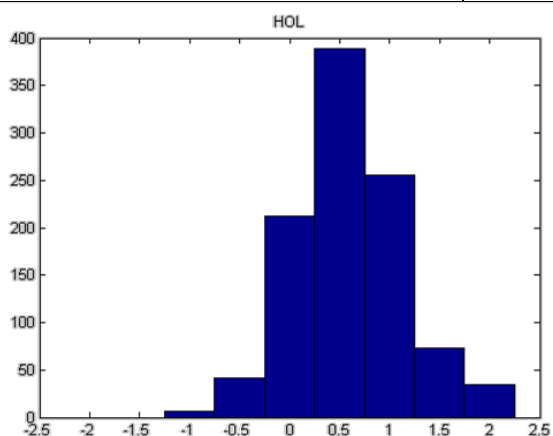
Приращение интенсивности по средним по продолжительности амплитудам

Амплитуда, м/с	TEA	GEO	HOL
0,0001– 0,0005	-0,2	0,0	0,2
0,0005 – 0,001	-0,1	0,1	0,6
0,001 – 0,005	0,1	0,5	0,9
0,005 – 0,01	-0,1	0,5	0,7

Таблица 3.

Приращение интенсивности по средним амплитудам

Амплитуда, м/с	TEA	GEO	HOL
0,0001– 0,0005	-0,1	0,0	0,4
0,0005 – 0,001	-0,3	-0,1	0,7
0,001 – 0,005	0,0	0,5	0,8
0,005 – 0,01	-0,1	0,1	1,1



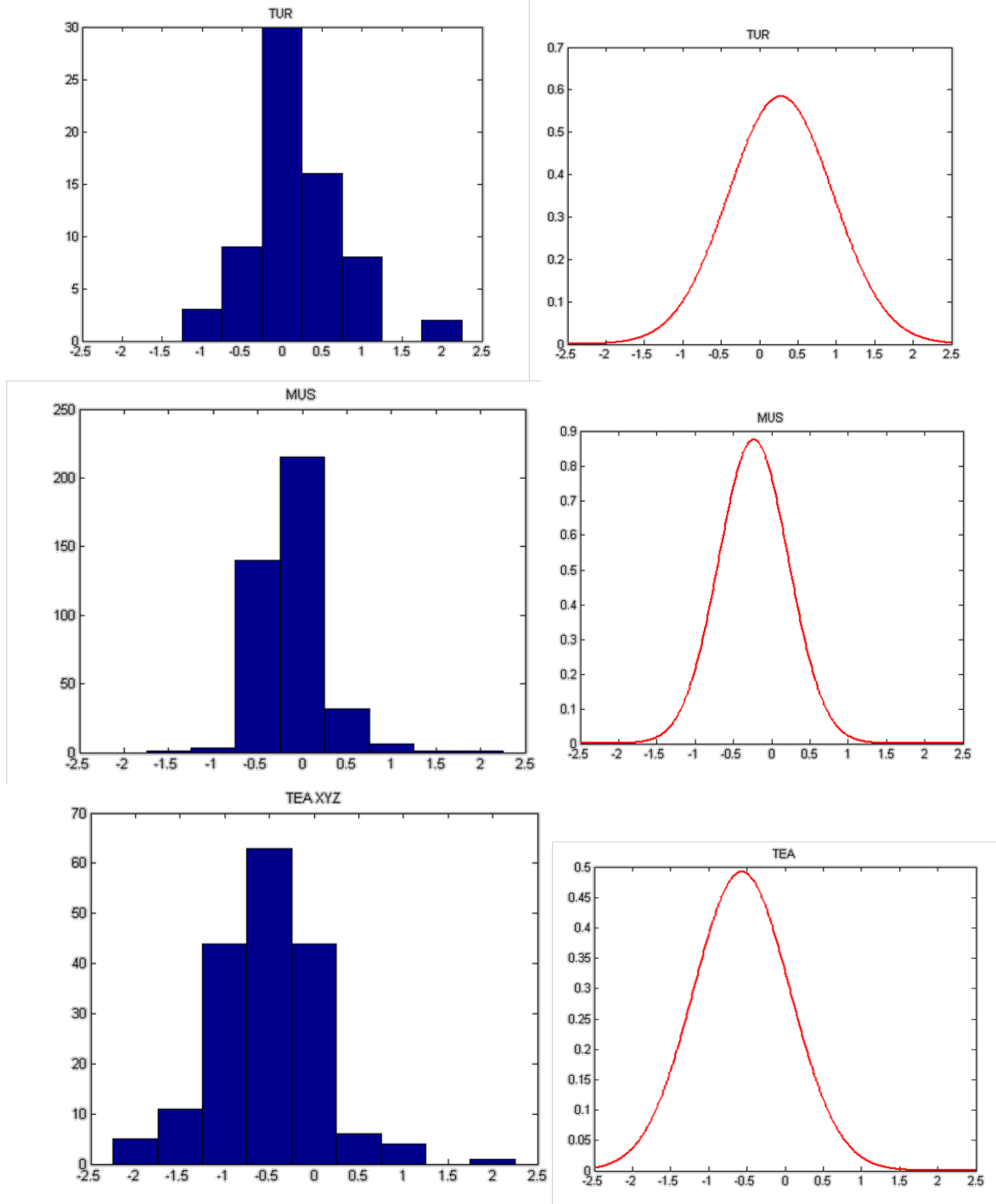


Рис. 7. Гистограммы статистического распределения приращений сейсмической интенсивности, вычисленных по максимальным амплитудам (C5C).

В результате было установлено, что грунтовые условия станции «GEO» соответствуют средним грунтовым условиям, что связано с количеством заполнителя > 30%.

На основе расчетов были получены следующие приращения сейсмической интенсивности или балльности по данным СК-1П отнесенным к данным станции «GEO», для способа слабых землетрясений, рассматриваемой как базовая:

Пункт наблюдений «Театр» ТЕА $\Delta I = 0$ (-0,2) баллов

Пункт наблюдений «Музей» МУС $\Delta I = 0$ (-0,1) баллов

Пункт наблюдений «микрорайон Весна» НОЛ, $\Delta I = 1$ (0,4) баллов

В свою очередь, следующие приращения сейсмической интенсивности или балльности для данных сейсмоприёмника С5С отнесенных для способа слабых землетрясений, как и в предыдущем случае, к данным станции «ГЕО»:

- Пункт наблюдений «Театр» ТЕА $\Delta I = -1$ (-0,58) балл
- Пункт наблюдений «Музей» MUS $\Delta I = 0$ (-0,1) баллов
- Пункт наблюдений «микрорайон Весна» HOL, $\Delta I = 1$ (0,64) балл
- Пункт наблюдений «Туриев» TUR $\Delta I = 0$ (0,25) баллов
- Пункт наблюдений «Бурдзиев» BUR $\Delta I = 0$ (-0,20) баллов

Таким образом, использование сейсмоприемника С5С позволило обосновать приращения сейсмической интенсивности или балльности для станции ТЕА.

Результаты расчетов приращений интенсивности для данных обоих сейсмоприемников представлены в таблице 4.

Таблица 4

Приращения сейсмической интенсивности по записям землетрясений

Код станции	ΔI СК-1П	ΔI С-5-С	ΔI
MUS	-0,1	-0,1	0
GEO	0	0	0
HOL	0,4	0,6	1
TEA	-0,2	-0,6	-1
BUR	-	-0,2	0
TUR	-	0,3	0

Выводы

1. Рассмотрены различные способы вычисления «амплитуд колебаний» для приборов СК-1П и С-5-С и различные критерии статистической значимости получаемых результатов.
2. Все полученные данные согласуются с предположением о нормальности распределения.
3. Детальный анализ указанных гистограмм показал, что с повышением неоднородности толщи по ее сейсмическим свойствам, определяемой грунтовыми условиями, тем выше дисперсия распределения. Другими словами, при этом, наблюдается заметный разброс значений.
4. Необходимо отметить, что все способы расчета амплитуд колебаний дали идентичные результаты, и при этом, результаты расчетов по максимальным и средним по всей записи значениям амплитуд характеризовались меньшим разбросом значений для участка, сложенного глинистыми грунтами большой мощности (20 метров) с присутствием в разрезе глинистых грунтов мягкопластичной консистенции.
5. Амплитуды колебаний определяются спектральным составом приходящих сейсмических волн и, соответственно, спектральными характеристиками или полосой пропускания используемых сейсмоприемников.
6. Уточнение приращения сейсмической интенсивности для станции ТЕА было реализовано путем применения сейсмоприемников типа С-5-С.

Литература

1. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Габеева И.Л., Дзедоев Б.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Сейсмическое микрорайонирование территории г.Владикавказ // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012. № 1. С. 49-58.

2. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Мониторинг опасных природных и техногенных процессов на территории РСО-Алания //Геология и геофизика Юга России. 2013. № 1. С. 17-27.
3. Заалишвили В.Б. Зависимость спектральных характеристик сейсмических волн от строения верхней части разреза //Геология и геофизика Юга России. 2014а. № 4. С. 15-44.
4. Заалишвили В.Б. Корреляционные взаимосвязи между линейными и нелинейными характеристиками грунтов по инструментальным данным //Геология и геофизика Юга России. 2014б. № 4. С. 45-57.
5. Заалишвили В.Б. Некоторые проблемы практической реализации сейсмического микрорайонирования. факторы, формирующие интенсивность землетрясения //Геология и геофизика Юга России. 2014в. № 3. С. 3-39.
6. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С. База данных сети сейсмических наблюдений "Владикавказ" //Геология и геофизика Юга России. 2014. Т. 2. № 4. С. 14-18.
7. Заалишвили В.Б., Джгмадзе А.К., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф., Габеева И.Л., Дзэбоев 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. 2015. № 1. С. 5-20.
8. 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.
9. Заалишвили В.Б., Бергер М.Г., Малиев И.Н., Мельков Д.А., Кануков А.С., Макиев В.Д. Развитие системы инструментального мониторинга Казбекского вулканического центра //Геология и геофизика Юга России. 2016б. № 4. С. 44-51.
10. 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. 2016в. № 1. С. 48-60.
11. 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. 2018. № 1. С. 48-55.
12. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. РСН 65-87, Госстрой РСФСР.
13. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства, Центральный трест инженерно - строительных изысканий М., 1985. 70 с.
14. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию. М.: Наука, 1988. 280 с.
15. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. Издание второе, дополненное. М., Издательство стандартов. 1975. 336 с.

УДК 550.34:004.4

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-44-48

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ РОССИИ*Кануков А.С., Мельков Д.А., Архиреева И.Г.**Геофизический институт ВНЦ РАН*

Целью настоящей работы являлось создание информационной базы данных сведений об уровне сейсмической опасности и сейсмических рисках в информационную систему обеспечения градостроительной деятельности. Геофизическим институтом проведен ряд исследований по оценке сейсмической опасности, результатом которых явилась разработка оригинальных карт детального сейсмического районирования (ДСР) территории Республики Северная Осетия-Алания, а также карты сейсмического микрорайонирования (СМР) территории г. Владикавказа и других административных центров Республики. В качестве основы разработки интернет-сервиса была выбрана спецификация Web Map Service. В качестве основы был выбран Geoserver, как программный продукт, удовлетворяющий всем предъявляемым требованиям. На основе современных информационных технологий выполнено создание базы данных о сейсмической опасности территории РСО-Алания разного уровня (вероятностные карты ДСР и СМР).

Ключевые слова: сейсмическая опасность, информационная система, протоколы доступа, ИСОГД, веб-сервис.

INFORMATION SYSTEMS FOR CITY PLANNING MAINTAINING IN SEISMIC
REGIONS OF RUSSIA*Kanukov A.S., Melkov D.A., Arkhireeva I.G.**Geophysical Institute of VSC RAS*

The purpose of this work was to create database of information on the level of seismic hazard and seismic risks in the city planning information system. The Geophysical Institute conducted a series of studies on seismic hazard assessment, which resulted in the development of original maps of detailed seismic zoning (DSZ) of the territory of the Republic of North Ossetia-Alania, as well as maps of seismic microzonation (SMZ) of the territory of Vladikavkaz city and other administrative centers of the Republic. As a basis for the development of the Internet service, the Web Map Service specification was chosen. As a basis, Geoserver was chosen as a software product that meets all the requirements. On the basis of modern information technologies, a database of seismic hazard of the territory of the Republic of North Ossetia-Alania at various levels (probabilistic maps of the DSZ and SMZ) had been created.

Keywords: seismic hazard, information system, access protocols, Information System Designed for City Planning, web service

Ведение информационных систем обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) осуществляется, как правило, с одной основной целью по обеспечению органов государственной власти, а также местного самоуправления, физических и юридических лиц необходимой достоверной информацией, требуемой для ведения градостроительной и любой иной хозяйственной деятельности, а также для проведения землеустройства. ИСОГД могут включать в себя, кроме того, материалы в текстовой форме и в виде карт (схем).

Согласно определению, сформулированному в градостроительном кодексе РФ ИСОГД представляются систематизированным сводом документированных сведений: о развитии и застройке территорий, о земельных участках и об объектах капитального строительства, а также об иных требуемых сведениях, необходимых при осуществлении градостроительной деятельности [Градостроительный кодекс, 2005]. В сейсмических районах такими сведениями являются также данные о сейсмичности территории, в связи с чем карты сейсмической опасности являются также неотъемлемой частью ИСОГД.

Геофизическим институтом был проведен ряд исследований по оценке сейсмической опасности, результатом которых явилась разработка оригинальных карт детального сейсмического районирования (ДСР) территории Республики Северная Осетия-Алания [Заалишвили и др., 2008; Заалишвили, Дзеранов, 2010], а также карты сейсмического микрорайонирования (СМР) территории г. Владикавказа и других административных центров Республики [Заалишвили и др., 2010; Заалишвили, 2017; Zaalishvili et al., 2010]. Картографические материалы, очевидно, должны приводиться к мировому уровню, который предъявляется к данным имею-

щим пространственную привязку и, в первую очередь, должны иметь возможность непосредственной интеграции с любыми современным информационными системами.

Целью настоящей работы являлось создание информационной базы данных сведений об уровне сейсмической опасности и сейсмических рисках в ИСОГД.

Объектом исследования явились существующие функционирующие информационные системы, содержащие картографическую информацию и карты сейсмической опасности территории.

Были исследованы существующие автоматизированные системы в области градостроительной деятельности, кадастровая информационная система, а также ряд других информационных ресурсов. В качестве технической основы был выбран интернет-ресурс единой информационной системы «Сейсmobезопасность России».

Настоящим исследованием было установлено, что не существует единого подхода к созданию ИСОГД, принятие Градостроительного кодекса обусловило создание большого их количества [Мамышева, Загоруйко, 2010]. Очевидно, что государством не может выделяться или вводиться своя собственная система ИСОГД. Данный путь является чрезвычайно неэффективным, блокирующим как развитие, так и самосовершенствование систем. С помощью государственного контроля должны быть регламентированы протоколы обмена пространственными и иными данными между системами, учитывая требования безопасности, а также необходима разработка общей структуры метаданных [Сапельников и др., 2010]. Как пример - электронная система Роскадастра, которая в силу практической необходимости и востребованности является в настоящее наиболее гибкой разработанной геоинформационной системой в Российской Федерации. Доступ к кадастровой карте может осуществляться по протоколу Web Map Service (WMS) в виде WMS-сервиса [OpenGIS, ..., 2006], что открывает возможности использования данных в большом количестве приложений, как государственных служб, так и для частных пользователей.

Протоколы WMS и WFS разработаны как стандарты Открытого геопространственного консорциума – Open Geospatial Consortium (OGC) и их поддержка реализуется большим количеством приложений [Заалишвили, Мельков, 2015]. Данные стандарты, вместе с дополнительными стандартами Международной организации по стандартизации (ИСО) и Международного Технического комитета ISO/TC 211 «Geographic information/Geomatics» (ИСО/ТК 211 «Географическая информация/Геоматика») являются одними из важнейших элементов для инфраструктуры пространственных данных во всём мире. На основе данных спецификаций, разработанных OGC, разрабатывается большая часть специализированного программного обеспечения для картографических интернет-сервисов.

С учетом всех перечисленных преимуществ, в качестве основы разработки интернет-сервиса была выбрана спецификация Web Map Service. В качестве основы был выбран Geoserver [Кануков, 2017б], как программный продукт, удовлетворяющий всем предъявляемым требованиям, а также совместимостью с интернет-ресурсом информационной системы Сейсmobезопасность России.

Схема системы предоставления доступа к базе данных с уточнением исходной сейсмичности и сейсмического риска представлена на рис. 1.

В качестве основной платформы для разработанного программного комплекса был остановлен выбор на сервере, работающем под управлением свободной операционной системы Ubuntu Server 11.10.

На основе OpenLayers разрабатывался веб-интерфейс для доступа и визуализации базы данных сервиса, обладающий необходимыми функциональными возможностями для визуализации вероятностных карт сейсмической опасности территории РСО-Алания (рис. 2). Как уже отмечалось, поддержка протокола WMS позволяет обеспечивать доступ к данным о сейсмической опасности и рисках в качестве информационного раздела как в собственное разрабатываемое программное обеспечение, так и в программные продукты сторонних разработчиков [Кануков и др., 2016].

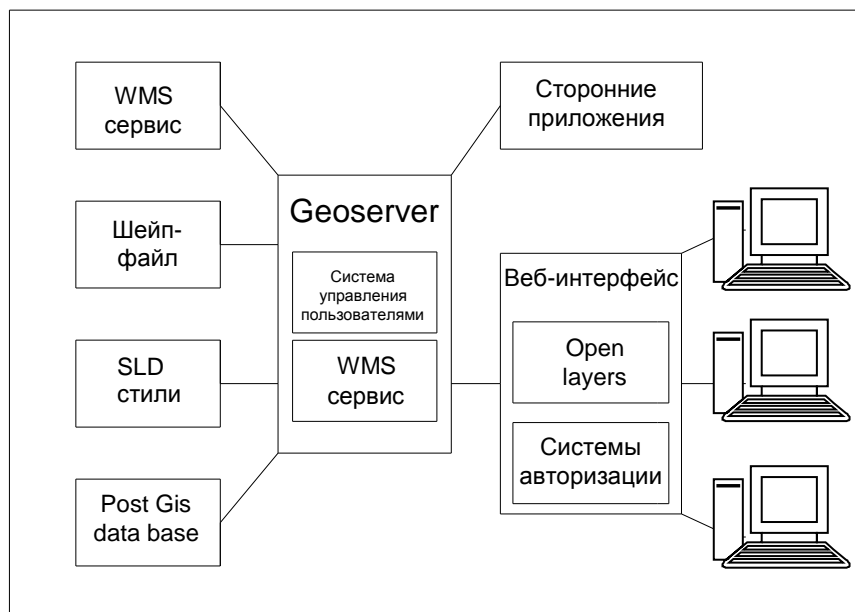
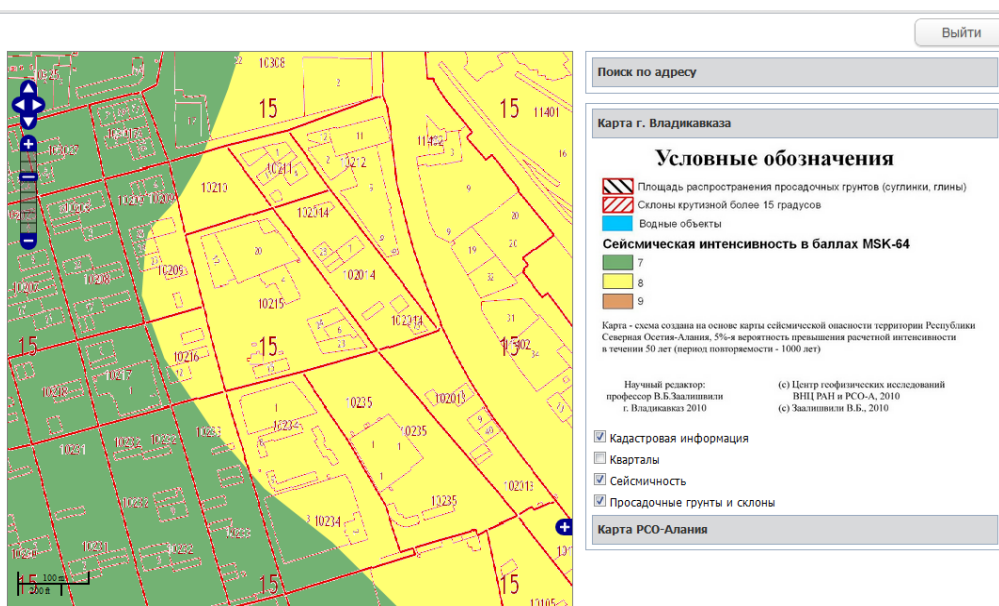


Рис. 1. Структурная схема системы

Кроме того, поддержка протокола WMS делает возможным подключить к созданной системе различного рода внешних данных, например кадастровые планы (рис. 2).



Адрес: 362002, РСО-А, г. Владикавказ, ул. Маркова 93а
 тел: 8 (8672) 764084; факс 8(8672) 764056
 e-mail: egi_ran@mail.ru
 http://egi.vostok.ru

Рис. 2. Веб-интерфейс разработанной системы с выведенной кадастровой информацией на карту СМР территории г.Владикавказ

Для правильного отображения данных на карте были разработаны соответствующие SLD-стили [Styled Layer Descriptor ..., 2007]. С помощью программного продукта PostGis была реализована функция поиска объектов по адресу. При разработке системы также были использованы и другие современные технологии, такие как web 2.0, AJAX и др.

Веб-сервис имеет интуитивно понятный интерфейс и соответствует всем предъявляемым к нему требованиям: доступность, удобство использования, расширяемость.

В процессе настоящего исследования были рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и выполнена разработка соответствующей системы по предоставлению информации и разграничению соответствующих прав доступа для пользователей системы [Кануков, 2017а]. Внедрение шифрованного протокола HTTPS позволило минимизировать возможность несанкционированного доступа к данным. Для защиты от взлома системы методом прямого подбора ключа использовался асимметричный алгоритм шифрования RSA с длиной ключа 256 бит.

Разработанная система является легко модернизируемой и может использоваться в качестве основы современной постоянно обновляемой информационной базы данных [Кануков, 2017], в которой объединяются результаты всех направлений градостроительной деятельности для административных центров Республики Северная Осетия-Алания, что позволяет включать указанные данные во Всероссийскую Федеральную информационную систему, а также содержать информацию, получаемую с помощью сетей мониторинга опасных природных и техногенных процессов [Заалишвили и др., 2013; Заалишвили и др., 2013а; Заалишвили и др., 2016; Бериев и др., 2017]. В то же время, в условиях необходимости создания такой Федеральной (Всероссийской) информационной системы разработанный программный продукт позволит без дополнительных усилий и затрат формировать новые заявки для приоритетного проектирования систем усиления существующей застройки, снижения уязвимости территории и других задач, что, несомненно, повысит безопасность населения в Северной Осетии.

Выводы

1. Геоинформационные системы (ГИС) в совокупности с различными системами электронного документооборота (СЭД) представляются одной из необходимых составных частей государственного управления.
2. Принятие Градостроительного кодекса обусловило создание большого количества информационных систем обеспечения градостроительной деятельности.
3. Электронная система Роскадастра, в силу практической необходимости и востребованности является в настоящее наиболее гибкой разработанной геоинформационной системой в Российской Федерации.
4. Предоставление возможностей использования кадастровой карты по протоколу WMS (в виде WMS-сервиса) позволяет использовать данные в большом количестве приложений, как государственных служб, так и для частных пользователей.
5. Протоколы WMS и WFS разработаны как стандарты Открытого геопространственного консорциума – Open Geospatial Consortium (OGC) и их поддержка реализуется большинством количеством приложений. Использование протокола WMS позволяет обеспечивать доступ к данным о сейсмической опасности и рисках в качестве информационного раздела как в собственное разрабатываемое программное обеспечение, так и в программные продукты сторонних разработчиков.
6. На основе современных информационных технологий выполнено создание базы данных о сейсмической опасности территории РСО-Алания разного уровня (вероятностные карты ДСР и СМР).

Литература

1. Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Исследование экогеофизических и метеорологических факторов окружающей среды г. Владикавказа //Геология и геофизика Юга России. 2017. № 3. С. 27-39.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (принят ГД ФС РФ 22.12.2004) //Парламентская газета", N 5-6, 14.01.2005.
3. Заалишвили В.Б., Аракелян А.Р., Макиев В.Д., Мельков Д.А. К вопросу сейсмического районирования территории республики Северная Осетия-Алания //Труды I международной конферен-

- ции «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа», Владикавказ, 20-22 сентября 2007, Владикавказ, 2008, С.263-278.
4. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В. Оценка сейсмической опасности территории РСО-Алания //Труды научно-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки», Владикавказ, 2010, С.342-345.
 5. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С. Оценка сейсмической опасности территории урбанизированной территории на основе современных методов сейсмического микрорайонирования (на примере г. Владикавказа) //Труды научно-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки», Владикавказ, 2010, С.348-351.
 6. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Мониторинг опасных природных и техногенных процессов на территории РСО-Алания //Геология и геофизика Юга России. 2013. № 1. С. 17-27.
 7. Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Информационный мониторинг распределённых физических полей в пределах урбанизированной территории //Геология и геофизика Юга России. 2013а. № 4. С. 8-16.
 8. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Единая система наблюдений за катастрофическими явлениями: информационные протоколы //Геология и геофизика Юга России. 2015. № 4. С. 73-77.
 9. Закс Т.В., Кануков А.С., Малиев И.Н., Мельков Д.А., Туаев Г.Э., Тучашвили Д.Б. Мониторинг экогеофизических факторов окружающей среды г. Владикавказа //Геология и геофизика Юга России. 2016. № 4. С. 68-74.
 10. Заалишвили В.Б. Инженерная сейсмология: достижения и проблемы //Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2017. № 1 (5). С. 23-40.
 11. Кануков А.С., Мельков Д.А., Харебов К.С. Геоинформационное моделирование грунтовых условий геологических объектов. Банки и базы данных сильных движений // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 2. С. 48-59.
 12. Кануков А.С. Интеграция базы данных геологической информации в систему геоинформационного моделирования //Геология и геофизика Юга России. 2017. № 3. С. 57-66.
 13. Кануков А.С. Обеспечение безопасного доступа к веб-интерфейсу системы геоинформационного моделирования с информационной базой данных о сейсмичности и сейсмических рисках //Геология и геофизика Юга России. 2017а. № 4. С. 48-57.
 14. Кануков А.С. Современные методы и подходы к созданию геоинформационных систем моделирования геологических объектов (статья в коллективной монографии) //«Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований» /Под ред. Заалишвили В.Б. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН. 978-5-904868-21-5. 2017б. 619 с. – С.317-322
 15. Мамышева Е.Г., Загоруйко А.Е. Обзор технологических платформ для формирования ИСОГД //Управление развитием территории. №3. 2010. С. 70-72. URL: <http://www.gisa.ru/69931.html>
 16. Сапельников С.А., Тарарин А.М., Андреев А.В. Кадастровые карты муниципальных образований: баланс возможностей и потребностей //Информационный бюллетень ГИС-ассоциации № 4 (76) 2010. с.17-21.
 17. OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification. Version: 1.3.0. OpenGIS® Implementation Specification. OGC® 06-042. Ed. Jeff de la Beaujardiere. Date: 2006-03-15. 2006. 85 p. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416
 18. Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification. Version: 1.1.0 (revision 4). OGC® Implementation Specification OGC 05-078r4. Ed. Dr. Markus Lupp. Date: 2007-06-29. 2007. 53 p. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22364
 19. Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Dzeranov B.V. Modern seismic hazard assessment methods (in example territory of Vladikavkaz-city) //Proceedings of 14th European conference of earthquake engineering. 30August –0 3 September, Ohrid, republic Macedonia, 2010, 8 pp.

УДК 550.3

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-49-53

АППАРАТУРА ДЛЯ ПРЕЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ ПОРОД В СКВАЖИНЕ

*Идармачев Ш.Г., Идармачев И.Ш.
Институт геологии ДНЦ РАН*

Приведены результаты испытания станции «Георезистор», разработанной для прецизионных измерений кажущегося удельного электрического сопротивления горных пород. Показано сравнение данных, полученных в лабораторных и полевых условиях. Результаты высокоточных наблюдений в скважине показали возможность применения данной установки для регистрации изменений характеристик горной породы в результате слабого внешнего воздействия, атмосферного давления и температуры, сейсмических волн сильных землетрясений, сезонного изменения уровня водохранилища и других геодинамических процессов.

Ключевые слова: кажущееся удельное электрическое сопротивление, атмосферные факторы, геодинамические процессы, вариометр сопротивления, землетрясение, динамический диапазон, цифровой фильтр.

APPARATUS FOR PRECISION MEASUREMENT OF ELECTRICAL PARAMETERS OF
ROCKS IN THE WELL

*Idarmachev Sh. G., Idarmachev I. Sh.
Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS*

The results of testing station "Georesister", designed for precision measurements of apparent resistivity of rocks. The comparison of data obtained in laboratory and field conditions is shown. The results of high-precision observations in the well showed the possibility of using this installation to record changes in rock characteristics as a result of weak external influence, atmospheric pressure and temperature, seismic waves of strong earthquakes, seasonal changes in the level of the reservoir and other geodynamic processes.

Keywords: apparent electrical resistivity, atmospheric factors, geodynamic processes, resistance variometer, earthquake, dynamic range, digital filter,

Для изучения геодинамических процессов, происходящих в земной коре, чаще всего используются специально разработанные для этих целей установки, позволяющие с высокой точностью регистрировать временные вариации кажущегося сопротивления горных пород. Установки на переменном токе [1, 6] позволяют регистрировать вариации кажущегося сопротивления на уровне тысячных долей процента и регистрировать деформации горных пород перед сильными землетрясениями на удалении до 1000 км [4, 5].

Авторами [3] была создана установка «СЭЗ-вариометр», предназначенная для регистрации вариаций кажущегося сопротивления горных пород с чувствительностью до 0,001% с использованием метода накопления и цифровой компенсацией напряжения на приемной линии напряжением на высокостабильном шунте в цепи питающей линии. Отличительной особенностью вариометра является возможность работы с большими токами и использование цифровых методов измерений. Вывод информации осуществляется на перописующий самописец с динамическим диапазоном 40 дБ или цифropечатающее устройство.

Подобного типа измерительная установка (Георезистор) была разработана в 2000 г. в Институте геологии ДНЦ РАН авторами [2]. Применение 24 разрядного АЦП позволяет производить измерение сигнала без компенсационных устройств поляризационных потенциалов, возникающих на приемных электродах. Данная установка состоит из платы сбора данных серии ЛА-И24, сопряженной с персональным компьютером.

Технические характеристики измерительной платы ЛА-И24:

- 6 дифференциальных входных канала;
- программируемый коэффициент усиления;
- цифровой фильтр низких частот;
- входное сопротивление не менее 100 Мом;
- режим калибровки входного сигнала;

- разрядность, 24 бит;
- уровень шумов на входе каналов не превышает $(1-2) \cdot 10^{-6}$ В;
- максимальный уровень входного сигнала $\pm 2,5$ В.

Технические характеристики генератора:

- разнополярные импульсы стабилизированного постоянного тока длительностью 10 с;
- выходное напряжение, ± 12 В.

Программа управления станции «Георезистор» по внутренним часам ПК включает режим измерений. Для этого на первый дифференциальный канал АЦП подается сигнал, снимаемый с калибровочного шунта, включенного в цепь питающих электродов, а на вход второго канала АЦП подается сигнал с приемных электродов. Длительность измерений одного сеанса равна 59 минут. В конце часа, полученный массив данных обрабатывается соответствующей программой и на жесткий диск записываются дата, время, значение тока (I) в цепи питающего диполя, напряжение на приемном диполе (U) и величина кажущегося сопротивления (ρ_k). Данные сохраняются в табличном виде.

Для определения погрешности измерительной части станции в лабораторных условиях на входы обоих каналов подавался один и тот же сигнал с шунта высокоточного сопротивления, подключенного последовательно с резистором нагрузки генератора. В процессе обработки результата измерения определялось отношение величины сигнала к току, т.е. $\Delta U/I$, следовательно, если входные сигналы равны, то отношение $\Delta U/I = 1$. В табл. 1 приведены данные почасовых измерений, полученные в течение двух суток.

Таблица 1 а

Результаты часов измерений отношения сигнала к току

Часы	$\Delta U/I$	часы	$\Delta U/I$	часы	$\Delta U/I$	часы	$\Delta U/I$
01	1,00367	07	1,00369	13	1,00368	19	1,00370
02	1,00367	08	1,00367	14	1,00370	20	1,00366
03	1,00367	09	1,00369	15	1,00368	21	1,00368
04	1,00367	10	1,00369	16	1,00369	22	1,00368
05	1,00368	11	1,00368	17	1,00364	23	1,00369
06	1,00368	12	1,00370	18	1,00367	00	1,00370

Таблица 1 б

Часы	$\Delta U/I$	часы	$\Delta U/I$	часы	$\Delta U/I$	часы	$\Delta U/I$
01	1,00365	07	1,00368	13	1,00367	19	1,00366
02	1,00366	08	1,00367	14	1,00368	20	1,00365
03	1,00365	09	1,00365	15	1,00369	21	1,00367
04	1,00367	10	1,00368	16	1,00367	22	1,00370
05	1,00366	11	1,00369	17	1,00368	23	1,00368
06	1,00368	12	1,00367	18	1,00370	00	1,00367

Для данных, приведенных в табл. 1 а и б, величины стандартных отклонений соответственно равны $\sigma=0,00001$ и $\sigma=0,00001$. Относительная погрешность в процентном отношении составляет $\delta=0,001\%$.

Полевые испытания установки проводились в необсаженной скважине, расположенной в районе правого борта плотины Чиркейской ГЭС. Для измерений использовался четырехэлектродный зонд, установленный в скважине на глубине 99 м. Растекание тока от электродов по породе обуславливалась через воду. Уровень воды в скважине находится на 30 м выше места расположения зонда и тем самым обеспечивается электрический контакт с породой вокруг зонда.

В режиме полевых наблюдений погрешность измерений установки повышается из-за различного рода помех, например, промышленных электрических, создаваемых различными

энергетическими установками на ГЭС. Для снижения электрических помех на приемной линии длиной 250 м, на входе АЦП подключен Г-образный фильтр низких частот $R=150 \text{ Ом}$, $C=10 \text{ мФ}$. На выходе фильтра амплитуда сигнала 50 Гц составляет 10 мВ. Программируемый фильтр нижних частот АЦП подавляет сигнал помехи еще на 50 Дб.

Данные измерений для двух различных суток приведены в табл. 2, а их графики показаны на рис. 1.

Таблица 2 а

Данные часовых измерений (ρ_k) в скважине

Часы	ρ_k , Ом·м	часы	ρ_k , Ом·м	часы	ρ_k , Ом·м	часы	ρ_k , Ом·м
01	97,5327	07	97,5479	13	97,5574	19	97,5308
02	97,5821	08	97,5802	14	97,5460	20	97,5555
03	97,5764	09	97,5517	15	97,5327	21	97,5593
04	97,5612	10	97,5194	16	97,5232	22	97,5555
05	97,603	11	97,5422	17	97,5080	23	97,5536
06	97,6049	12	97,5289	18	97,5023	00	97,5574

Таблица 2 б

Данные часовых измерений (ρ_k) в скважине

Часы	ρ_k , Ом·м	часы	ρ_k , Ом·м	часы	ρ_k , Ом·м	часы	ρ_k , Ом·м
01	97,4814	07	97,6334	13	97,7398	19	97,9336
02	97,6068	08	97,6771	14	97,7949	20	97,9659
03	97,5745	09	97,6657	15	97,8614	21	98,0286
04	97,6315	10	97,6220	16	97,8861	22	98,059
05	97,6125	11	97,6600	17	97,8386	23	98,0514
06	97,5023	12	97,7455	18	97,9032	00	98,0343

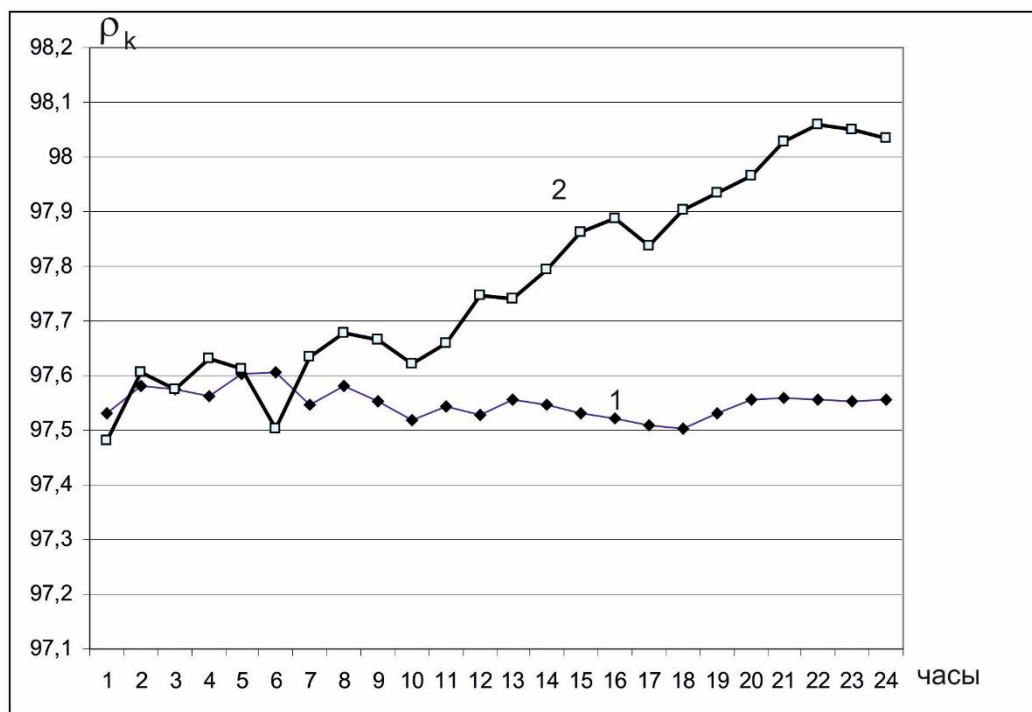


Рис. 1. Графики кажущегося сопротивления для двух различных суток: 1 – в невозмущенный день, когда относительная погрешность не превышает 0,026%; 2 – в период, когда возмущение вызывает увеличение погрешности измерений за суточный период ($\delta_2=0,18\%$).

Стандартные отклонения для рядов 1 и 2 составляют, соответственно, $\sigma=0,026$ и $\sigma=0,18$. Относительная погрешность равна $\delta=(\sigma/\rho_{cp})100\%$. Тогда для ряда 1 и 2 погрешности равны, соответственно, $\delta_1=0,026\%$, $\delta_2=0,18\%$.

При более детальном рассмотрении графиков для ряда 2 наблюдается устойчивый рост ρ_k . По всей вероятности, он обусловлен не погрешностью измерений, а является результатом изменения характеристик среды, например, сжатием микротрещин или сужением электропроводящих каналов проводимости породы.

В отдельные периоды наблюдались вариации волновой формы. На рис. 2 показан один из примеров суточным периодом. Минимум ρ_k достигается в 4–5 часов утра, а максимум в дневное время, в 12–14 часов. Снижение ρ_k начинается в 20–21 час. Здесь явно видно влияние давления или температуры атмосферы. Амплитуда максимальной суточной вариации ρ_k равна 1,7 Ом·м.

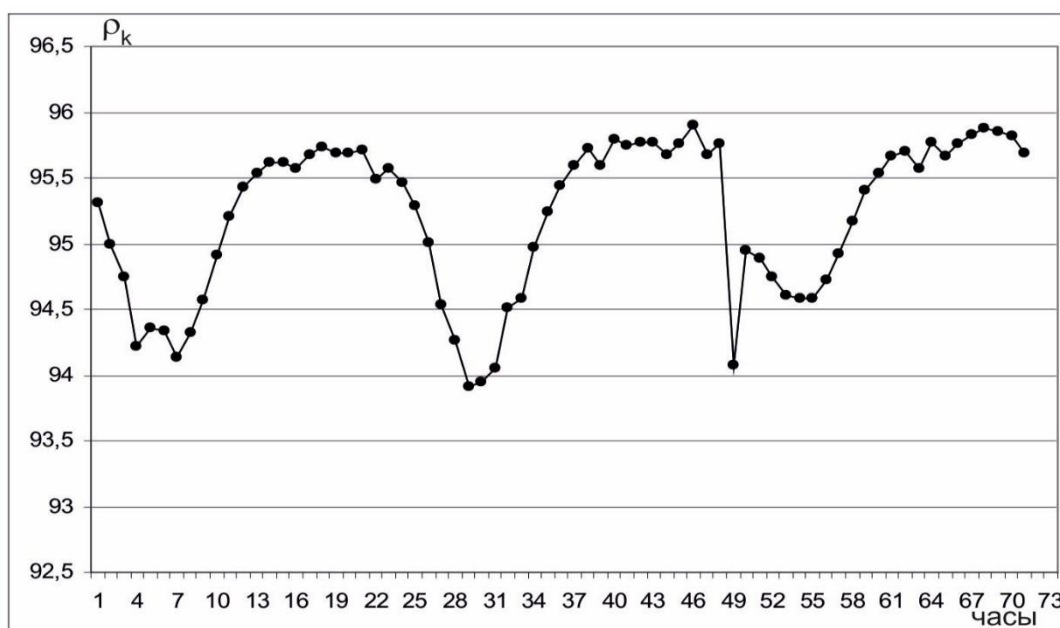


Рис. 4. Вариации кажущегося сопротивления в скважине за период 03.06.2010–05.06.2010.

Таким образом, в отдельные периоды наблюдаются вариации кажущегося сопротивления различной формы, которые могут быть обусловлены различными факторами, например, изменением давления атмосферы, уровня воды в скважине, пусками и остановками турбин, деформацией земной коры и др.

Выводы

1. Установка «Георезистор» в отличие от других известных аналогов позволяет производить измерение величины ρ_k без дополнительных цепей компенсации сигнала на приемной линии, в том числе ЭДС поляризации электродов. Может работать не только как вариометр сопротивления, но и измерять с высокой точностью абсолютное значение величины кажущегося сопротивления породы.

2. Испытание установки в скважинном варианте показало возможность ее применения для регистрации изменений характеристик горной породы в результате слабого внешнего воздействия, атмосферного давления и температуры, сейсмических волн сильных землетрясений, сезонного изменения уровня водохранилища и других геодинамических процессов.

Литература

1. Волкова Е.Н., Камшилин А.Н., Эфендиев М.И. Некоторые результаты изучения среды электровариометром на Ашхабадском геодинамическом полигоне //Прогноз землетрясений. Душамбе: Изд. «Дониш» 1986. №7. С. 90–94.

2. Идармачев Ш.Г., Алиев М.М., Абдулаев Ш-С.О., Хаджи Б.А. Станция для электрического зондирования «Георезистор». Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. Мат. Междунар. конф. Воронеж. 2001. С. 86–87.
3. Осташевский М.П., Сидорин А.Я. Аппаратура для динамической геоэлектрики. Ин-т Физики Земли. Москва. 1990. 205 с.
4. Рикитаки Т. Предвестники землетрясений. М.: Мир. 1979. 388 с.
5. Rikitaki T., Yamazaki Y. The Nature of Resistivity Precursor //J. Earthquake Prediction Res. 1985. Vol. 3. P. 559–570.
6. Yamazaki Y. Preseismic resistivity changes recorded by the resistivity variometer (1), (May 14, 1968-February 28, 1975) //Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo. 1980. Vol. 55. P. 755–794.

Статья опубликована при поддержке гранта президиума РАН: «Фундаментальные основы прорывных технологий в интересах национальной безопасности» № 1.56, (2018 г.).

УДК 556.3

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-54-61

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВЗАИМОВЛИЯЮЩИХ ВОДОЗАБОРОВ С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ

*Заалишвили В.Б., Джгамадзе А.К., Дзеранов Б.В.
Геофизический институт ВНЦ РАН и РСО-А*

На Бесланском месторождении результатом интенсивного водоотбора стало понижение уровня грунтовых вод на 15 м, что может спровоцировать возникновение вторичной деформации грунтов и в свою очередь привести к значительной осадке земной поверхности в рамках территории города и вызвать целый ряд экологически опасных процессов.

В разрезе Бесланского месторождения грунтовых вод прослеживается большое количество пропластков песчанистых глин. При этом обводненные галечники содержат в виде заполнителя значительное количество глинистого материала.

В 2004–2005 гг. на Бесланском месторождении подземных вод проводились гидрогеологические исследования, для оценки запасов подземных вод в сложившихся условиях многочисленных взаимодействующих водозаборов, а также для выработки рациональной схемы их эксплуатации.

В результате гидрогеологических исследований производился подсчет запасов подземных вод Бесланского месторождения, целью которого являлся расчет вероятного понижения уровня подземных вод с использованием гидродинамического метода.

Увеличение динамических нагрузок на грунты на территории расположения г. Беслана происходит в результате строительства и увеличения предприятий, повышения грузопотока на железных дорогах и автомагистралях, которые из-за сейсмических колебаний грунтов могут стать причиной вторичной деформации грунтов, что создаст опасность для населения и общественно значимых объектов инфраструктуры.

Ключевые слова: подземные воды, водозабор, водоносный горизонт, скважина, просадка грунтов.

ASSESSMENT OF FRESH UNDERGROUND WATER RESERVES AT OPERATION UNDER THE CONDITIONS OF INTERDEPENDENT WATER RESERVOIRS TAKING INTO ACCOUNT THE SEISMIC HAZARD OF THE TERRITORY

*Zaalishvili V.B., Dhzgamadze A.K., Dzeranov B.V.
Geophysical Institute VSC RAS and RNO-A, Vladikavkaz, Russia*

At the Beslan deposit, the result of intensive water abstraction was a decrease in the groundwater level by 15 m, which can provoke the emergence of secondary deformation of the ground and in turn lead to a significant subsidence of the earth's surface within the city's territory and cause a number of environmentally hazardous processes

In the cross-section of the Beslan groundwater deposit, a large number of interlayers of sandy clays are traced. At the same time watered pebbles contain in the form of aggregate a significant amount of clay material.

In the years 2004-2005, hydrogeological studies were carried out at the Beslan groundwater deposit, in order to assess the reserves of groundwater under the prevailing conditions of numerous interacting water intakes, and also to develop a rational scheme for their operation.

As a result of hydrogeological research, the groundwater resources of the Beslan deposit were calculated, the purpose of which was to calculate the probable lowering of the groundwater level using the hydrodynamic method.

The increase in dynamic loads on soils in the territory of Beslan occurs as a result of the construction and expansion of enterprises, the increase of freight traffic on railways and highways, which, due to seismic vibration in soils, may cause secondary deformation of soils, which creates a hazard for the population and socially significant objects of infrastructure.

Keywords: groundwater, water intake, water extraction, aquifer, well, subsidence.

Подземные воды входят в состав гидросферы Земли и окружающей нас среды. Изменения в любой из сформировавшихся частей системы не может не оказать влияния нее в целом. Нередки случаи когда, эксплуатация водоносного горизонта оказывает существенное негативное воздействие на геологическую среду и экологическую обстановку [Ковалевский, 1986]. Игнорирование таких нарушений, впрочем, как и отсутствие предвидения факторов, их появления и возможных масштабов последствий нередко приводят к значительному экономическому ущербу и как следствие негативным социальным последствиям. Исходя из этого, можно сделать вы-

вод, что исследование и прогноз негативного техногенного воздействия на окружающую среду при эксплуатации подземных вод, является одной из основных задач современной гидрогеологии. Исходя из этого, можно заключить, что изучение и прогноз воздействия хозяйственной деятельности и водоотбора на окружающую среду является одной из основных задач современной гидрогеологии. Интенсивный водоотбор из водоносного горизонта, может вызвать более негативные последствия. На Бесланском месторождении результатом интенсивного водоотбора стало понижение уровня грунтовых вод на 15 м, что может спровоцировать возникновение вторичной деформации грунтов и в свою очередь привести к значительной осадке земной поверхности в рамках территории города и вызвать целый ряд экологически опасных процессов. Бесланское месторождение подземных вод приурочено к восточной части Осетинской наклонной равнины (рис. 1).

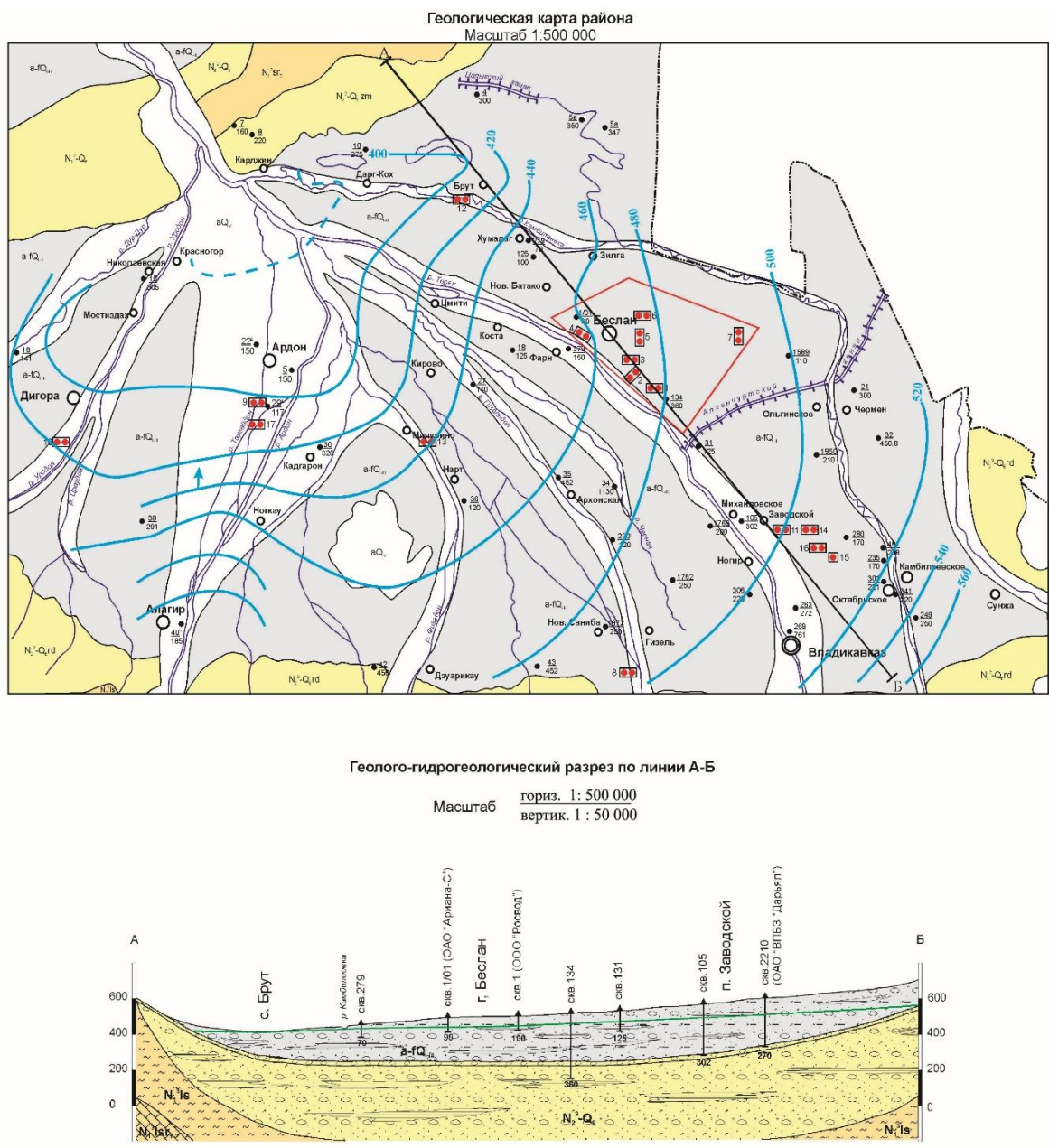


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района

Эксплуатация месторождения началась в 1962 году. Суммарный водоотбор по 5 водозаборным скважинам с начала эксплуатации составлял 10000 м³/сутки, который не менялся до

середины 90-х годов. Начиная с середины 90-х годов, производительность Бесланского месторождения подземных вод стала падать в связи с уменьшением динамического уровня грунтовых вод, а также выходом из строя некоторых водозаборных скважин из-за воздействия на них групповых водозаборов сооруженных в окрестностях месторождения для водоснабжения различных предприятий.

В 2004–2005 гг. на Бесланском месторождении подземных вод проводились гидрогеологические исследования, для оценки запасов подземных вод в сложившихся условиях многочисленных взаимовлияющих водозаборов, а также для выработки рациональной схемы их эксплуатации.

По данным мониторинга подземных вод, который был проведен на 11 водозаборных участках (2004-05 гг.) сделан ряд следующих выводов.

Исходя из того, что определяющую роль в восполнении запасов подземных вод играет инфильтрация поверхностных вод реки Терек, можно оценить скорость продвижения пика волны (максимума) восполняемости запасов подземных вод в северном направлении от предгорий. Расстояние до центра Бесланского месторождения от предгорий по долине Терека составляет около $R=22$ км, время продвижения «пика» пополнения запасов подземных вод к нему составляет – 3-4 месяца, в среднем $t=105$ дней.

Из уравнения $R=1,5\sqrt{\alpha t}$, коэффициент урнепроводности $\alpha=R^2/(2,25t)$, откуда $\alpha=22000^2/(2,25*105)=2,05\cdot 10^6$ м²/сутки, то есть скорость продвижения волны «пика» является характерной для субнапорного водоносного горизонта.

Режим субнапорной фильтрации четвертичного водоносного горизонта является фактором, подтверждающим присутствие многочисленных линз и глинистых прослоев мощностью до 10 м в обводненной толще отложений.

Бесланское месторождение пресных подземных вод занимает значительную площадь и включает в себя ряд водозаборных участков, вытянутых в плане в две полосы, одна полоса протягивается с юга-востока на северо-запад по правому берегу реки Терек по южной и юго-восточной окраинам г. Беслана (водозаборные участки Головного городского водозабора МПУ ВКХ г. Беслан, ОАО «Салют», ООО «Росвод», ОАО «БМК», ЗАО «Возрождение», ОАО «Ариана-С»), а вторая – с востока на запад, огибая с севера г. Беслан (водозаборные участки Владикавказского авиапредприятия, ООО «Феникс», ОАО «Исток», ООО «Океан»).

Эти полосы смыкаются в северо-западной части на территории расположения ОАО «Ариана-С». Кроме того, ряд одиночных водозаборных скважин (МПУ ВКХ г. Беслана и др.), располагается между основными направлениями водозаборных участков.

В результате гидрогеологических исследований производился подсчет запасов подземных вод Бесланского месторождения, целью которого являлся расчет вероятного понижения уровня подземных вод с использованием гидродинамического метода.

Расчетный срок эксплуатации водозаборных сооружений при установленном подсчете запасов составляет 25 лет.

На Бесланском месторождении эксплуатационным является водоносный горизонт грунтовых вод, четвертичного возраста сложенный аллювиальными и флювиогляциальными отложениями, которые в основном представлены песчано-гравийно-галечниками. Мощность четвертичных отложений варьируется от 185 до 194 м. В нижней части отложения представлены слоем плотных глин апшеронского яруса, мощность которых составляет 10 м. В районе расположения головного водозабора зеркало грунтовых вод в ненарушенном положении находится на глубине 10-38 м, в районе ОАО «БМК» - около 10 м, на севере, в районе ОАО «Исток» - на глубине 18 м, а в южной части месторождения - 38 м.

Понижение уровня подземных вод, которое происходит из-за функционирования большого количества водозаборов расположенных на площади месторождения, варьируется от 8 до 19 м, при общем водоотборе составляющем 72 тыс. м³/сутки.

В годичном разрезе естественный режим подземных вод не является стабильным, т.к. на

него оказывает значительное влияние изменение количества атмосферных осадков, а также уровня и расхода реки Терек.

При изучении в годичном разрезе изменения уровня грунтовых вод и его взаимосвязи с режимобразующими факторами, расходом и уровнем реки Терек, а также атмосферными осадками, можно отметить однообразные изменения в режиме подземных вод и графиках режимобразующих факторов.

Особенности питания четвертичного водоносного горизонта должны рассматриваться в региональном масштабе, т.е. местное и отдаленное. За область питания в этом разрезе берется весь бассейн реки Терек по замыкающему створу у г. Беслана. Вся площадь сложенная четвертичными отложениями, которая располагается к югу от Бесланского месторождения рассматривается как локальная область питания. Уклон поверхности подземного потока в черте Бесланского месторождения пресных подземных вод составляет 0,004.

Основываясь на вышеизложенном, в соответствии с действующей Классификацией запасов и прогнозных ресурсов подземных вод, по степени сложности гидрогеологических условий, Бесланское месторождение со сложными гидрогеологическими условиями и слоистым строением водоносного горизонта относится по сложности ко II группе.

В границах Бесланского месторождения в результате проведенных исследований был установлен общий среднесуточный водоотбор, который составил 75 тыс. м³/сут. В водоносном горизонте в черте города образовалась крупная депрессионная воронка. При подсчете запасов было установлено, что возможное понижение уровня грунтовых вод к концу расчетного срока эксплуатации (25 лет) может достигнуть 22 м.

С использованием следующей формулы можно оценить прогнозное оседание поверхности, которое возникает в процессе осушения рыхлых пород [Заалишвили, 2009]:

$$S = \frac{\Delta v_n \Delta h}{E_y} \left(h_n + \frac{\Delta h}{2} \right), \quad (1)$$

где S – возможная величина оседания (уплотнения пород) поверхности земли, м;

Δv_n – увеличение веса зерен грунта вследствие осушения,

Δh – осушенная часть водоносного горизонта, 16м;

E_y – коэффициент уплотнения осушенных пород [Плотников, 1985];

$E_y=200$ МПа (для гравия с песком, уплотненной);

h_n – остаточная несущая часть водоносного горизонта, 84 м.

$\Delta v=(1-n) v_v$,

где v_v – плотность воды, 0,999 г/см³.

$\Delta h=16$ м; $h_n=100-16=84$ м; $\Delta v_n=6,18$ м.

Возможное оседание поверхности, таким образом, может достигать 6,18 м.

В разрезе Бесланского месторождения грунтовых вод прослеживается большое количество пропластков песчаных глин. При этом обводненные галечники содержат в виде заполнителя значительное количество глинистого материала.

Общеизвестен факт, что в случае интенсивной эксплуатации осушенной части водоносного горизонта может происходить увеличение объемной массы скелета, в результате освобождения от взвешивающего действия подземных вод. Вследствие интенсивной добычи воды могут возникнуть такие негативные инженерно-геологические процессы, как просадки грунтов. Положение осложняется еще тем, что над территорией возникновения мощной депрессионной воронкой расположен город Беслан, население которого составляет около 35000 человек, с многочисленными промышленными предприятиями, сетями автомобильных и железных дорог федерального и местного значения.

Исходя из вышеприведенных фактов можно сделать вывод, что для населения и общественных объектов г. Беслана существует опасность неблагоприятного воздействия при эксплуатации Бесланского месторождения пресных подземных вод.

Ситуация усугубляется наличием на территории г. Беслана высокого уровня сейсмической опасности. В результате исследований была построена карта сейсмического микрорайонирования территории города. Согласно этой карте к 7-балльной зоне были отнесены участки города, сложенные галечниками с песчано-глинистым заполнителем < 30%; к 8-балльной зоне были отнесены участки, сложенные необводненными глинистыми грунтами (п/тв. консистенции и т.д.), галечниками с песчано-глинистым заполнителем > 30% и их чередованием по глубине; к 9-балльной зоне отнесены участки, сложенные обводненными глинистыми грунтами (текучей консистенции и т.д.) (рис. 2).

Интенсивная добыча подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения, однозначно, нарушит и осложнит исходную ситуацию непредвиденными, но вполне объяснимыми просадками не только собственно грунтов, но и всего свода грунтовой надводной толщи. Исходя из этого, можно сделать вывод, что при сильном сейсмическом воздействии осушение грунтов приведет к расширению зоны возможного негативного сейсмического эффекта за счет просадок.

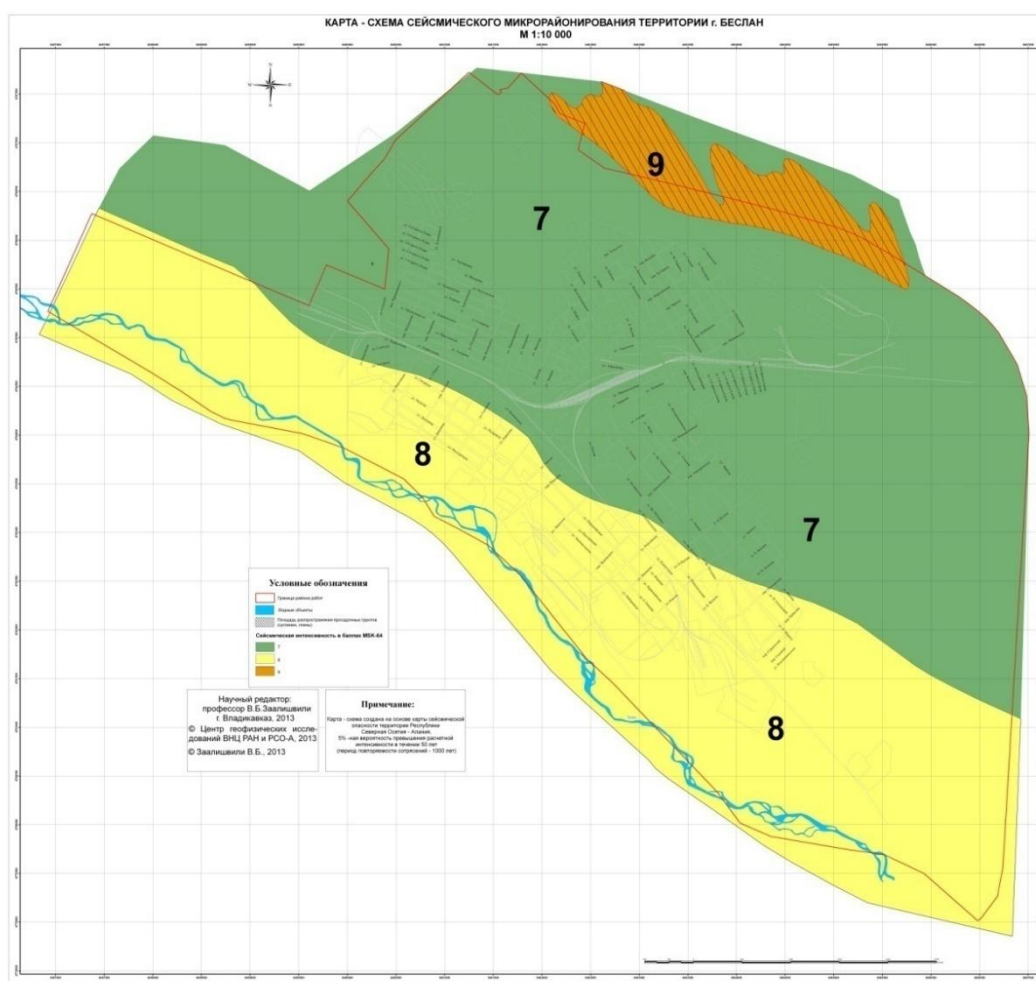


Рис. 2. Карта-схема сейсмического микрорайонирования территории г. Беслана

Из общего комплекса гидрогеологических работ на стадии эксплуатации водозаборных сооружений особое место занимают исследования, связанные с изменением изучения режима уровня подземных вод. Такой режим в водозаборных скважинах и продуктивном горизонте на площади влияния водозаборов является одним из основных показателей сложного процесса фильтрационного потока, которые играют решающую роль в выборе рациональных условий эксплуатации месторождения.

С целью борьбы с процессами оседания поверхности Земли в виде регулирования количества отбора воды в Японии издан закон «Правило (контроль) отбора подземных вод». После этого суммарный водоотбор из всех скважин г. Токио снизился почти в два раза с 620 до 340 тыс. м³/сутки. В результате принятых мер, темпы оседания поверхности земли заметно уменьшились и, при этом, часть промышленного водоснабжения города была переключена на использование поверхностных вод.

Для изучения режима формирования процессов оседания поверхности на Бесланском месторождении подземных вод необходимо проводить комплексные стационарные инженерно-геологические и гидрогеологические исследования по следующим основным направлениям:

-изучение режима отбираемого количества и уровня подземных вод, их температуру и электропроводимость в эксплуатационных и наблюдательных скважинах;

- изучение механизма уплотнения рыхлых горных пород в разрезе водовмещающей толщи с помощью натуральных наблюдений в глубинных реперах-скважинах, пройденных до плотных пород, подстилающих водоносные зоны.

Наиболее информативной оценкой развития этих процессов является непрерывный контроль уровня и электропроводимости воды по наблюдательным скважинам, величины деформации (уплотнения рыхлых горных пород) земной поверхности. Таким образом, на всей территории месторождения должна быть развернута локальная измерительная сеть, в основе которой находятся периферийные посты наблюдений (ППН) и центр мониторинга состояния контролируемой территории. Периферийный пост должен иметь измерительное и приемо-передающее оборудование. Измерительный блок должен состоять из датчика измерения соответствующего параметра и информационного конвертора, преобразующий выходной сигнал датчика в цифровой вид единого формата всех типов измерительных блоков. Вид измеряемых параметров, диапазон измерений и их погрешность, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Данные комплекса инструментального мониторинга территории

№№ п/п	Наименование датчика	Наименование параметра	Диапазон измерений	Погрешность измерений
1	Гидрометрический	Уровень воды в реке, Н, м	0 ... 10	± 0,01
2	Гидрогеологический	Уровень, h _{угв} , м	0 ... 100	± 0,01
		Температура, t, С ⁰	0 ... 45	± 0,1
		Электропроводимость воды в скважине, ом/м	0,01...5	± 0,1
3	Инженерно-геологический	Деформация грунта, γ, мм	0 ...15000	± 1

Выводы

На территории города Беслана в результате водоотбора сосредоточенными групповыми водозаборами, возникла крупная депрессионная воронка, размеры которой в дальнейшем будут увеличиваться. Увеличение динамических нагрузок на грунты на территории расположения г. Беслана происходит в результате строительства и увеличения предприятий, повышения грузопотока на железных дорогах и автомагистралях, которые из-за сейсмических колебаний грунтов могут стать причиной вторичной деформации грунтов, что создаст опасность для населения и общественно значимых объектов инфраструктуры.

Ранее для Осетинского артезианского бассейна был произведен подсчет запасов для условий водоносного горизонта неограниченного в плане. В настоящей работе подсчет запасов месторождения впервые был произведен для граничных условий по схеме «пласт-полоса» с

разными границами (на юге – $Q=0$, на севере – $H=const$). Соответствие приведенной расчетной схемы подсчета запасов с природными условиями Бесланского месторождения подтверждается результатами проведенных исследований, в условиях эксплуатации водозаборов на территории месторождения.

Механизм возникновения и развития описанных техногенных процессов пока слабо изучен. Проблемой их прогнозирования является то, что влияние техногенных процессов может быть зафиксировано лишь при широком спектре наблюдений в течение длительного периода времени. Поэтому необходимо проводить не только гидрогеологический, но и инженерно-геологический и сейсмический мониторинг.

Необходимо проводить два этапа инженерно-геологические исследований:

- на первом этапе предполагается закладка поверхностных геодезических опорных (за пределами возможного оседания поверхности земли) и осадочных (на территории развития депрессионной воронки) реперов. Геодезические наблюдения проводятся после осуществления плано-высотной привязки реперной сети.

- на втором этапе изучения оседания поверхности земли в программу стационарных режимных наблюдений необходимо включение инженерно-геологических исследований по глубинным реперам-скважинам. Полученные результаты исследований за динамикой уплотнения пород в дальнейшем позволят выработать обоснованный список мероприятий для предотвращения оседания земной поверхности.

Активный водозабор оказывает значительное влияние на сейсмические свойства грунтовой толщи. При интенсивном водоотборе из осушенной части водоносного горизонта происходит увеличение объемной массы скелета, в результате освобождения от взвешивающего действия подземных вод. Вследствие чего интенсивная добыча может стать причиной таких неблагоприятных инженерно-геологических процессов, как просадка грунтов, учет которых необходим при прогнозе поведения грунтов в случае сильных сейсмических воздействий.

Причиной просадки грунтов будет потеря устойчивости всего свода грунтовой толщи расположенной над водоносным горизонтом. Исходя из этого, можно сделать вывод, что при сильном сейсмическом воздействии осушение грунтов приведет к расширению зоны возможного негативного сейсмического воздействия исключительно за счет просадок.

Литература

1. Биндеман Н.Н., Язвин Л.С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Недра, 1970. 216 с.
2. Боровский Б.В. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М.: Недра, 1979. 304 с.
3. Ковалевский В.С. Исследования режима подземных вод в связи их эксплуатацией». М.: Недра, 1986. 186 с.
4. Колесникова А.М., Гогичев Р.Р., Гогмачадзе С.А. Подземные воды северо-осетинского артезианского бассейна // Устойчивое развитие горных территорий. 2017. Т. 9. № 2 (32). С. 119-129.
5. Гогичев Р.Р., Дзеранов Б.В. Изменение качественных характеристик подземных вод Осетинского артезианского бассейна // Геология и геофизика Юга России. 2017. № 4. С. 5-21.
6. Джгмадзе А.К. Отчет о результатах гидрогеологических исследований на Бесланском месторождении пресных подземных вод с оценкой эксплуатационных запасов по состоянию на 01.10.2006 г., // Фонды СКО ФГУ ТФИ по ЮФО. Владикавказ, 2007.
7. Джгмадзе А.К., Заалишвили В.Б. Мониторинг влияния интенсивной добычи подземных вод Бесланского месторождения на экологическую характеристику территории // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. № 6. 2006. С. 41-45.
8. Джгмадзе А.К. Особенности оценки запасов пресных подземных вод по источнику Кауридон (РСО-Алания) // Геология и геофизика Юга России. 2014. № 4. С. 9-14.
9. Дзеранов Б.В., Гогичев Р.Р., Джусоева Н.Г. // Использование ГИС - технологий при оценке качества подземных вод республики северная осетия-алания // Геология и геофизика Юга России. 2017. № 3. С. 40-56.

10. Дзеранов Б.В., Гогичев Р.Р. Оценка качества подземных вод Республики Северная Осетия-Алания на основе ГИС-технологий (статья в коллективной монографии) // «Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований» / Под ред. Заалишвили В.Б. – Владикавказ: ГФИ ВНЦ РАН. 978-5-904868-21-5. 2017. 619 с. – С.288-300
11. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. М.: Наука, 2009. 350 с.
12. Заалишвили В.Б., Джгмадзе А.К., Гогичев Р.Р. О создании карт инженерно-геологического районирования населенных пунктов Республики Северная Осетия-Алания, как основы сейсмического микрорайонирования // Геология и геофизика Юга России. 2013. № 3. С. 20-28.
13. Кригер Н.И., Кожевников А.Д., Миндель И.Г. Сейсмические свойства дисперсных пород (сейсмолитозекологический подход). М.: ИНЖЭКО, 1994. 194 с.
14. Плотников Н.И. Поиски и разведка пресных подземных вод. М.: Недра, 1985. 364 с.
15. «Справочное руководство гидрогеолога, 2 том. Под редакцией Максимова В.М. Недра, Ленинград, 1979.
16. Ольховский Г.П., Тибилев В.С. «Отчет по теме: «Составление специализированной геологической основы масштаба 1:50 000 для прогнозной металлогенической карты Горной Осетии», Фонды СКФ ФГУ «ТФИ по ЮФО», г. Владикавказ, 1998.
17. Лучшева А.А. Практическая гидрология, Гидропромтехиздат, Ленинград, 1976.
18. Джгмадзе А.К. Отчет о результатах геологического изучения водозаборного участка, представленного ООО «Техноир, с подсчетом запасов пресных подземных вод по состоянию на 01.09.2011г.», Фонды СКФ ФГУ «ТФИ по ЮФО», г. Владикавказ.

УДК 55.556

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-62-71

ГИДРОГЕОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ
РЕСУРСАМИ И КАЧЕСТВОМ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРСКО-КУМСКОГО
АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА

*Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К., Гусейнова А.Ш.,
Курбанисмаилова А.С., Абдулганиева Т.И., Мамаев А.С.
Институт геологии ДНЦ РАН*

В данной статье рассмотрены проблемы использования ресурсов подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ). Поставлена задача составления геолого-математической модели эксплуатационных ресурсов подземных вод ТКАБ для рационального использования, учета и охраны пресных подземных вод бассейна. Предложена методика составления такой модели. Для решения поставленной задачи предлагается система мер по разработке мероприятий по рациональному использованию и охране подземных вод. Предлагаемая модель должна стать основой при создании интегрированной ГИС для целей проектирования в строительстве, прогнозирования устойчивого развития бассейна, оценки рисков от опасных геологических процессов, оптимизации инженерно-геологических работ и важным инструментом для местных органов власти и бизнеса при региональном планировании.

Ключевые слова: подземные воды, артезианские скважины, водоносные горизонты, гидрогеолого-математическая модель, ТКАБ, электронная база данных.

HYDROGEOLOGICAL-MATHEMATICAL MODEL FOR FORMING AND MANAGING
RESOURCES AND QUALITY OF FRESH UNDERGROUND WATER
OF THE TERRY-KUM ARTSIANS BASIN

*Mamaev SA, Ibayev Zh.G., Suleimanov VK, Huseynova A.Sh.,
Kurbanishmailova AS, Abdulganieva TI, Mamaev AS
Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences*

This article deals with the use of groundwater resources of the Tersko-Kum Artesian Basin (TKAB). The task is to compile a geological and mathematical model of the underground water resources of TKAB for the rational use, recording and protection of fresh groundwater in the basin. A methodology for compiling such a model is proposed. To solve this problem, a system of measures is proposed to develop measures for the rational use and protection of groundwater. The proposed model should form the basis for creating an integrated GIS for design purposes in construction, predicting sustainable development of the basin, assessing risks from hazardous geological processes, optimizing engineering geological work, and an important tool for local authorities and businesses in regional planning.

Keywords: groundwater, artesian wells, aquifers, hydrogeological-mathematical model, TKAB, electronic database.

Введение и постановка вопроса

Подземные воды, пригодные для использования в народном хозяйстве, нужно рассматривать как полезное ископаемое, являющиеся специфическим полезным ископаемым, так как представляют собой важнейший природный компонент жизнедеятельности 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 [Сулейманов В.К. и др., 2009].

Единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов и прикутаных хозяйств Северо-Дагестанской низменности являются пресные подземные воды Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ). Хотя на подземных водах ТКАБ базируется водоснабжение более 300 тыс. населения и многих сотен животноводческих ферм и хозяйств, подземные воды используются крайне расточительно. Тысячи артезианских скважин

работают на предельном режиме нерегулируемого самоизлива, выводя на поверхность объем воды, многократно превышающий потребности населения и других водопотребителей (Кондаков В.М., и др. 2003; Отчет «Обследование скважин на территории СДАБ в 2012 г.», 2012, 2013гг).

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. [Сулейманов и др., 2009г]

Так при потребности в воде Ногайского района 34,1 тыс. м³/сут, отбирается в 1,55 раз больше, в Кизлярском в 1,3 раза, в Тарумовском в 2,64 раза, в Бабаюртовском районе в 3,3 раза больше необходимого. Водоотбор же в Тарумовском районе сопоставим со значениями прогнозных эксплуатационных ресурсов, что уже привело к формированию депрессионной воронки в северной части ТКАБ.

В ряде городов и районов республики (Кизлярский, Тарумовский, Бабаюртовский, Ногайский районы, г.г. Южно-Сухокумск, Кизляр), водоснабжение которых осуществляется за счет пресных подземных вод ТКАБ, отмечается повышенное содержание мышьяка, превышающее гигиенические нормативы в несколько раз, из-за чего отмечаются высокие уровни неинфекционной заболеваемости среди населения, проживающего в указанных районах. Массовый характер приобрели случаи бактериологического загрязнения подземных вод, потребляемых населением.

Вследствие интенсивного нерегулируемого водоотбора, нерегламентированного использования земельного фонда в зонах санитарных ограничений, искусственного сообщения водоносных горизонтов (содержащих воды разного качества) в процессе строительства разведочно-эксплуатационных скважин, нарушения технологии вскрытия и освоения ресурсов недр, происходит истощение и загрязнение подземных вод. Сработка напоров по отдельным водоносным горизонтам достигла 20 и более метров. По ряду водозаборов прекратился самоизлив. Между тем, ежегодно продолжается бесконтрольное бурение новых скважин без гидрогеологического обоснования и квалифицированного обоснования.

Исходя из вышеизложенного, можно прогнозировать на ближайшие годы развитие событий по основному резервуару подземных вод Северного Дагестана (Терско-Кумский бассейн) по следующему сценарию:

1. В большинстве скважин, пробуренных в равнинной части Дагестана, произойдет снижение дебитов, а по некоторым прекратится самоизлив. Потребуется их перевод на принудительный режим эксплуатации, в связи с чем возникнут проблемы, связанные с техническим переоборудованием скважин, так как конструкции старых скважин не приспособлены для установления погружных насосов. В конечном итоге дополнительные затраты на переоборудование скважин лягут на бюджет республики.

2. Продолжится ухудшение гидрогеологических и гидрохимических условий в пределах Терско-Кумского артезианского бассейна, из-за оказываемого наибольшего негативного влияния так называемых «бесхозных» скважин, расположенных в основном на бывших грузинских землях, в пределах Ногайского и Тарумовского районов РД, на землях отгонного животноводства Бабаюртовского, Кизлярского и других районов, количество которых сегодня составляет 1385, это 30-35% от общего количества пробуренных скважин.

3. Сбрасываемая без использования подземная вода из самоизливающихся скважин, объем которых в настоящее время оценивается в 250-300 тыс. м³/сут. (по одному лишь Бабаюртовскому району (отгонники) он составляет более 50 тыс. м³/сут.), продолжит затапливать прискваженные пространства, обуславливая помимо подтопления территории, засоление почв и грунтов. К примеру, скважина с дебитом 5-10 л/с, с минерализацией 1 г/дм³ за год выносит, а при испарении отлагает, на данной территории 1,5-3 тонны солей;

4. Не менее значимым негативным последствием расточительной эксплуатации этих артезианских скважин станет *истощение ресурсов подземных вод*, проявляющееся в сработке по-

тенциала (напоров) водоносных горизонтов, неблагоприятных изменений их качества.

В условиях складывающейся неблагоприятной обстановки, связанной с подземной гидросферой, требуется принятие безотлагательных мер по разработке мероприятий по рациональному использованию и охране подземных вод. В первую очередь необходимо разработать программу мер по упорядочению артезианского водопользования в т. ч.:

- восстановить регулярное (площадное) обследование подземных водозаборов с составлением актов и выдачей предписаний водопользователям;
- планомерно начать выполнение работ по оборудованию высокодебитных скважин ограничительными регулирующими и ремонтно-восстановительными системами;
- начать ликвидацию бездействующих и заброшенных скважин и консервацию неиспользуемых.

В итоге - это упорядочение системы государственного регулирования использования, охраны и учета подземных вод. Можно привести пример государственного регулирования использования подземных вод Японии, по изданному закону «Правило (контроль) отбора подземных вод». В результате принятых мер суммарный водоотбор из всех скважин г. Токио снизился почти в два раза с 620 до 340 тыс. м³/сутки.

Согласно прогнозу российских ученых к 2025 - 2030 годам объем пресной воды, который потребляет человечество, сравняется с ее ресурсами. Человечество впервые серьезно столкнется с водным кризисом. Уже сейчас наша планета с населением 7 млрд. чел. испытывает водный дефицит. Сегодня более 700 миллионов человек в 43-х странах мира постоянно находятся в условиях дефицита воды при этом прирост населения продолжается, объем водопользования будет только возрастать. Пресные воды являются ценнейшим стратегическим ресурсом страны и бесконтрольный сброс до 300 тыс. м³/сут пресных подземных вод ТКАБ является, мягко говоря, безответственным. *Эффективное управление водными ресурсами должно стать одной из стратегических задач государственной политики.*

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. [Сулейманов и др., 2009г].

Одним из методов решения рационального использования, охраны и учета подземных вод ТКАБ могло бы стать развитие нового геоинформационного направления эколого-гидрогеолого-математического моделирования процессов формирования ресурсов пресных подземных вод ТКАБ, и дальнейшего прогноза их эксплуатации.

Прогресс в области компьютерной техники и программных продуктов показал, что в настоящее время сложились реальные возможности перехода к автоматизации решения задач мониторинга в гидрогеологии [Курбанов и др., 2006, 2009; Мамаев и др., 2007, 2008, 2009, 2017; Черкашин и др. 2003].

В данной работе нами рассматриваются вопросы, связанные с разработкой гидрогеолого-математической модели формирования и управления эксплуатационными ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ) как важнейшего источника питьевых подземных вод для Северного Дагестана.

ТКАБ это уникальное хранилище пресных подземных вод на Северном Кавказе которое в результате стихийно-бесхозной эксплуатации в течение XX века подвержено крайне негативным последствиям

Поэтому особенно актуальным является задача по оценке эксплуатационных ресурсов подземных вод и определении максимально возможной величины водоотбора на весь период эксплуатации. При этом прогнозные понижения в скважинах водозабора на расчетный срок не должен превышать допустимых. Для решения данной задачи в первой ее постановке можно воспользоваться методом моделирования [Плотников, 1973, 1985].

Математическая постановка задачи моделирования

На первом этапе моделирования необходимо решать так называемую обратную задачу для оценки степени достоверности гидрогеологических данных полученных при разведке месторождения о параметрах водоносного горизонта, условиях питания и разгрузки подземных вод (граничные условия) сущность которой состоит в уточнении расчетных значений коэффициентов проводимости пород и в проверке правильности принятой расчетно-фильтрационной схемы [Плотников, 1973, 1985].

Считая наиболее достоверной информацию о положениях уровней подземных вод, дебите водозабора и общей величине меженного и паводкового питания необходимо уточнить параметры пласта, граничных условий, гидрогеологических окон и распределения инфильтрационного питания по площади бассейна.

Граничные условия где происходит равномерное питание бассейна моделируются с помощью условий второго рода $Q_r = q_r * S = \text{const}$.

q_r - поток воды, S – площадь области питания. На границах где водоносные породы граничат с непроницаемыми $q_r = 0$.

На гидрогеологических окнах, где происходит отток воды из бассейна $Q = \frac{H - H_0}{\Phi}$ - граничные условия III – рода.

H – уровень поверхности подземных вод на «окне»

H_0 – уровень поверхности порога непроницаемых пород на линии окна; Φ – фильтрационное сопротивление пород в сечении окна.

Уравнение баланса подземных вод на территории бассейна можно представить в следующем виде $Q_{\text{сумм}} = Q_o + Q_v + Q_n$,

$Q_{\text{сумм}}$ – суммарное питание на площади бассейна – инфильтрация речных вод и атмосферных осадков;

Q_o – расход воды через гидрогеологические окна;

Q_v - дебит водозабора; Q_n – расход подземных вод на испарение.

Таким образом, уравнение баланса определяет, что суммарная величина расхода подземных вод равна суммарной величине питания. Водозабор моделируется в виде линейной системы взаимодействующих современных скважин, эквивалентных траншее с равномерно распределяемым постоянным расходом. Питание водоносного горизонта за счет потерь речных вод задается как равномерно распределенная по площади инфильтрации.

При заданных граничных условиях для решения данной задачи необходимо на модели подобрать соответствующую проводимость водоносных пород и распределение инфильтрационного питания, которые бы удовлетворяли фактическому распределению уровней подземных вод по карте гидроизогипс. При этом принимается одно допущение однородность проводимости пласта. Инфильтрационное питание задается равномерно распределенным по всей площади и путем постепенных приближений на модели подбирается проводимость пласта.

Решение задачи таким способом позволит вычислить коэффициент проводимости пласта K_m , которая принимается как расчетная для решения основной задачи, по оценке эксплуатационных запасов подземных вод.

Для оценки емкостных и упругих запасов подземных вод можно воспользоваться по следующими формулами:

$$V_{em} = V_0 \times n_{эф} = S \times m \times n_{эф},$$

$$V_{упр} = S \times \mu \times \Delta h,$$

где S - площадь продуктивного пласта; V_0 -объем продуктивного пласта; m – мощность продуктивного пласта; $n_{эф}$ - коэффициент активной пористости; μ -коэффициент упругой водоотдачи, $1/m$; Δh – уровень сработки, м.

Коэффициент упругой водоотдачи определяется по общеизвестной формуле:

$\mu = Km/a$, где a – коэффициент пьезопроводимости.

Окончательное воспроизведение напоров на модели по контрольным скважинам достигается путем перераспределения интенсивности инфильтрационного питания. Перераспределение инфильтрационного питания водоносного горизонта осуществляется с учетом закономерностей изменения амплитуд колебаний уровней грунтовых вод, установленных режимными исследованиями в наблюдательных скважинах.

Результаты решения обратной задачи в дальнейшем используются для решения нестационарных задач о прогнозе развития понижений уровней подземных вод на заданный 25 летний период эксплуатации с учетом нового проектного дебита водозабора.

Ниже рассмотрим методику решения задачи, по оценке эксплуатационных запасов подземных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна.

Поскольку начальная мощность водоносного горизонта относительно велика по сравнению с величиной понижения уровня на водозаборе при решении этой задачи на модели принята схема напорного потока.

Движение напорного потока подземных вод описывается следующим уравнением:

$$\frac{d^2 S}{dx^2} + \frac{d^2 S}{dy^2} = \frac{dS}{dt},$$

где S – понижение; x, y – координаты; t – время. Коэффициенты фильтрации K_f [м/сут], водоотдачи m , а также мощность водоносного пласта в этом расчете принимались постоянными.

Общее питание водоносного горизонта и общий расход водозабора считаются известными. На контуре водозабора задается приращение расхода ΔQ_{ot} и на гидрогеологических окнах условия Ш – рода:

$$\Delta Q_{ot} = \frac{S_t}{\Phi},$$

где $\Delta Q_{ot} = Q|_{t=0} - Q_t$ – положительное приращение расхода; $S_t = H|_{t=0} - H_t$ – понижение Φ – фильтрационное сопротивление каждого окна.

Полученные результаты решения позволят установить основные закономерности развития понижений в исследуемом районе.

Следующим вопросом исследования динамики понижений уровней подземных вод на площади бассейна является учет безнапорного характера движения потока подземных вод, который в предыдущих расчетах был схематизирован напорным пластом.

При решении этого вопроса поток подземных вод в пределах исследуемой области схематизируется как безнапорный, однородный по вертикали и в плане водоносный пласт, залегающий на горизонтальном водоупоре. Проводимость пласта определяется выражением RH , где $H(x, y, z)$ – напор над плоскостью сравнения совпадающий с уровнем поверхности водоупора.

В этом случае уравнение безнапорной двухмерной фильтрации приобретает вид

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = \frac{\mu}{kH} \frac{\partial H^2}{\partial t}.$$

Производя замену переменной в этом уравнении $\bar{I} = 0,5H^2$ получим линейное уравнение:

$$\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} = \frac{\mu}{kH} \frac{\partial I^2}{\partial t}.$$

Применяя метод суперпозиции, запишем выражение для приращения напора

$$I(x_1, y_1, t) = I_0(x_1, y_1, 0) - I_0(x_1, y_1, 0) = 0,5[H_0^2(x_1, y_1, 0) - H^2(x_1, y_1, t)],$$

где $I(x_1, y_1, t)$ – текущее превращение значений функций напора; $I_0(x_1, y_1, 0)$ – начальные значения; $\bar{I}(x_1, y_1, t)$ – текущее значение функции $H_0(x_1, y_1, 0)$ – начальное распределение уровней грунтовых вод в пределах исследуемой области. Из преобразованного уравнения безнапорной фильтрации получим уравнение для приращения значений функции в виде уравнения Фурье:

$$\frac{\partial^2 I}{\partial^2 x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial^2 y^2} = \frac{\mu}{kH_{cp}} \frac{\partial I^2}{\partial t}.$$

Принимая что в момент $t = 0$ $\bar{I}(x_l, y_l, 0)$ и $I(x_l, y_l, 0)$ совпадают начальное условие приобретают вид:

$$I(x_l, y_l, 0) = I_0(x_l, y_l, 0) - \bar{I}(x_l, y_l, 0) = 0.$$

Граничные условия на окнах в этом случае записываются в виде:

$$\Delta Q_t = \frac{0,5[H|_{t=0}^2 - H_t^2]}{\Phi}.$$

Значение фильтрационного сопротивления окна определяются с учетом величины расхода через «окно» в начальный момент времени по формуле:

$$\Phi = \frac{0,5[H_{t=0}^2 - H_{нор}^2]}{Q_{t=0}}.$$

Здесь ΔQ_t – суммарное уменьшение расхода потока по контуру окна за заданный период работы водозабора $H_{t=0}$ – распределение уровней по контуру «окна» в начальный момент времени работы водозабора H_t – текущее распределение уровней по контуру окна; H_t – уровень водозабора на «окне»; Φ – фильтрационное сопротивление окна.

Отток воды через окна за пределы бассейна прекращается в момент, когда $H_t = H_{коф}$. Таким образом результаты такого моделирования гидрогеологических условий ТКАБ можно оценить эксплуатационные запасы подземных вод по площади бассейна с максимально возможным учетом особенностей его природной обстановки.

Решение же задачи во второй постановке (когда задается дебит водозабора) особенно если водоотбор осуществляется из системы взаимодействующих водозаборов должно привести к такому распределению дебитов между водозаборами, когда суммарный водоотбор становится максимальным, а понижение уровней подземных вод в скважинах каждого водозабора не превышает допустимого.

Наилучшим распределением дебитов будет очевидно, такое, когда расчетные понижения уровня максимально близки к допустимым, а в предельном случае равны им. $S_p = S_d$. Такого рода задачи наиболее эффективно решаются, используя симплекс – метод линейного программирования.

Сущность метода заключается в следующем. Составляется система неравенств, описывающих величину понижения уровня подземных вод на каждом из взаимодействующих водозаборов с допустимыми понижениями.

Далее по специальной методике подбирают дебит каждого из водозаборов таким образом, чтобы неравенства были наиболее близки к равенствам или стали ими. Рассмотрим систему неравенств, называемую системой ограничений. Расчетное понижение в скважинах водозабора можно представить, как

$$S_{ip} = \sum_{j=1}^n S_{ij},$$

где $\sum_{j=1}^n S_{ij}$ представляет собой сумму понижений уровня от работы самого водозабора (при $i = j$) и от работы остальных взаимодействующих водозаборов с индексом j (при $i \neq j$); n – число водозаборов в группе.

Основным условием, как отмечалось выше должно быть $S_{ep} \leq S_{e\bar{o}}$. т.е. расчетное понижение не должно превышать допустимого;

$$S_{e\bar{o}} \geq \sum_{j=1}^n S_{ij}.$$

Правая часть этой системы представляет собой матрицу понижений. При этом строки матрицы описывают влияние каждого водозабора на данный, а столбцы – данного водозабора на остальные водозаборы-группы, т.е. индекс i обозначает водозабор, на который оказывают влияние другие водозаборы, а индекс j – влияющий водозабор, т.е. величины с индексами 11, 22... показывают понижение на водозаборе вызванное его собственной работой с учетом взаимодействия скважины внутри водозабора.

Принимая во внимание, что величина понижения уровня зависит от дебитов водозаборов, взаимного расположения и продолжительности их работы, а также от свойств водоносного пласта последнее выражение можно записать в следующем виде

$$S_{ed} \leq \sum_{j=1}^n Q_j \bar{S}_{ij}.$$

где Q_j – дебит водозабора j , а \bar{S}_{ij} – коэффициент взаимовлияния водозаборов.

Последнее неравенство представляет собой систему ограничений для дебитов водозаборов.

В полном виде она имеет вид:

$$\begin{cases} Q_1 \bar{S}_{11} + Q_1 \bar{S}_{12} + \dots + Q_n \bar{S}_{1n} \leq S_{1d} \\ Q_1 \bar{S}_{21} + Q_2 \bar{S}_{22} + \dots + Q_n \bar{S}_{2n} \leq S_{2d} \\ \dots \\ Q_1 \bar{S}_{n1} + Q_1 \bar{S}_{n2} + \dots + Q_n \bar{S}_{nn} \leq S_{nd} \end{cases}$$

Дополнительная система ограничений будет состоять из условия положительности всех дебитов, т.е. $Q_j \geq 0$. Решение системы неравенств заключается в нахождении максимального значения линейной формы, представляющей собой сумму дебитов: $F = \sum_{j=1}^n Q_j$.

Таким образом, решение задачи состоит в поисках такого сочетания Q_j когда линейная форма будет иметь наибольшее значение при заданной системе ограничений. С гидрогеологических позиций это означает решение задачи распределения дебитов по взаимодействующим водозаборами для получения максимального суммарного дебита при условии, что понижение уровня подземных вод на каждом водозаборе не превысит допустимое.

С вычислительной точки зрения выгоднее перейти к решению задачи на минимизацию линейной формы. Для этого систему неравенств необходимо привести к канонической форме (к равенствам) путем введения базисных неизвестных в каждую строку: $S_{n+1} S_{n+2} \dots S_{n+n}$ ЭТИ неизвестные представляют собой разницу между расчетным и допустимым понижениями:

$$S_{n+i} = S_{id} - S_{ip}.$$

Очевидно, что система ограничений будет решена наилучшим образом, если сумма базисных неизвестных окажется наименьшей. В предельном случае система неравенств переходит в систему уравнений. Выразив базисные неизвестные S_{n+i} через свободные Q_j можно перейти к минимизации новой линейной формы

$$F = \sum_{\delta=1}^n S_{i\delta} - \sum_{\substack{j=1 \\ i=1}}^n Q_j \bar{S}_{\delta j} = \sum_{i=1}^n S_{n+i}$$

для следующей системы ограничений

$$\begin{cases} Q_1 \bar{S}_{11} + \dots + Q_n \bar{S}_{1n} + S_{n+1} = S_{1d} \\ \dots \\ Q_1 \bar{S}_{n1} + \dots + Q_n \bar{S}_{nn} + S_{n+n} = S_{nd} \end{cases}.$$

Коэффициенты взаимовлияния могут определяться как для установившейся, так и не установившейся фильтрации. В первом случае эти коэффициенты представляют собой срезки при единичном дебите. В частности, для их нахождения можно воспользоваться кривыми зависимости срезок от расстояния, построенные по материалам эксплуатации хотя бы одного из взаимодействующих водозаборов, т.е. для установившейся фильтрации коэффициенты взаимовлияния определяются гидравлическим путем. Для неустановившейся фильтрации величины срезок для единичного дебита можно определить гидродинамическими расчетами на конец периода эксплуатации

$$\bar{S}_{ij} = \frac{1}{4\pi km} \ln \frac{2.25at_j}{r_{ij}^2}.$$

где \bar{S}_{ij} – срезка в водозаборе i при единичном дебите водозабора j , находящегося на расстоянии r_{ij} ; km – проводимость; a – коэффициент пьезопроводимости водоносного горизонта.

Величины понижения уровня в скважинах от работы самого водозабора можно учесть двояким способом. Во-первых, путем приведения водозабора к «большому колодцу», радиус которого определяется с учетом взаимодействия скважин внутри водозабора. Во-вторых, способом определения радиуса «большого колодца» по площади расположения скважин, приравняв ее к площади равновеликого круга. В этом случае следует дополнительно учесть взаимодействие скважин внутри водозабора, в частности:

$$S_{ii} = \frac{1}{4\pi km} \left(\ln \frac{2.25at_i}{r_{ni}^2} + \frac{2}{k} \ln \frac{r_{inp}}{r_0} \right).$$

где t_i – время эксплуатации водозабора i ; r_{ni} – радиус «большого колодца» водозабора i ; r_{inp} – приведенный радиус условной области влияния данной скважины, принимаемый равным δ/π для линейной системы (при расстоянии между скважинами $2r$) и $Q/47\sqrt{F/\pi}$ для площадной системы (F – площадь условной области, ограниченной линиями, проходящими посередине между соседними скважинами) k – количество скважин в водозаборе; r_0 – радиус водоприемной части скважины.

Коэффициенты взаимовлияния также могут быть найдены для водозаборов, размещенных в неоднородных по фильтрационным свойствам водоносных горизонтах. Для этого на все взаимодействующие водозаборы последовательно задается одинаковый дебит, а значения коэффициентов замеряются в точках расположения действующих или проектируемых водозаборов как величины понижения уровня на мощь расчетного срока эксплуатации

$$S_{ij} = \frac{1}{4\pi km} \ln \frac{2.25at_i}{r_{ij}^2}.$$

И при известных значениях проводимости коэффициенте пьезопроводимости, времени фактической или проектируемой эксплуатации, типе и конструкции водозабора, и характере их размещения по площади находят значения коэффициентов влияния водозаборов и решают последнюю систему уравнений относительно Q_j .

Прогноз снижения уровней можно сделать на этой же модели, рассчитав предварительно оптимальное распределение дебитов по предлагаемой методике [Заалишвили В.Б., 2009].

Обсуждение результатов

Помимо снижения уровней подземных вод происходят и процессы оседания поверхности месторождений подземных вод. Причиной просадки грунтов будет потеря устойчивости всего свода грунтовой толщи, расположенной над водоносным горизонтом.

Для изучения этих процессов на ТКАБ необходимо проводить комплексные стационарные инженерно-геологические и гидрогеологические исследования по следующим основным направлениям:

-изучение режима отбираемого и бесконтрольно сбрасываемого количества и уровня подземных вод, их температуру и электропроводимость в эксплуатационных и наблюдательных скважинах;

- изучение механизма уплотнения рыхлых горных пород в разрезе водовмещающей толщи с помощью натуральных наблюдений в глубинных реперах-скважинах, пройденных до плотных пород, подстилающих водоносные зоны.

Наиболее информативной оценкой развития этих процессов является непрерывный контроль уровня и электропроводимости воды по наблюдательным скважинам, величины деформации (уплотнения рыхлых горных пород) земной поверхности.

На всей территории бассейна должна быть развернута локальная измерительная сеть, в основе которой находятся периферийные посты наблюдений (ППН) и центр мониторинга состояния контролируемой территории. Периферийный пост должен иметь измерительное и приемо-передающее оборудование. Измерительный блок должен состоять из датчика измерения соответствующего параметра и информационного конвертора, преобразующий выходной сигнал датчика в цифровой вид единого формата всех типов измерительных блоков [Заалишвили и др., 2018].

Выводы:

В условиях складывающейся неблагоприятной обстановки, связанной с подземной гидросферой ТКАБ, требуется:

- принятие безотлагательных мер по разработке мероприятий по рациональному использованию и охране подземных вод;
- необходимо разработать программу мер по упорядочению артезианского водопользования;
- необходимо проводить комплексные стационарные инженерно-геологические и гидрогеологические исследования;
- необходимо упорядочение системы государственного регулирования использования, охраны и учета подземных вод.

Для этого рассматриваются вопросы, связанные с разработкой гидрогеолого-математической модели формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод ТКАБ на основе современных ГИС-технологий.

Гидрогеолого-математическая модель ТКАБ основывается на базе данных гидрогеологической, инженерно-геологической информации и должна включать как можно более полную информацию о геологической среде бассейна. На его основе возможно моделирование полей геологических параметров и получение новой информации о геоэкологической ситуации. Построение карт, разрезов, 3D моделирование, методы геостатистики позволят прогнозировать развитие неблагоприятных геологических процессов.

Предлагаемая модель должна стать основой при создании интегрированной ГИС для прогнозирования устойчивого развития бассейна, оценки рисков от опасных геологических процессов, оптимизации инженерно-геологических работ и проектирования в строительстве.

В итоге ГИС должна стать важным инструментом для местных органов власти и бизнеса при региональном планировании.

Литература

1. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. М.: Наука, 2009. 350 с.
2. Заалишвили В.Б., Джгмадзе А.К., Дзеранов Б.В. Оценка запасов пресных подземных вод при эксплуатации в условиях взаимовлияющих водозаборов с учетом сейсмической опасности территории //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, выпуск № 2 (73), 2018. С. 57-64.

3. Кондаков В.М., Курбанов М.К., Самедов Ш.Г.. Ресурсы пресных подземных вод Дагестана и оценка их загрязнения. Труды института геологии ДНЦ РАН выпуск № 49, Махачкала 2003, С. 12.
4. Курбанов М.К., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Постоянно действующая гидрогеолого-математическая модель формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна //Геология и минерально-сырьевые ресурсы Южного федерального округа /Труды Института геологии ДНЦ РАН №50. Махачкала 2006. С. 143-147.
5. Курбанов М.К., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Мамаева А.С. Методы составления и структура базы данных для создания геоинформационных систем (ГИС) Терско-Кумского артезианского бассейна //Ресурсы подземных вод Юга России и меры по их рациональному использованию, охране и воспроизводству. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 55. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2009. С.46-49.
6. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Общие принципы разработки постоянно действующей гидрогеолого-математической модели Терско-Кумского артезианского бассейна //Геология и нефтегазоносность Юга России. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 52. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2008. С.260-264.
7. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Разработка трехмерных компьютерных моделей геологических объектов //Ресурсы подземных вод Юга России и меры по их рациональному использованию, охране и воспроизводству. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 55. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2009. С.73-75.
8. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Мамаева А.С. Моделирование в геологии на основе картографирования //Геология и нефтегазоносность Юга России. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 52. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2008. С.159-162.
9. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Мамаева А.С. Разработка геоинформационной системы для нефтяных скважин Дагестана //Геологические исследования и их некоторые прикладные аспекты. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 51. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2007. С. 194-199.
10. 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.
11. Плотников Н.И. Поиски и разведка пресных подземных вод. М.: Недра, 1985. 364 с.
12. Плотников Н.И. Эксплуатационная разведка подземных вод. М., Изд. «Недра», 1973. 296 с.
13. Создание гидрогеологических карт с применением компьютерных технологий, М. 2001, Изд. Н. Бочкаревой.
14. Сулейманов В.К., Юрченко Св. А. О прогнозных эксплуатационных запасах подземных вод и водообеспеченности Северного Дагестана //Ресурсы подземных вод Юга России и меры по их рациональному использованию, охране и воспроизводству. Труды Института геологии ДНЦ РАН, выпуск № 55. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2009. с.52-55.
15. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Д.Г., Маммаев А.О. Создание информационных электронных гидрогеологических карт с применением современных ГИС-технологий, мониторинг и анализ геоданных //Геоэкологические проблемы освоения и охраны подземных вод Восточного Предкавказья. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск 49. Махачкала 2003. С. 85-93.

УДК 662.998

DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-2-72-76

ЖАРОСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИИ НА НАНОДИСПЕРСНОМ
ПОЛИСИЛИКАТ-НАТРИЕВОМ СВЯЗУЮЩЕМ*Тотурбиев А.Б.**ООО «Опытно-научное производственное предприятие»*

Приводится анализ результатов исследований получения полисиликатов щелочных металлов, недостатки, перспективность и актуальность дальнейших исследований. Отмечается, что одной из важных задач при использовании полисиликатных систем в промышленности с различным целевым назначением остается разработка теоретических основ синтеза и управления устойчивости этих систем.

Теоретически и экспериментально обосновано новое направление в технологии различных строительных материалов из композиционного связующего на нанодисперсном коллоидном полисиликате натрия. При этом нанодисперсные коллоидные полисиликаты натрия образуются непосредственно внутри в процессе формирования структуры композиции из кремнезоль и безводного силиката натрия - сухой зернистой связки, медленно гидратирующей в контактных зонах пространственного каркаса, сформированного из зерен заполнителя. Образование полисиликатов натрия таким способом исключает необходимость придания агрегативной устойчивости полисиликатам натрия, дает возможность получать их любой модульности, и, следовательно, снизить концентрацию легкоплавкой составляющей Na_2O в их составе, что в свою очередь, приводит к повышению эксплуатационных свойств жаростойких и других видов материалов;

Ключевые слова: полисиликаты щелочных металлов, жидкое стекло, кремнезоль, кристаллогидраты, растворы коллоидного кремнезема, силикатный модуль, водные растворы силикатов четвертичного аммония, агрегативная устойчивость, наночастицы.

HEAT-RESISTANT COMPOSITIONS ON NANOSCALE POLIELECTROLITOS BINDER

*Toturbiev A.B.**Experimental-Scientific Production Enterprise Ltd.*

The analysis of the results of studies of obtaining alkali metal polysilicates, lack of income, prospects and relevance of further research. It is noted that one of the important tasks in the use of polysilicate systems in industry with different purposes is the development of theoretical foundations of synthesis and management of stability of these systems.

A new direction in the technology of various building materials from a composite binder on nanodispersed sodium colloidal polysilicate is theoretically and experimentally substantiated. In this case, nanodispersed sodium colloidal polysilicates are formed directly inside the process of forming the structure of the composition of silica and anhydrous sodium silicate-a dry granular ligament, slowly hydrating in the contact zones of the spatial framework formed from the filler zones. The formation of sodium polysilicates in this way eliminates the need to give aggregate stability to sodium polysilicates, makes it possible to obtain them of any modularity, and therefore reduce the concentration of the low-melting component of Na_2O in their composition, which in turn leads to an increase in the operational properties of heat-resistant and other types of materials;

Keywords: polysilicates of alkaline metals, liquid silica glass, silica sol, crystal hydrates, solutions of colloidal silicon dioxide, silicate module, water solutions of silicates of quarternary ammonium, aggregate stability, nanoparticles.

В последние годы со ссылкой на фундаментальные научные труды Айлера Р. К. [3], в технической литературе приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований по получению полисиликатов натрия, калия, лития (высокомодульные щелочные силикаты) и их использования в качестве связующих для жаростойких материалов. [1,2, 4-6].

Первые попытки получить концентрированные растворы натриевых силикатов с соотношениями в интервале от 25:1 до 4:1 приводили к желатинизации смесей. Затем было определено, что подобные растворы, изготовленные из других щелочей: калия, лития или тетраметилламмония являются более стабильными по отношению к процессам загущения и гелеобразования. Другими стабилизирующими систему веществами оказались гуанидин и комплекс меди с этилендиамином.

В монографии [2] указывается, что растворы полисиликата натрия с модулем 4-6 можно получить с добавлением раствора жидкого стекла к концентрированному золю кремнезема с размерами частиц 5-25 нм и концентрация кремнезема в растворе может достигать 20% SiO_2 .

При этом на начальных этапах процесса наблюдается гелеобразование, но при старении или непродолжительном нагревании раствор становится прозрачным с невысокой вязкостью. Длительного хранения или нагревания такие растворы не выдерживают, в них выделяется кристаллический осадок. При использовании вместо зольей растворов кремниевой кислоты с низкой молекулярной массой получают растворы полисиликатов натрия с более высокими модулями.

Более стабильные системы получаются при использовании гидроксида калия, например, можно избежать образования геля, если в щелочной золь с концентрацией 30% добавлять концентрированный раствор силиката калия (модуль 3.2). Таким образом, могут быть приготовлены стабильные смеси коллоидного кремнезема и силиката калия с концентрацией кремнезема 15-30 мас.% и в интервале молярных отношений $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ от 1:1 до 24:1. Следует отметить, что полисиликаты натрия менее устойчивы по отношению кристаллизации или гелеобразованию, чем калиевые и литиевые, особенно в области высоких рН.

Особое место по практической значимости занимают литиевые полисиликатные растворы, существенно отличающиеся по свойствам. Концентрированные устойчивые растворы с молярным отношением $\text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O}$ от 4:1 до 25:1 можно получать добавлением LiOH либо к раствору поликремниевой кислоты, либо к суспензии геля кремнезема, либо к золю кремнезема [1].

Полисиликаты лития в основном используются как противокоррозионные покрытия, содержащие тонкодисперсный цинк, в которых кремнезем играет роль неорганического связующего вещества. Введение различных добавок в такие композиции улучшает водостойкость покрытия, адгезию к стали, стойкость к морской воде. В работе [3] отмечена возможность улучшения адгезии грунтовых лаков при введении полисиликата лития. Другим применением полисиликата лития является уменьшение липкости кухонной посуды. Кроме того, эти растворы пригодны для нанесения тонких кремнеземных пленок на различные поверхности, в том числе на поверхности стекол оптических приборов.

Наряду с полисиликатами лития гораздо большей стабильностью в широком диапазоне значений силикатного модуля обладают водные растворы силикатов четвертичного аммония (СЧА) [1].

Похожим по технической сущности является способ получения полисиликатов натрия с силикатным модулем 4,2-6,0 путем взаимодействия диоксида кремния с силикатом натрия при 40-100°C, причем взаимодействие ведут путем введения 28,4-30%-ного раствора силиката натрия в концентрированный 29,9-30 мас. % гидрозоль диоксида кремния. Вначале образуется гель, который при последующем перемешивании с нагреванием в течение до 2,5 ч переходит в раствор полисиликата [6].

Недостатками способа являются нестабильность полученных полисиликатов, а необходимое продолжительное перемешивание при нагревании приводит к образованию в них кристаллических форм нерастворимых полисиликатов и ведет к снижению силикатного модуля.

Связующие композиции, состоящие из силиката щелочного металла и золя коллоидного кремнезема и имеющие отношение $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ 10:1, предлагаются для изготовления водонепроницаемых огнестойких смесей для покрытий [3]. Системы с отношениями от 4,2:1 до 6:1 при содержании в них 10-30% SiO_2 , приготовленные из исходных зольей с размером частиц 5-25 нм, используются для приготовления прозрачных, твердых, водостойких покрытий обладающих повышенной адгезией к поверхности стекла [3]. Лучшим способом получения полисиликата среди опробованных можно признать реакцию жидкого стекла (ЖС) с гидрогелем (ГГ) кремниевой кислоты (ГГ – полупродукт производства силикагеля). Гранулированный гидрогель без дополнительного измельчения нагревают при перемешивании с кипящим ЖС до полного растворения. Таким способом удалось повысить силикатный модуль до ~ 5 и получить продукт с низкой растворимостью и устойчивостью к растрескиванию.

Полученные водорастворимые кристаллогидраты полисиликата натрия можно использовать в качестве гелеобразующего компонента при изготовлении теплоизоляционного материала, что позволяет снизить плотность (125-300), повысить водостойкость и прочность (3.9 МПа) теплоизоляционного материала.

Обобщая результаты исследований полисиликатных систем можно отметить, что коллоидно-химические закономерности полисиликатов исследованы недостаточно. В основном приведены данные о способах получения, применения и свойствах полисиликатных систем.

Сведения о процессах коагуляции и гелеобразования в полисиликатных системах носят описательный характер. Не проведены комплексные исследования процесса перехода золя к полисиликатам с учетом, как кинетики растворения кремнезема, так и природы агрегативной устойчивости.

Поэтому, одной из важных задач при использовании полисиликатных систем в промышленности с различным целевым назначением остается разработка теоретических основ синтеза и управления устойчивости этих систем.

Особенно полисиликатные растворы натрия, обладают агрегативной неустойчивостью по отношению к гелеобразованию или коагуляции. Это в свою очередь является главным недостатком, тормозящим широкое применения столь уникального связующего для производства композиций различного назначения. Следовательно, одной из важных задач при использовании полисиликатных растворов натрия в промышленности с различным целевым назначением, является разработка теоретических основ синтеза и управление их устойчивостью. Коллоидно-химические закономерности получения полисиликатов натрия исследованы мало, это связано с тем, что полисиликаты натрия менее устойчивы по отношению к кристаллизации или гелеобразованию чем калиевые и литиевые, особенно при высоких рН.

В работах [4,8] экспериментально обоснованы теоретические представления о закономерностях изменения агрегативной устойчивости коллоидного кремнезема в щелочных средах, приводятся основы получения полисиликатов из гидрозолей кремнезема и выявление коллоидно-химических закономерностей регулирования агрегативной устойчивости этих систем.

Ими показано, что введение гидроксидов щелочных металлов в золи приводит к потере агрегативной устойчивости системы (коагуляция), а уменьшение их концентрации в результате взаимодействия с кремнеземом сопровождается пептизацией первоначально образовавшихся коагуляционных структур и ростом лиофильности системы.

Показано, что процесс перехода золь в полисиликаты включает стадии:

- коагуляция золь в результате роста ионной силы раствора при введении щелочных гидроксидов;
- пептизация первоначально образовавшихся коагуляционных структур, обусловленная ростом лиофильности системы;
- образование вторичных структур, сопровождающиеся ростом вязкости систем.

Таким образом, обобщая результаты исследований получения полисиликатов можно отметить, что в большинстве случаев исходными компонентами являются золи кремниевой кислоты и водные или безводные силикаты щелочных металлов. Получение полисиликатов, особенно натриевых - сложный процесс, многие детали которого до сих пор остаются невыясненными, но главным недостатком, которое приводит к ограничению их широкого применения в производстве композиционных материалов, является их неустойчивость к агрегации. Полисиликаты обладают уникальными связующими свойствами, что обеспечивает возможность их широкого применения в композициях с различным целевым назначением.

В наших исследованиях для получения полисиликата натрия в качестве силиката щелочного металла использованы тонкодисперсные безводные силикаты натрия, как наиболее распространенные для получения концентрированных коллоидных щелочных растворов, вследствие его дешевизны, отсутствия способности к кристаллизации и ряда других свойств.

Здесь необходимо отметить актуальность создания наноструктурированных жаро-

стойких композиционных материалов из нанодисперсного полисиликата натрия.

Теоретические основы получения наноструктурированных жаростойких композиционных материалов из полисиликатов натрия, согласно выше выдвинутой нами научной гипотезе, предусматривает их получение на уровне наночастиц непосредственно в самой композиции.

Испытания различных жаростойких композиционных вяжущих показали, что на основе нанодисперсного коллоидного полисиликата натрия с силикатным модулем 4-10 можно получать практически любой вид жаростойкого вяжущего, изменяя вещественный состав огнеупорного компонента. Достаточно высокая огнеупорность такого вяжущего позволила на его основе разработать жаростойкие бетоны с температурой службы до 1850 °С, используя в качестве заполнителя различные огнеупорные материалы. При этом монтажная прочность бетонов определяется, главным образом, прочностью клеевых контактов, из нанодисперсных полисиликатов натрия, образованных при 80-90 °С непосредственно в плотно упакованной системе «безводные силикаты натрия – кремнезоль - огнеупорный наполнитель – огнеупорный наполнитель», после низкотемпературной обработки (сушки при 180-200 °С). А окончательное их структурирование имеет место в процессе его службы под воздействием средних и высоких температур при одностороннем нагреве и установившемся тепловом режиме и определяться ходом физико-химических процессов в конкретных условиях службы в зависимости от вещественного состава компонентов бетона.

Таким образом, теоретически и экспериментально обосновано новое направление в технологии различных строительных материалов из композиционного связующего на нанодисперсном коллоидном полисиликате натрия. При этом нанодисперсные коллоидные полисиликаты натрия образуются непосредственно внутри в процессе формирования структуры композиции из кремнезоля и безводного силиката натрия - сухой зернистой связки, медленно гидратирующей в контактных зонах пространственного каркаса, сформированного из зерен заполнителя. Образование полисиликатов натрия таким способом исключает необходимость придания агрегативной устойчивости полисиликатам натрия, дает возможность получать их любой модульности, и, следовательно, снизить концентрацию легкоплавкой составляющей Na_2O в их составе, что в свою очередь, приводит к повышению эксплуатационных свойств жаростойких и других видов материалов;

Определены основные факторы, влияющие на процесс структурообразования в композиционном вяжущем из нанодисперсного полисиликата натрия. Важнейшим из них можно считать взаимодействие безводного силиката натрия (его тонкодисперсных частиц) с кремнезолем, происходит образование нанодисперсного полисиликата натрия и тем самым приобретение адгезионных свойств, определяющих клеящую способность этой связки и когезионную прочность клеевых контактов, обеспечивающих механическую прочность композиции. С этой целью изучено влияние на их клеящую способность концентрации связующих из полисиликатов натрия разной модульности, полученных как вне, так и непосредственно в композиции. При этом более высокая клеящая способность связки на полисиликатах натрия получена непосредственно в композиции чем, вне ее [7].

Установлено, что при взаимодействии тонкодисперсных частиц безводного силиката натрия с водой, содержащегося в составе кремнезоля, в начале происходит гидратация катиона Na , и затем активное его соединение с мельчайшими частицами кремнезема размерами от 2-3 нм и выше, до установления равновесия щелочного раствора силикатной системы в целом. В результате образуется сильно пересыщенный коллоидный нанодисперсный полисиликат натрия с высокой вязкостью, который остается в зоне контакта зерен заполнителя, обеспечивая контактное омоноличивание плотно упакованных зернистых составляющих. В этом случае дисперсная фаза сближена до расстояния, при котором возможны сильные взаимодействия и образования контактов на агрегативном уровне различной природы. Такие условия формирования связки всегда способствуют повышенной адгезии клея к адгезиву и высокой когезии клеящего слоя. Кроме того, полисиликатные растворы, наряду с частицами золя, в своем составе

содержат мономеры, олигомеры и полимерные разновидности кремнезема, представляющие частицы размером от 4 до 6 нм, которые составляют 60 % и более от общего его содержания кремнезема. Это способствуют проявлению высокой реакционной способности кремнезема в составе различных композиций, что обеспечивает им высокую водостойкость и термостойкость.

Установлена зависимость основных свойств жаростойких бетонов от их вещественного и гранулометрического составов а также, от главных технологических параметров, полноты протекания и направленности физико-химических процессов в период эксплуатации материалов.

Обоснована универсальность предложенной технологии для получения строительных материалов различного функционального назначения на нанодисперсных полисиликатах натрия.

Литература

1. Айтжанова О. Г. Коллидно-химические закономерности получения полисиликатов на основе гидрозоль кремнезема: Дис. канд. хим. наук: 02.00.11 М., 1998. С.130.
2. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. - Санкт-Петербург; СПб.: Стройиздат, 1996, С. 216
3. Айлер Р.К. Химия кремнезема: растворимость, полимеризация, коллоидные и поверхностные свойства, биохимия: Пер. с англ.- М.: Мир, 1982. Ч 1. С. 416.
4. Брыков А.С. Силикатные растворы и их применение //Стройиздат, - Санкт-Петербург; СПбГТИ (ТУ). 2009. С. 54.
5. Тотурбиев Б.Д, Тотурбиев. А.Б. Карбидокремниевый жаростойкий бетон на полисиликат-натриевом композиционном вяжущем //Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. Строительные науки. С. 186
6. Пестерников Г.Н., Максютин А.С., Пучков С.П., Обухова В.Б. Способ получения полисиликатов натрия (варианты) //Патент России № 2124475. 1999. Бюл. № 1.
7. Тотурбиев А.Б. Исследования клеящей способности композиционного связующего на полисиликатах натрия //Промышленное и гражданское строительство, № 3. 2012. С. 59-61.
8. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: «Академкнига». 2004. С. 208.

Информация для авторов

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

Статьи необходимо направлять в редакцию в двух бумажных экземплярах, подписанных всеми авторами, а также в электронном виде (CD-диск или др. накопитель, либо отправка электронной версии статьи по e-mail на: dangeogis@mail.ru). К рукописи необходимо приложить разрешение на публикацию от учреждений, в которых выполнены исследования

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

Правила оформления рукописи в журнале

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

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

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

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

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

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

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

6. Тексты статей будут проверяться на плагиат на специальных сайтах.

7. Рукопись должна быть окончательно проверена, датирована, подписана всеми авторами. Допускается отправка по электронной почте отсканированных листов публикации с подписями авторов.

Технические требования

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

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

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

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

Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

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

5. Список используемой литературы дается в конце статьи в алфавитнохронологическом (по первому автору) порядке: вначале на русском, а затем на английском и других иностранных языках. Авторский коллектив приводится полностью. В списке литературы даются только опубликованные работы. Ссылка в тексте дается в квадратных скобках и номер ссылки.

Список литературы оформляется с абзацем. Для книг: фамилии и инициалы авторов, полное название источника, город, издательство, год издания, число страниц. Статья из сборника: фамилии и инициалы авторов, полные названия как статьи, так и сборника в целом, место и год издания источника и номера страниц статьи. Статья из журнала: фамилии и инициалы авторов, название статьи и журнала, год издания, том, номер, страницы.

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

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

Рукописи, оформленные с нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.

Адрес редакции:
Россия, 367030, Махачкала, ул. М.Ярагского 75
© Институт геологии ДНЦ РАН
© Коллектив авторов

ISSN: 2541-9684

Научное издание

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

ПИ № ФС77-67725 от 10 ноября 2016 года

Ежеквартальный научный журнал

Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН

Выпуск № 2 (73) 2018

Издаются по решению ученого совета ИГ ДНЦ РАН

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

Дизайн – Черкашин В.И.

Верстка – Мамаев А.С., Ибаев Ж.Г., Идрисов И.А.

Набор – Гусейнова А.Ш.

Подписано в печать 25.06.2018 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 10. Уч.- изд. л. 5,05. Тираж 200 экз.



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