



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт геологии
Дагестанского научного центра

ISSN:2541-9684

№ 4(71), 2017
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 ма-
совых коммуникаций Российской Федерации (Роскомнадзор)
ПИ № ФС77-67725 от 10 ноября 2016 год

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.
Богуш И.А.
Гаврилов Ю.О.
Глико А.О.
Гусейнов Д. Д.
Заалишвили В.Б.
Каранетян 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.

д.г.-м.н., г.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.
Осика Д.Г.
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.

МОРФОЛОГИЯ И ИСТОЧНИКИ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА СЕВЕРНОГО КАВКАЗА. <i>Богущи И.А., Юсупов А.Р.</i>	4
НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ДАННЫЕ О ШЛИХОВОЙ МИНЕРАЛОГИИ ОТЛОЖЕНИЙ БАЛКИ БЛИЗ СЕЛЕНИЯ КУБАЧИ <i>Мацапулин В.У., Гусейнов М.М., Коржов В.Н., Тулышева Е.В., Исаков С.И.</i>	13
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА <i>Тотурбиев Б.Д., Юсупов А.Р., Рабаданов Г. А., Абдулганиева Т.И.</i>	17
МАЛОКЛИНКЕРНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА ИЗ ГЛИНИСТЫХ СЛАНЦЕВ <i>Тотурбиев Б.Д., Тотурбиева У.Д.</i>	26
УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКОЙ «ДС -35» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СЕЛЬСКИХ ДОРОГ <i>Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Атемов М.С., Мамаев С.А.</i>	32
ДЛИННОБАЗОВАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ <i>Таймазов Д.Г.</i>	36
СКВАЖИННАЯ СИСТЕМА СЕЙСМОДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д.</i>	41
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ ЮГА ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ <i>Идрисов И.А.</i>	52
О ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЧИРКЕЙСКО- ИРГАНАЙСКОГО УЗЛА СУЛАКСКОГО КАСКАДА ГЭС <i>Саидов О.А.</i>	60
К ВОПРОСУ ПЕРЕВОДА ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА КОЛИЧЕСТВЕННУЮ ОСНОВУ <i>Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Мамаев А.С., Маммаева Ж.А.</i>	68
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ В ЧИРКЕЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ КАЖУЩЕГОСЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОРОД В СКВАЖИНЕ <i>Идармачев И.Ш.</i>	72
ФОРМИРОВАНИЕ ГАЗОВОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДАГЕСТАНА ПО ИЗОТОПНЫМ ДАННЫМ УГЛЕРОДА, ГЕЛИЯ И АРГОНА <i>Газалиев И.М.</i>	75
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПРЕДЕЛАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ С СОСТОЯНИЕМ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ <i>Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С.</i>	90
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК В ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ <i>Алборов И.Д., Бурдзиева О.Г., Тедеева Ф.Г., Глазов А.П.</i>	100

УДК 549.283.(470.6)

МОРФОЛОГИЯ И ИСТОЧНИКИ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА СЕВЕРНОГО КАВКАЗА.

*Богущ И.А., Юсупов А.Р.**Институт геологии ДНЦ РАН*

Освоение и изучение благородных металлов на Северном Кавказе приурочено к тридцатым годам прошлого столетия. Именно в это время в регионе начались поиски и старательская разработка россыпного золота в долинах рек Большой и Малой Лабы, Кубани, Урупа, Бескеса, Баксана. Золото добывалось на приисках Азиатском, Рожкао, Урупском из россыпей долин рек Уруп, Большая и Малая Лаба, Власенчиха, а также из «железных шляп» Главной Урупской и Власенчихинской медноколчеданных залежей. Поиски россыпного золота привели в 50 годах к открытию крупных медноколчеданных месторождений Урупского, Власенчихинского и Худесского. Старательская и государственная добыча шлихового золота в Урупском районе закончена в 1951 году по причине обработки промышленных россыпей.

Ключевые слова: россыпи, золото, Кавказ, медноколчеданные месторождения, добыча благородных металлов.

MORPHOLOGY AND SOURCES OF THE PLACER GOLD OF THE NORTH CAUCASUS.

*Bogush A. I., Yusupov R. A.**Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS*

The development and study of precious metals in the Northern Caucasus dated to the thirties of the last century. It was at this time in the region began the search, and mining development of placer gold in the valleys of the rivers Bolshaya and Malaya Laba, Kuban, Urup, Beskese Baksan. Gold was mined on the Goldfields Asian, Rozhkoa, urupskiy from placers in the valleys of the rivers Urup, Bolshaya and Malaya Laba, Vlasenica, as well as from the "iron hat" of the Main Lastcynicstanding and Urupsky deposits. The finding of placer gold led 50 years to the discovery of large massive sulfide deposits Urup, Vlasenica and Hedeskoga. Mining and government mining of placer gold in the area of Urup completed in 1951 by reason of the mining of industrial mineral deposits.

Key words: placer, gold, Caucasus, chalcopyrite deposits, production of precious metals.

Россыпное золото Северного Кавказа согласно генетической классификации П.В. Прокуронова [1,] подразделяется на автохтонный и аллохтонный подтипы, каждый из которых включает русловые, долинные и террасовые типы. В металлогенической зоне Передового хребта нас интересовали в первую очередь автохтонные россыпи, обнаруживающие четкую связь с источниками золота. Этот тип наиболее распространен и позволяет проводить сравнительный морфометрический анализ золота. Автохтонное золото отбиралось из черных шлихов косового аллювия по руслу рек Большая Лаба Уруп, Власенчиха, Бескес. Россыпное золото аллювия этих рек имеет прямую связь с ультрабазитами, золотоносными черными сланцами, «железными шляпами колчеданных месторождений и самими колчеданными рудами [1]. Морфологические исследования золота проводились с помощью бинокулярного микроскопа со статистической обработкой данных. Коренное золото исследовалось микроскопически в аншлифах и искусственных шлихах колчеданных руд, метасоматитов и зон сульфидизации, обогащенных в лабораторных условиях.

Для сравнительной характеристики и морфологических особенностей коренного и разных форм россыпного золота были исследованы россыпи рек Большой Лабы, Урупа. Власенчихи, бассейна Кубани. Коренное золото исследовалось в черных сланцах Б.Лабы и Урупа и юрских магматитов бассейна Кубани. В этих районах россыпное золото можно увязать с эндогенными проявлениями этого металла.

В настоящее время золото, как попутный компонент, извлекается из руд Урупского медноколчеданного месторождения, которое в промышленном отношении относится к золоторудным. Золото обнаружено в «железных шляпах» Урупского, Власенчихинского и Худесского колчеданных месторождений. Открытие Урупского медноколчеданного месторождения связано с разработкой золотоносных продуктов окисления колчеданных руд («железная шляпа»).

Помимо «колчеданного» золота коренные проявления этого благородного металла на Северном Кавказе обнаружены в ультрабазитах Передового хребта и продуктах их выветривания, в черносланцевой толще артыкчатской свиты среднего девона, красноцветных пермских конгломератах и гранитах Беденского массива [1, 2, 3]. Эндогенное золото ультрабазитовордовика и колчеданов спилито-кератофировой формации послужили первичным источником и донорами для всех последующих проявлений этого металла в истории геологического развития Северного Кавказа.

В бассейне реки Большая Лаба россыпное золото добывалось исключительно из современного и погребенного аллювия рек Большой Лабы, Бескеса, балки Горелой. Золото встречается в современных аллювиальных русловых и пойменных отложениях 1-й надпойменной террасе, аллювиально-делювиальных отложениях мелких притоков. Аллювиальные отложения Большой Лабы золотоносны на протяжении 20-22 км, от поселка Рожкао до Курджиново. Распределение золота неравномерное (кустовое, гнездовое, струйное). Русло реки Б.Лаба разбито на протоки с косами, отмелями, перекатами. Мощность аллювия достигает 30 м, приисковые разработки не достигли плотика.

Добыча россыпного золота и редкие находки минералов платиновой группы [1] вызвали необходимость выявления коренных источников этих металлов. Многолетние (1999-2016 гг.) коренного золота и аллювия и делювия рек Уруп, Власенчиха, Большая Лаба, Бескес, бассейна реки Кубани исследования россыпного золота позволили провести сравнительный морфометрический анализ золота в Передовом хребте Северного Кавказа [1].

Морфологически резко выделяется русловое золото рек Большой Лабы и Урупа. Золотоносный русловый аллювий представлен галечниково-песчаной смесью. Морфология золотин этого аллювия представлена плоскими и пластинчатыми зёрнами. Фактически параметры зёрен этого золота представлены двумя показателями – длиной и шириной, при постоянной толщине зёрен 0,1-0,15 мм. (рис.1). Золото отличается большой степенью окатанности, на некоторых зёрнах золота поверхность кавернозная с признаками волочения (царапины), иногда загибы по краям, имеются следы вдавливания и срастания с кварцем. Встречаются как изометричные, линзовидные, так и неправильные по форме (серповидные) зёрна.



Рис. 1. Шлих руслового золота реки Большая Лаба. Увеличение 10
x

Было сделано 517 замеров размерности зерен аллотигенного золота черного шлиха. Выборка случайная. Из всей совокупности 117 зеренизаметричны. Показатели по длине от 0,2 до 2 мм, по ширине – от 0,1 до 1,2 мм. Статистическая обработка длины и ширины плоских зерен золота иллюстрируется диаграммой (рис.2). В среднем отношения по длине и ширине зерен составляют 5:4. По толщине – 1:5-1:21, при толщине 0,1 мм. Статистические данные наших измерений позволяют рекомендовать при отборе шлиховых проб применять сито с ячейкой не менее 2 мм для отбраковки нерудного компонента и повышения эффективности технологии промывки золота. Можно судить: зависимость прямая, максимальное количество зерен золота соответствует размерам 0,3-0,5 мм.

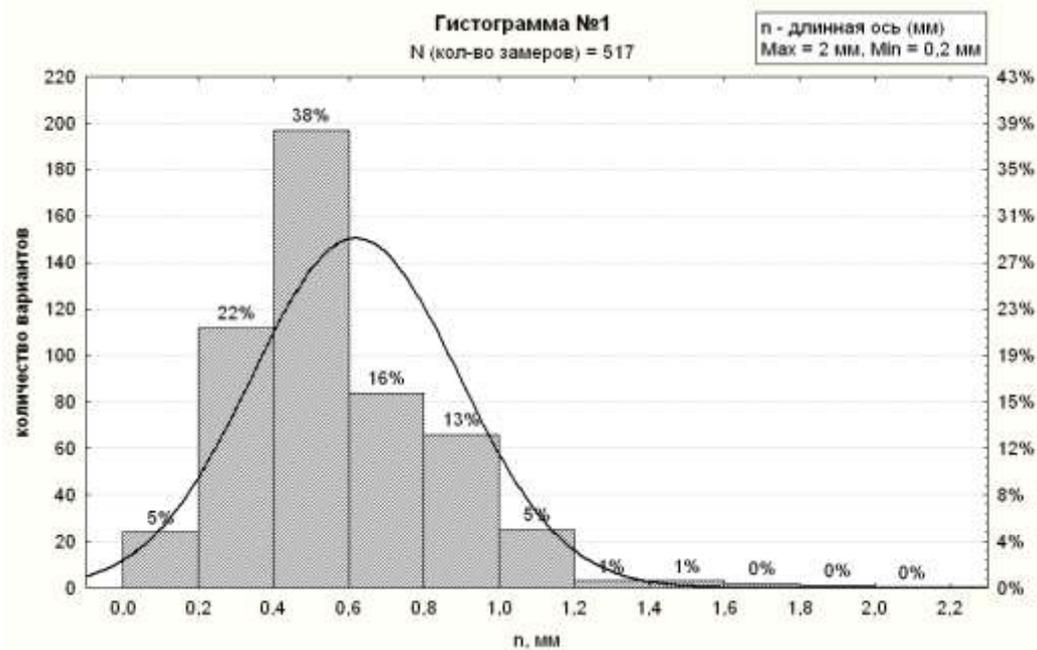


Рис. 2. Гистограмма длины плоских зерен россыпного золота, река Уруп.

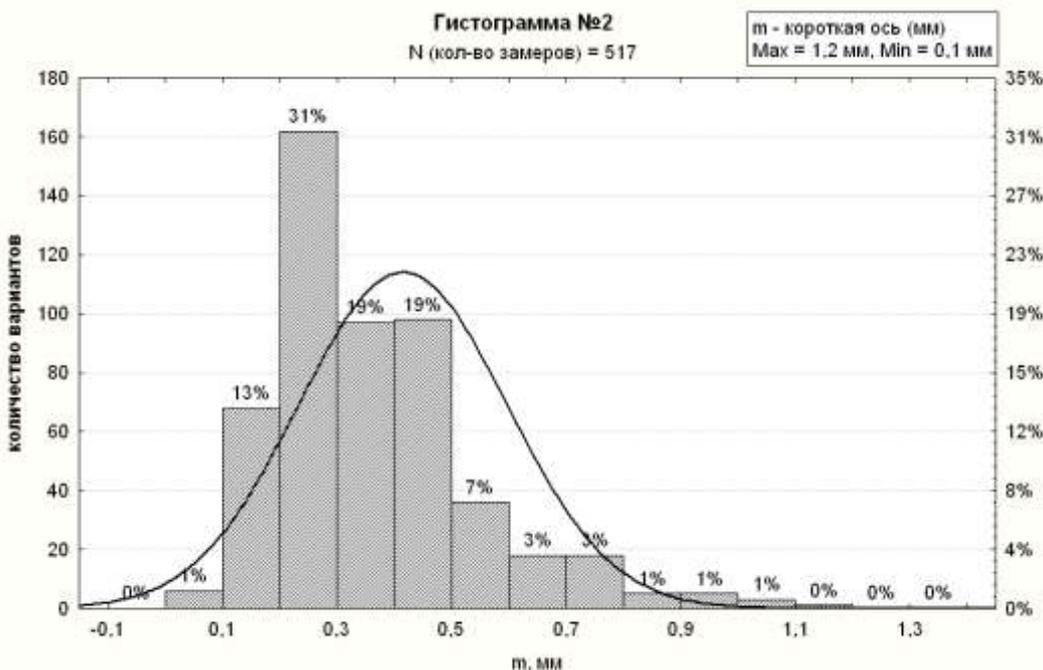


Рис. 3. Гистограмма ширины плоских зерен россыпного золота, река Уруп.

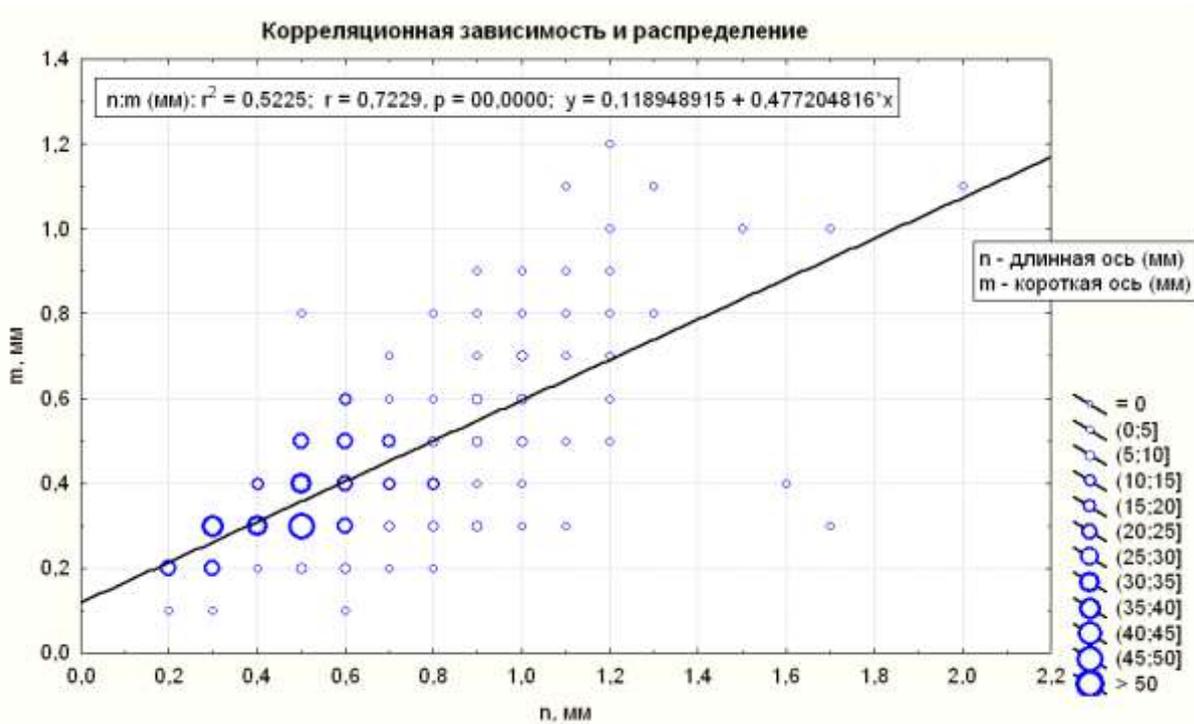


Рис 4. Русловое золото аллювия реки Большая Лаба. Гистограмма корреляционной зависимости размерностей золотин и их распределения. На рисунке ось абсцисс обозначается через n (размер длинной оси золотины), ось ординат – через m (размер короткой оси золотины). Все размеры указываются в миллиметрах. Окружности означают концентрации. Каждой окружности соответствует интервал числа вариантов (золотин), указанный в скобках.

Первоначально массовое наличие пластин россыпного золота объяснялось развальцеванием и расплющиванием галькой первичных зерен при его транспортировке [1]. Анализ геологической обстановки позволил выявить дополнительную причину плоской формы золота. Участки распространения золота по рекам Большой Лабе и Уруп территориально связаны с золотоносными черными сланцами девона в качестве коренного источника. Наблюдения за автохтонным золотом в черных сланцах показало морфологическую подчиненность золота элементам сланцеватости. Сложные, иногда дендритовидные с апофизами, со следами срастания и отпечатками кварца и нерудных минералов зерна золота имеют уплощенную форму подчиненную сланцеватости (рис.1). Таким образом, пластинчатая форма золота крупных рек Кавказа с активным гидродинамическим режимом имеет двойственную морфологическую природу как эндогенную, так и экзогенную.

Основным источником россыпного золота на Северном Кавказе являются медноколчеданные месторождения и сопутствующие им сульфидные проявления и их продукты выветривания. Золото-колчеданный тип, в настоящее время является единственным промышленным типом эндогенного золота. Золото добывается попутно при отработке колчеданных руд Урупского месторождения. В продуктах обогащения руд этого месторождения содержатся благородные металлы золото, серебро, платина: 1 - медный концентрат Au - 6-10 г/т, Ag -141-178 г/т; ; 2 - пиритный концентрат Au - 0,3-1,8 г/т, Ag - 10-25 г/т; 3 - хвосты обогащения Au - 0,6-0,9 г/т, Ag - 6-12 г/т; 4 - медный продукт Au - 16-80 г/т, Ag - 25-90 г/т, платина - 0,2-0,3 г/т. В колчеданных месторождениях золото находится в тонкодисперсном состоянии и тесно ассоциирует с гидротермально-осадочным генетическим типом руда. Последние как правило принадлежат к наиболее богатым медистым и медно-цинковым технологическим сортам руд. В гидротермально-осадочных рудах большая часть золота концентрируется в халькопирите и тонкодисперсном осадочно-диагенетическом пирите. В серно-

колчеданныхавтометасоматических рудах золото практически отсутствует. Большая часть золота (60%) в рудах находится в тонкодисперсном состоянии [1]. Микроскопическое свободное золото, встреченное в рудах Урупского, Власенчихинского, Худесского и Быковского месторождений, имеет, скорее всего, минералогическое значение. Химически связанное (теллуриды) и свободное золото и серебро представлено типичной, для этого класса месторождений, теллуридовой минеральной ассоциацией. Золото и серебро ассоциируют с электрумом, петцитом, гесситом, алтаитом и сильванитом.

Непосредственная связь россыпного золота с продуктами разрушения колчеданных месторождений в настоящее время можно наблюдать на примере рассеивания золота по реке Власенчихе из продуктов разрушения одноименного колчеданного месторождения. Золотоносная Зона окисления колчеданных руд дала интенсивно разрабатывалась старателями, здесь были встречены крупные на Кавказе самородки золота. [1]. Золото часто заключено в «рубашку» гидроксидов железа. По реке Власенчихе, до впадения ее в реку Уруп отчетливо развит шлейф россыпного золота (8-10 км). Морфологически это россыпное золото объемно изометрично слабо окатано, Размерность зерен золота и их количество убывает по мере удаления от колчеданного источника и по реке Уруп оно уже не выделяется как тип. Характерно, что россыпное золото сопровождается обломками и кристаллами пирита, разной степени окисленности, от свежих кристаллов до полных псевдоморфоз оксидов железа по пириту.

Наиболее близкие к аутигенному сульфидному золоту принадлежит элювиально золото юрских пиритизированныхметасоматитов (колчеданных зон) в бассейне реки Кубани. В условиях аридных климатических зон этот тип россыпного золота непосредственно связан с эндогенными источниками [1] и практически не обнаруживает транспортировки. В данном случае золото отбиралось в зоне сульфидоносныхметасоматитов, при минимальной гравитационной транспортировке. Морфометрические микроскопические исследования элювиального золота, прежде всего, показали возможность исследовать его в трех измерениях: длине, ширине, и толщине. Статистическая обработка этих величин зерен золота дала возможность оценить его морфометрически (рис. 6).



Рис 5. Россыпное элювиальное золото. Бассейн реки Кубань. Размерность зерен иллюстрируется на фоне миллиметровых квадратов.

Гистограммы (рис. 6) подчеркивают, что размерность элювиального золота практически соответствует средней статистической размерности россыпного руслового золота горной части Северного Кавказа. Показатели длины и ширины зерен элювиального золота незначительно разнятся друг от друга, что подчеркивает изометричность зерен в плоскости сечений длина-ширина. Третий показатель – толщина по размерности заметно уступает в размерах длине и ширине, что подчеркивает некоторую первичную уплощенность зерен. Микрорельеф элювиального золота сложный и разнообразный. На поверхности зерен выступают отдельные куполообразные выступы и ступенчатые элементы, развиты отдельные впадины и шероховатости (рис 5). Границы зерен нередко осложнены бухтообразными и щелевидными впадинами. На поверхности зерен не заметны царапины и штриховые борозды, что указывает на их незначительную транспортировку. В элювиальном золоте нередко наблюдаются отпечатки и впадины на месте срастания с нерудными минералами (кварц).

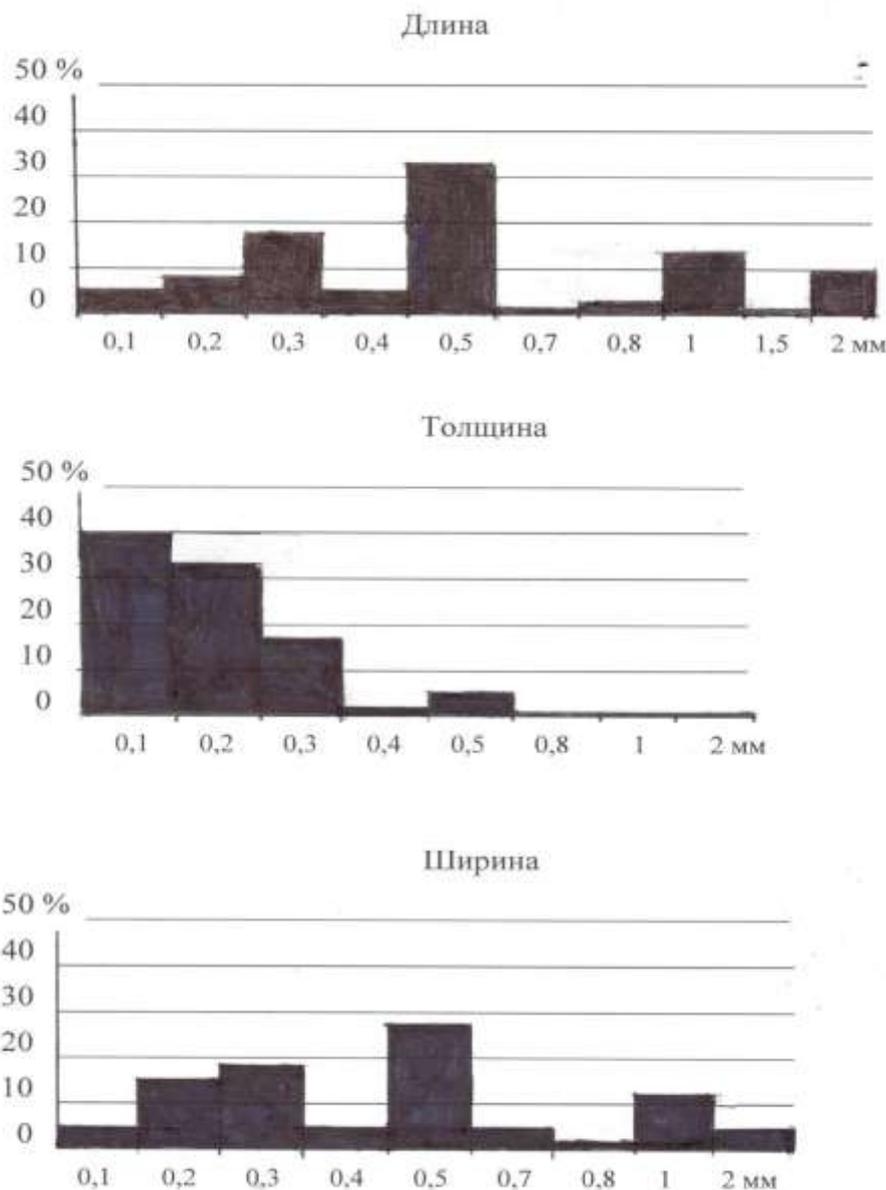


Рис 6. Гистограммы размерности элювиального золота.

Особое место занимает тонкодисперсное сульфидное золото, которое широко распространено в скрытой минералогической форме в пирите, арсенопирите, халькопирите. Массовые площадные исследования донных отложений рек и водных потоков горной части Северного

Кавказа, проведенные в 80-90х годах прошлого столетия обнаружили, что большинство рудных компонентов, относительно шлихоустойчивых, вынесено в предгорье и рассеяно там в виде экзогенных шлейфов. Эти шлейфы для золота связаны как с русловым аллювием горных рек так и их пойменными отложениями предгорий.

Типичным представителем таких шлейфов является россыпное золото предгорной части Дагестана связанное с прибрежно-морскими отложениями неогена [6,8,9]. Изучение терригенной минералогии тяжелой фракции среднемиоценовых (чокрак-караганских) песчаников показало наличие в них минералов титано-циркониевого сырья – циркона, ильменита, рутила, лейкоксена, доминирующих в фракции и составляющих до 80%. Наряду с ними устанавливаются зерна самородного золота, максимальные содержания которых, нами получены при промывке этих песков на ЦВК и составляют до 4 г/м. куб. Тяжелая фракция рассматриваемых песчаников представлена размерностью 0,05-3,0 мм. При этом размеры золотинок составляют от 0,1 до 4,0 мм.

При изучении шлихового золота чокрак-караганских песчаников под бинокляром установлены их морфологические особенности. Отмечены проволочковидные, лепешковидные, изометричные слегка удлиненной формы. По определениям лаборатории ЦНИГРИ золотины различаются по цвету, характеру поверхности и степени окатанности. По морфологическим признакам выделены две группы самородного золота. Первая группа отличается серебристо-серым цветом, металлическим блеском, отсутствием коррозии и окатанности.

Золото второй группы отличается тусклой, коррозионной, относительно выветрелой поверхностью, имеет округлые контуры, покрыта пленками гидроокислов железа. Оно представлено несовершенными, изометричными, пластинчатыми кристаллами и сложными гроздьевидными сростками, а также дендритовидными выделениями. Основная масса золотинок неокатана или имеет слабую окатанность. Некоторые из форм золотинок представлены на рис.7 и 8. Разнообразие форм золотинок в среднемиоценовых песчаниках Дагестана указывает на различные коренные источники. По разрезу часто наблюдается избирательное накопление тех или иных форм золотинок в различных по возрасту пачках песчаников чокрак-карагана.

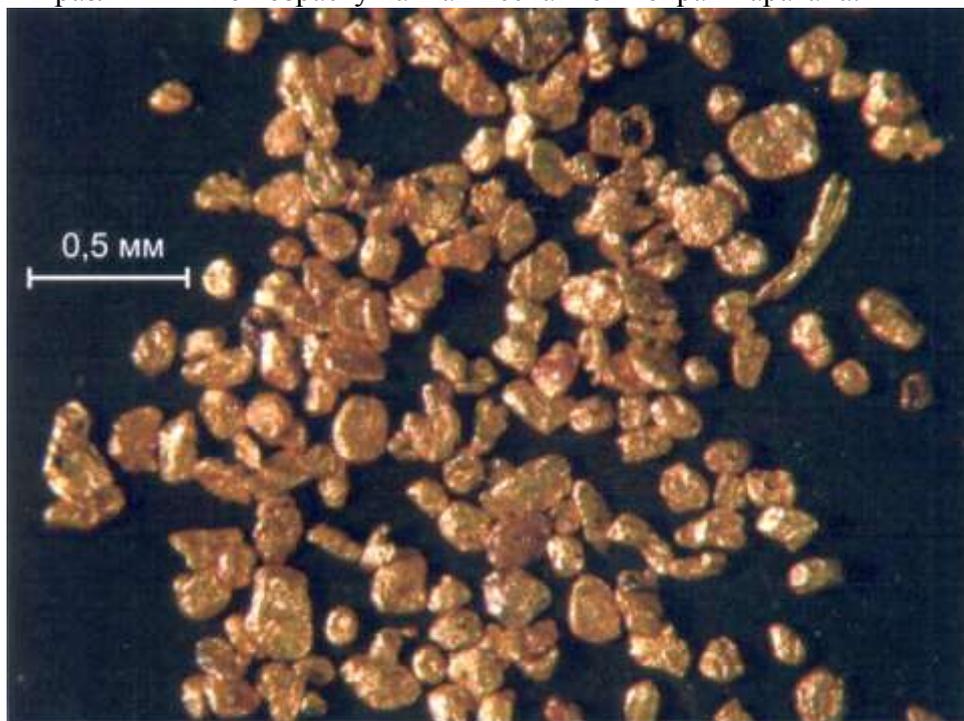


Рис. 7. Шлиховое золото (кварцевые песчаники, чокрак). Долина реки Шура-Озень.

На основании изучения минералогии тяжелой фракции чокрак-караганских песчаников, она предположительно выделяет источники россыпеобразующих формаций. К таковым отнесены: магматические породы гранитоидного ряда различного возраста и степени удаленности и их апикальные части, а также сопряженные с ними грейзены и пегматиты; метаморфические породы различных фаций и генезиса, от гнейсов до чарнокитов и гранулитов, образовавшихся как по магматическим, так и по осадочным (песчаники) породам; магматические породы основного и ультраосновного ряда различного возраста и степени удаленности; породы эклогитовой фации глубинности; кимберлиты; сформированные на основе вышеперечисленных типов промежуточные коллектора различного возраста и степени удаленности.

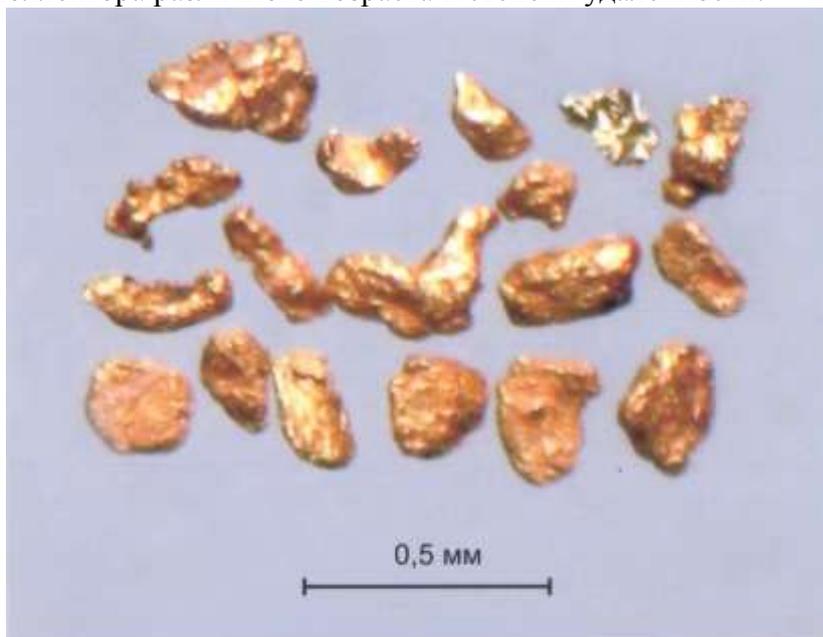


Рис.8. Шлиховое золото (караганские песчаники) Буйнакский район.

Таким образом мы видим, что источником сноса терригенного материала чокрак-караганских отложений Дагестана могла быть не только территория Большого Кавказа, но и источники более дальнего сноса расположенные на территории Восточно-Европейской платформы.

Морфометрический анализ россыпного золота Северного и Восточного Кавказа дает возможность типизировать его по размерности, форме и рельефе зерен золота. Установленные морфометрические показатели трех типов россыпного золота позволяют получить представления о его генетической принадлежности и способах рассеивания золота в экзогенной обстановке. Морфометрические показатели могут способствовать технологическим процессам получения золотоносных шлихов при поисках рассеянного золота.

Литература

1. Богуш И.А. Палеозойское золото Северного Кавказа // Геология, оценка и локальный прогноз месторождений цветных, редких и благородных металлов. - Новочеркасск, 1994. - С. 3 - 13.
2. Богуш И.А. Благородные металлы углеродсодержащей формации Передового хребта Северного Кавказа // Новые идеи в науках о земле. V Междунар. конф. М., 2001. Т. 2. – С. 190.
3. Богуш И.А., Рябов Г.В. Благородные металлы в россыпях бассейна рек Уруп- Большая Лаба (Северный Кавказ) // Известия вузов Сев.-Кавказский регион. Технические науки. 2011. № 3, - С 94-97
4. Богуш И.А., Бурцев А.А., Черкашин В.И. Благородные металлы в черных сланцах Уруп-Лабинского района Северного Кавказа // Материалы V научно-технич. конф. Современные проблемы Геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Владикавказ. 2015 - С. 34-39.
5. Василенко В.Н., Парада С.Г. Генетические типы проявлений золота в Уруп-Лабинском районе (Северо-Западный Кавказ) // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кав-

- каза. Т.1. Геология, полезные ископаемые, минералогия и геохимия. Материалы II междунар. науч. конф. Новочеркасск ЮРГТУ, 1999. – С.135-138.
6. Василенко В.Н., Парада С.Г. Формы нахождения золота в колчеданных рудах Урупо-Лабинского района // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кавказа. Т. 1. Минералогия, полезные ископаемые и минералогия. Материалы III междунар. науч. конф. Новочеркасск ЮРГТУ, 2002. – С.250-251.
 7. Мацапулин В.У., Юсупов А.Р., Исаков С.И. Пробность терригенного золота чокрак-караганских песчаников. Научная конференция. «Региональная геология и нефтегазоносность Кавказа», Махачкала. Вып. 58, 2012 С. 45-47.
 8. Прокуронов П.В. Генетическая классификация аллювиальных россыпей Центрального Кавказа // Тезисы докладов VI краевой конференции по геологии и полезным ископаемым Северного Кавказа. Ессентуки. 1985. –С. 283-285.
 9. Черкашин В.И., Мацапулин В.У., Юсупов А.Р., Тулышева Е.В., Хлопкова М.В. Условия формирования и закономерности локализации повышенных концентраций драгоценных металлов в мезокайнозойских отложениях Восточного Кавказа и перспективы их промышленного освоения. Проблемы минералогии России. Издание ГЦ РАН, Москва. 2012г. с. 127-141
 10. Черкашин В.И., Мацапулин В.У., Юсупов А.Р.. Золотоносность среднемиоценовой россыпной подпровинции Восточного Кавказа (Дагестанское обрамление). Вестник Дагестанского научного центра РАН, Махачкала, 2013, №50. С. 19-25
 11. Шило А.Н. Учение о россыпях. –М.: Издательство Академии горных наук, 2000. – 632 с.

УДК 551.311.31 (470.67)

НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ДАННЫЕ О ШЛИХОВОЙ МИНЕРАЛОГИИ ОТЛОЖЕНИЙ БАЛКИ БЛИЗ СЕЛЕНИЯ КУБАЧИ

Мацапулин¹ В.У., Гусейнов² М.М., Коржов³ В.Н., Тулышева¹ Е.В., Исаков¹ С.И.

¹Институт геологии ДНЦ РАН, ²Институт физики ДНЦ РАН

Приведены данные изучения шлифовой минералогии рыхлого материала сухой балки, расположенной вблизи селения Кубачи, дренирующей отходы ювелирного производства. По сравнению с ранним изучением минералогии этого участка здесь установлены новые данные. Крупный кристалл граната и в магнитной мелкозернистой фракции (0,5+0,1 мм) методом мёссбауэровской спектроскопии установлено α -Fe (альфа-железо) минералов метеоритов, составляющих 85 % от фракции.

Ключевые слова: шлиховая минералогия, кристаллы, гранат, мёссбауэровская спектроскопия, альфа-железо, минерал метеоритов.

SOME NEW DATA ON THE GRINDING MINERALOGY OF DEPOSITS OF THE BEAM NEAR THE SETTLEMENT OF THE KUBACHI

Macauly¹ V.U., Huseynov² M.M., Corjov³ V.N., Telysheva¹ E.V., Isakov¹ S.I.

¹Institute of Geology, Dagestan scientific center of RAS, ²Institute of physics of the Dagestan scientific center of RAS

These studying of the grinding mineralogy of friable material of the dry beam located near the settlement Kubachi, draining waste of jewelry production are given. In comparison with early studying of mineralogy of this site new data are established here. Large crystal of pomegranate and in magnetic fine-grained fraction (0,5+0,1 mm) by method of myossbauerovsky spectroscopy it is established α -Fe (alpha iron) of minerals of meteorites, the making 85% of fraction.

Key words: schlich mineralogy, crystals, garnet, Mossbauer spectroscopy, alpha-iron, meteorite mineral.

Нами ранее (2006) освещалась минералогия тяжелой фракции шлихов намытых в балке, расположенной юго-восточнее селения Кубачи, дренирующей отвалы ювелирного производства села [4]. Приведем рассмотренные ранее минералы установленные в тяжелой фракции. На Кубачинском участке, расположенном среди среднеюрских терригенных отложений, установлены (в %% от тяжелой фракции) магнетит 16,86-98, ильменит 0,43-7,07, лимонит+гематит 0,29-26,72, лейкоксен зн – 0,32, сфен 0,02-0,23, рутил 0,016-2,18, турмалин в отдельных пробах (зн – 0,03), пироксен (знаки в отдельных пробах), оксиды марганца – зн. – 2,11, корунд зн – 0,92; минералы: биотит, глауконит, амфибол, карбонат, монацит – отмечены в знаковом содержании в отдельных пробах. Выделены вторичные минеральные образования (церуссит, пироморфит, куприт, малахит, халькозин, скородит) и техногенные. К последним минералог А.Г. Васильева (ПО «Севкавказгеология») относит большую часть окалины, серебро, металлические сплавы – медь+цинк, железо, свинец+стекло, частично корунд, прозрачные стекловидные шарики. Самородное золото отмечается в знаковом содержании, серебро – весовые знаки. Здесь же на участке в делювиально-аллювиальном шлейфе, примыкающим к аллювиальным отложениям, также отмечены знаки золота, серебра. На участке Вачи преобладающими минералами тяжелой фракции шлихов являются лимонит+гематит, установлены мелкие знаки золота, видимые только при увеличении; на участке Кули преобладает пирит, установлены единичные знаки золота, серебра.

По обильному содержанию магнетита Кубачинский участок является уникальным среди мезо-кайнозойских отложений дагестанской части Восточного Кавказа. Он выделяется в трех морфологических разновидностях – массивный, пластинчатый и в виде идеальных сферических глобулей, шариков. Л.Г. Васильева отмечает, что массивные и пластинчатые формы встречаются и в других областях Большого Кавказа, сферические формы отмечены впервые на Кубачинском участке и являются экзотическими для Северного Кавказа. Но, например, для Северо-Востока РФ они широко распространены; их в этой зоне выделяют под названием «Яни-

ты» [1]. Происхождение глобулей связывают с космогенными процессами. По описанию они очень схожи со сферическими образованиями, установленными нами.

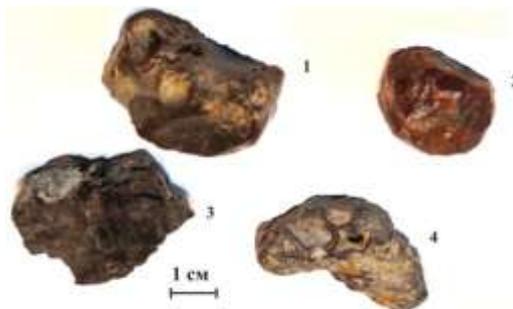
Единичные шарики, помимо Кубачинского участка отмечены в аллювии и других водотоков – Казикумухское Койсу, Каракойсу. Находки шариков магнетита в элювиально-делювиальных отложениях и протолочках из коренных пород Кубачинского участка, а также в аллювии второй и третьей надпойменной террас Казикумухского Койсу дают основание относить их к терригенным минеральным образованиям ниже-среднеюрских осадочных отложений. Сферические образования магнетита и вулканического стекла – типичное космогенное вещество в россыпях [1].

На Кубачинском участке в шлихе установлено: пластинчатое золото, проволочковидные, удлиненные, изометричные, согнутые пластинки золота, комковатые формы, удлиненные формы серебра, серебряная стружка и др. Серебро в шлихах, конечно, техногенное. По золоту явных признаков техногенности не выявлено. По наличию техногенного серебра, предметов домашнего обихода склоняет к отнесению и золота к техногенным образованиям. Если сравнить золото Кубачинского участка с золотом намытом из среднемиоценовых (чокрак-караган) песчаников, то мы увидим, что это различные образования. В песчаниках это золото более мелких фракций и принадлежит оно среднемиоценовым прибрежно-морским россыпям.

Мы вернулись к этим материалам, повтору шлихового опробования Кубачинской балки в связи с тем, что появились сведения о том, что в тяжелой фракции объекта имеется вюстит, FeO – довольно редкий минерал железа, характерный для метеоритов.

В тяжелой фракции Кубачинской балки нами на сей раз установлены единичные знаки золота (0,2-0,3 мм), напоминающую стружку, магнитный минерал массивной изометричной формы и в виде шариков (0,2-0,3 мм), который мы отнесли к магнетиту, установлен единичный минерал граната, обломочки карбоната, стеклянные шарики. В отношении магнетита по сравнению с предыдущими исследованиями не отмечены только пластинчатые формы, они значительно развиты в мелкой (-0,5+0,1 мм) фракции. Среди массивных зерен встречаются агрегаты, в которых видны остатки шариков, ноздреватая поверхность от выпавших шариков. В крупной фракции > 0,5-1 мм установлены обломки силицитов, техногенные проволочковидные окисленные формы. По магнитной фракции проведена мёссбауэровская спектроскопия (МС).

Интерес вызывали два момента – это находки кристалла граната и результаты МС исследований. По визуальным данным зерно граната, размером 1×1,5 см, буровато-коричневатого цвета, на одной грани имеется скол, в котором просвечивает минерал зеленоватого цвета. Возможно, это альмандин-гроссуляровая форма граната. Гранат не окатан, не имеет ювелирной ценности (рис. 1).



1 – обломок силицитов; 2 – кристалл граната; 3 – углефицированная древесина; 4 – расплав породы серого цвета. Село Кубачи, балка

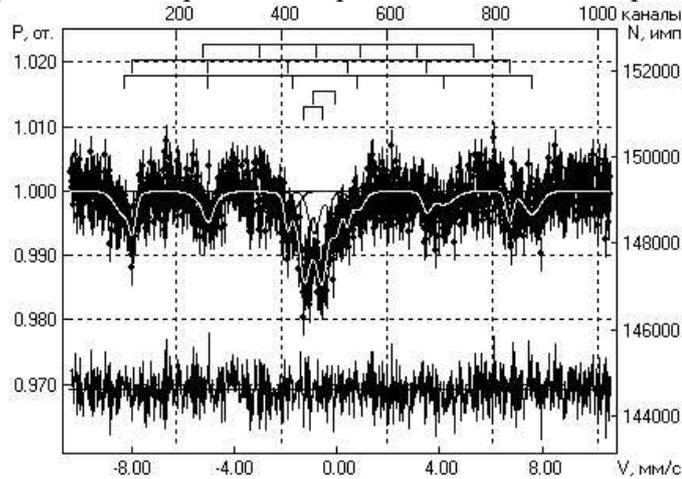
Рис. 1. Крупная фракция шлихов рыхлых отложений сухой балки.

Мелкий гранат в терригенных юрских, среднемиоценовых отложениях имеет хорошо окатанные, отшлифованные формы. И если установленный кристалл граната из терригенных мезо-кайнозойских гравелитов, конгломератов, то он должен быть хорошо окатан, даже лучше

чем зерна песчаных фракций. Взять для сравнения хотя бы кварцевую гальку из верхнего тоара на Курушском рудном поле – большая часть ее идеально окатана и отшлифована. Значит, этот кристалл граната имеет более близкое местообразование из пород не известных в районе до настоящего времени – скарны, кристаллические сланцы и т.п. Или же это привнесенный техноген, что тоже маловероятно, чтобы кубачинец заинтересовался не ювелирной формой граната и привез его с дальних мест. А может быть кубачинцы занимались шлифовкой минералов. Доводя их до ювелирных поделок?

Данные мёссбауэровской спектроскопии приведены на рисунке 2 и таблице 1, 2.

Мёссбауэровская спектроскопия предполагаемого минерал «Вюстит».



(Спектрометр MS-1104Ем. Программа обработки спектра UnivemMS)

Рис. Модельная расшифровка энергетического спектра ядер ⁵⁷Fe в минерале FeO

Спектр: Минерал Вюстит-FeO.28.07.2017.RT.1S.1s2a.t30.CoCr2-13.sp

Калиброван относительно: Fe (КС: Fe.05.06.2017.)

Абс.площадь эксп.спектра, б/р: 0.97890

Абс.площадь расч.спектра, б/р: 1.02430 (104.64 % от эксп.)

Макс.эксп.спектра (эффект),%: 1.991 +/- 0.259 (13.00 % от Max)

$\chi^2 = 1.072$

Базис (фон), имп. = 149250 (прямая)

Качество эксп.спектра = 8 (0.130 - погреш.эффекта)

Длительность набора: 30:27:42 часов

Таблица 1

Данные мёссбауэровской спектроскопии

№	Имя	I _s , мм/с	Q _s , мм/с	H, кЭ	S, отн.,%	G, мм/с
1	S Sextet_1	-0.6877	0.1446	457.20	25.24	0.2575
2	S Sextet_2	-0.3933	0.1161	512.95	14.01	0.3447
3	S Sextet_3	-0.3375	-0.0728	479.01	13.58	0.3857
4	D Doublet_1	-0.8644	0.6799		47.18	0.6601

Таблица 2

Распределение Fe по фазам (обработка по двум стат.эквивал.моделям)

Фаза	Доля в спектре,%
FeOОН+FeOnН (гетит)	0.0 +/- 0.0
Fe2O3 (гематит)	14.3 +/-14.3
Fe3O4 (магнетит)	0.0 +/- 0.0
Fe (альфа-железо)	85.7 +/-14.3
FeO (вюстит)	0.0 +/- 0.0
FeO (вюстит)	0.0 +/- 0.0

Обозначения:

I_s , мм/с – изомерный химический сдвиг спектра.

Q_s , мм/с – Квадрупольное расщепление спектра.

H , кЭ – сверхтонкое магнитное поле в области расположения ядра.

S , отн.,% – площадь под спектральной линией.

G , мм/с – ширина спектральной линии.

Проведенный анализ магнитной фракции шлихов показал, что большая их часть (85 %) представлена альфа железом (α -Fe) минералом метеоритов. Следовательно, наши ранние представления о космогенной природе магнитных минералов тяжелой фракции были верны. Нами проводились исследования мессбауэрской спектроскопии по окисному железу, связанному с гидротермально-эксплозивными образованиями различных объектов Дагестана: Шалбуздаг, Талги, Бугленские песчаные карьеры, Цудахар, Миатлинское водохранилище, Истисув, Эрпели-Озень [2]. По ним отмечены в основном гематитовые (немагнитные) формы железа и установлены гетит, гематит, магнетит, α -железо и вюстит в пределах первых процентов. А такое высокое содержание (α -Fe) – 85% при нормальных температурах нами установлены впервые.

Для сравнения альфа-железа и магнетита приведем описание первого по Геологическому словарю [4], кубическая сингония, всегда содержит примесь никеля и часто небольшого количества Co, Cu, S, C. Редко в виде кубических кристаллов; сплошные массы, зерна, дендриты; пылевидные частицы, самородки; в метеоритах образуют пластинки и их тонкосдвойниковые агрегаты. Стально-серый до черного цвет. Блеск металлический. Черта стально-серая блестящая. Твердость 4-5, плотность 7,3-7,9. Ковкое, магнитное. Крайне неустойчивое в окислительных условиях. В земных условиях встречается редко. Иногда обнаруживается в базальтах, диоритах, обычно входит в состав железных метеоритов.

Полученные данные могут использоваться при минералого-геохимических исследованиях шлиховой съемки изучаемой территории.

Литература

1. Арманд И.Н., Белоусов В.Д., Быховский В.С. Словарь по геологии россыпей. М.: Недра, 1985. 197с.
2. Мацапулин В.У., Гусейнов М.М., Тулышева Е.В., Юсупов А.Р., Исаков С.И., Казанова Э. Красноцветы в мезо-кайнозойских отложениях Дагестана и их связь с гидротермально-эксплозивными процессами. Тр. ИГ ДНЦ РАН. Вып. 66. Махачкала. 2016. С.76-82
3. Петров О.В. Геологический словарь. Спб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010, Т.1, 432с.
4. Черкашин В.И., Мацапулин В.У., Юсупов А.Р.. Терригенная минералогия тяжелой фракции пород мезо-кайнозоя Восточного Кавказа и перспективы (Ti-Zr) россыпеобразования. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 59. Махачкала, 2006. С.73-84

УДК 666.974.2.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА

Тотурбиев¹ Б.Д., Юсупов¹ А.Р., Рабаданов² Г. А., Абдулганиева¹ Т.И.

¹Институт геологии ДНЦ РАН

²Институт проблем геотермии ДНЦ РАН

В статье дается анализ сырьевой базы запасов и применение бентонитовых глин, и их экономическая целесообразность в использовании для получения строительных материалов с низкими энергетическими и другими материальными затратами.

Приведены результаты лабораторных испытаний химического, минералогического состава и термического анализа бентонитовой глины Дагестанского месторождения. Приводятся также результаты исследований: разработки оптимальных составов бентонитовой композиции на основе бентонитовой глины и портландцементного клинкера полученного путем их совместного помола в шаровой мельнице до удельной поверхности 2500-3000г/см²; технологических, физико-механических свойств теста и камня из этой композиции в том числе, сроки схватывания и твердения композиционного теста; пластическая прочность и подвижность; прочность при сжатии, изгибе и усадка композиции в процессе твердения.

Экспериментальными исследованиями установлена возможность получения из бентонитовой композиции теплоизоляционного пенобетона твердеющего как в естественных условиях так при тепловлажной обработке при T=85-90°C.

Ключевые слова: нерудное сырье, бентонитовые глины, портландцементный клинкер, теплоизоляционные материалы, композиции, пенобетон.

THE USE OF BENTONITE CLAYS FOR PRODUCTION OF THERMAL INSULATION FOAM CONCRETE

Toturbiyev¹ B.D., Yusupov¹ A.R., Rabadanov² G.A., Abdulganiev¹ T.I.

¹Institute of Geology of Dagestan scientific center of RAS

²Institute of problems of Geothermy, Dagestan scientific center of RAS

In article is given the analysis of a source of raw materials of stocks and use of bentonite clays, and their economic feasibility in use for receiving construction materials with low power and other material inputs.

Results of laboratory researches of chemical, mineralogical composition and the thermal analysis of bentonite clay of the Dagestan field are given.

Also results of researches are given: developments of optimum structures of bentonite composition on the basis of bentonite clay and the portland cement clinker received by their joint grinding in a spherical mill to a specific surface 2500-3000g/cm²; technological, physicomachanical properties of the test and a stone from this composition including, terms of a skhvatyvaniye and curing of the composite test; plastic durability and mobility; durability at compression, a bend and shrinkage of composition in the course of curing.

Experimental studies have established a possibility of receiving from bentonite composition of the heat-insulating foam concrete hardening as under natural conditions so at a heat and moisture treatment at T =85-90°C.

Keywords: non-metallic raw materials, bentonite clays, portland cement clinker, heat-insulating materials, compositions, foam concrete.

Имеющиеся в России неограниченные запасы нерудных полезных ископаемых способствуют мощному развитию строительной индустрии. Из многих видов нерудного сырья получают самые различные строительные материалы, как в естественном виде, так и после механической, термической, химической обработки. Одним из перспективных нерудным сырьем для производства строительных материалов является бентонитовые глины.

К настоящему времени бентонитовые глины относятся к числу важнейших неметаллических полезных ископаемых широко использующихся в различных отраслях промышленности – металлургическая, литейная, буровая, химическая, нефтехимическая, строительная, керамическая, пищевая, фармацевтическая, техническая экология и др.

Объем добычи бентонитовых глин в мире в последние годы стабильно составляет ежегодно более 15 млн. т. При этом ежегодный прирост мирового производства бентопродуктов (и соответственно потребление) увеличивается и в среднем составил 5,5 % [1].

Наиболее быстрыми темпами развивается производство бентопродуктов в КНР, Польше, Индии, Республике Корея, где ежегодный прирост в 2003-2007 гг. составил соответственно 56; 47; 24 и 22 % [1-3].

Из них до 25 % используется для приготовления формовочных смесей, до 60% – в производстве адсорбентов, буровых растворов, железорудных окатышей.

В России в настоящее время добыча и производство бентонитовых глин значительно отстаёт от потребностей промышленности. Поэтому бентопродукты в России относятся к дефицитным видам минерального сырья.

Особенно высококачественные щелочные бентониты, запасы которых ограничены даже в мире: из 6,3 млрд. т. мировых запасов только 906 млн.т. (14%) составляют щелочные бентониты. Экспорт практически отсутствует. Импорт бентопродуктов в Россию осуществляется из 14 стран Европы, Азии и Северной Америки по цене от 52 до 1500 долл/т. Наибольший объем импорта бентопродуктов с минимальной обработкой из Греции, Азербайджана, Украины. Значительное количество активированных и модифицированных бентопродуктов ввозится из Германии, США, Индии и Болгарии. Самый дорогой бентопродукт поставляет Дания – 1500 долл/т (~ 4 т). Импорт из дальнего зарубежья составляет 250-300 тыс. т в год. Хотя общие запасы бентонитов в России составляет примерно 93,3 млн. т (около 2% мировых запасов).

Оценка состояния минерально-сырьевой базы бентонитового сырья России приведена в статье [4], где показаны использования бентопродуктов, объем импорта и экспорта, текущие и перспективные потребности, дефицит запасов щелочных бентонитов. Охарактеризованы также возможности обеспечения экономики России высококачественными бентопродуктами путем выявления новых месторождений в прогнозируемых перспективных регионах и внедрения высоких технологий переработки сырья (Таблицы 1,2,3,4).

Обобщенная количественная характеристика запасов месторождений бентонитового сырья по выделенным ГПТ приведена табл. 1.

Таблица 1.

МСБ бентонитового сырья России

Геолого-промышленный тип месторождений	Общее число месторождений В том числе бентонитов	Запасы на 01.01.2009 г., тыс. т		Добыча в 2008 г.	
		A+B+C ₂	C ₂	тыс.т	%
Щелочной	$\frac{1}{1}$	8179	6862	-	-
Щелочно-щелочно-земельный	$\frac{5}{5}$	15867	4606	276	47
Щелочно-земельный	$\frac{23}{1}$	120542	84707	309	53
Всего	$\frac{29}{7}$	144578	96175	585	100

Откуда следует, что суммарный объем запасов по 29 разведанным месторождениям по категориям A+B+C₁+C₂ составляет 240,9 млн т, из них по категории C₂ - 96,2 млн т. При этом запасы категорий A+B+ C₁+C₂ учтены в "Государственном балансе полезных ископаемых" по 7 разрабатываемым месторождениям (на 01.01.2009 г.) в объеме 37,2 млн т, из них по категории C₂ - 0,72 млн т (табл. 2).

Таблица 2.

Балансовые запасы, добыча бентонитового сырья и производства бентопродуктов на разрабатываемых месторождениях России в 2008 г. (по данным на 01.01.2009 г.)

Месторождение (субъект РФ)	Производитель	Балансовые запасы на 01.01.2009 г., тыс.т	Вид сырья	Добыча сырья за 2008 г., тыс.т	Виды и марки производимой продукции	Объем производства в 2008 г. по видам бентопродуктов, тыс.т	Отпускная цена, р.	Обеспеченность промышленными запасами, лет
Десятый Хутор (пласты 7, 8) (Республика Хакасия)	ООО «Арги-лит»	А+В+С ₁ -1291; С ₁ -1291	Ще-лочно-ще-лочно-зе-мель-ный бенто-нит	157	Активированная бентонитовая глина	179,4	855	4,6
					Глинопорошок для буровых растворов	Нет свед.		
Десятый Хутор (пласты 2, 4, 5, 6) (Республика Хакасия)	ОАО «Хакасский бенто-нит»	А+В+С ₁ -4883, в том числе А - 847; В-1169; С ₁ - 2867	Ще-лочно-ще-лочно-зе-мель-ный бенто-нит	93	Формовочные бентопорошки марок П1Т1А П2Т1А (согласно ГОСТ 28-177-89)	49,1	2500	32
					Буровые бентопорошки марок ПБМА ПБМБ (в соответствии с ТУ 39-202-86 и ТУ39-0147001-105-93)			
					Бентонит комовый	2,7		
Южный участок Зырянского месторождения (Курганская область)	ОАО «Бенто-нит»	А+В+С ₁ -12214, в том числе В-4496; С ₁ -7718	Бенто-нито-подоб-ная глина	131	Формовочная глина	55,533	265,23	66
					Буровой глинопо-рошок	Нет свед.		
					Активированная глина			
Биклянское месторождение (Юго-восточный участок) (Республика Татарстан)	ОАО «Альме-тьевский завод глино-порошка	А+В+С ₁ -13580, в том числе В-10442; С ₁ -3138	Бенто-нито-подоб-ная глина	93	Глинопорошок для буровых растворов марок ПБМВ, ПБМГ, ПБН (согласно ТУ 39-0147001-105-93)	Нет свед.		93
					Глины в комовом виде	93,0		
Калиново-Дашковское (Московская область)	ЗАО «Керам-зит»		Бенто-нито-подоб-ная глина, бенто-нит	68	Формовочные глинопорошки марок П4Т1К – С4Т1К и П2Т1А – С2Т1А (ГОСТ 28177-89)	53	1860	18
					Буровые глинопо-рошки марок ПБМА, ПБМБ, ПБМВ, ПБМГ			

					(ТУ-39-0147001-105-93)		
					Формовочная глина	68	
Никольский участок (Воронежская область)	ООО «Недра»		Бентонитоподобная глина	10	Формовочная глина марок П4Т2-С4Т2 по ГОСТ 28177-89	10	54
Майдан-Бентонитовый участок (воронежская область)	ОАО «Журавский охровский завод»	А+В+С ₁ -420, в том числе С ₁ -420, С ₂ -158	Бентонитоподобная глина	7	Формовочная глина	7	40
Ижбердинское (Оренбургская область)	ОАО «Халилово»	А+В+С ₁ -1334, в том числе В - 213 С ₁ -1121	Щелочно-щелочно-земельный бентонит	26	Глина комовая для буровых растворов	26	34
Всего добыто бентонитового сырья:				585			
В том числе:							
бентониюв				276			
бентонитоподобных глин				309			
Всего произведено бентопродуктов, тыс.т	Глинопорошки для буровых растворов и формовочных смесей					102,1	
	Активированная глина для окомкования железорудных концентратов					179,4	
	Комовая глина для буровых растворов					26,0	
	Комовая глина для формовочных смесей					140,5	
	Бентонит комовый (без указания назначения)					2,7	
Глина комовая (без указания назначения)					93,0		
Итого						543,7	

Общий объем прогнозных ресурсов по категориям P₁+P₂+P₃. выявленных в пределах 15 объектов, составляет 325,5 млн т, максимальный из которых по категории P₂ -187,0 млн т.(табл. 3).

Таблица 3.

Прогнозные ресурсы бентонитового сырья России

Бентонитоносные провинция, зона, район	Число объектов	Прогнозные ресурсы, млн. т			Геолого-промышленный тип ожидаемых месторождений
		P ₁	P ₂	P ₃	
<i>Северо-кавказская провинция</i>					
В том числе Предкавказская зона	3	55,7	114,0	-	Щелочной и щелочно-щелочно-земельный
<i>Уральская провинция</i>					
В том числе:					
Усть-Маньинская зона	1	11,7	-	-	Щелочно-земельный
Южно-Уральская зона	1	16,0	45,0	-	Щелочно-щелочно-земельный
<i>Алтае-Саянская провинция</i>					
В том числе:					
Кузнецкий район	2	6,0	20,0	-	Щелочной

Приенисейский район	2	-	5,0	15	Щелочно-щелочно-земельный
<i>Сахалинская провинция</i>					
В том числе:					
Западно-Сахалинская зона	4	3,6	2,7	-	Щелочной и щелочно-щелочно-земельный
Тонино-Анивская зона	1	0,5	0,3	-	
<i>Припятско-Днепрово-Донецкая провинция</i>					
В том числе Днепрово-Донецкий район	1	-	-	30	Щелочно-щелочно-земельный

В последнее время наряду с необходимостью расширения российской МСБ бентонитового сырья особое внимание привлекают бентониты, характеризующиеся низкой стоимостью и большими запасами, которые могут использоваться в строительстве, в том числе производстве строительных материалов.

В этом плане, большим подспорьем является неучтенные запасы бентонитовых глин Дагестанского месторождения, которые по предварительным данным составляют около 30 млн.т [8]. Химический и минералогический состав этих глин приведены в таблице 4 и 5.

Таблица 4.

Результаты испытаний химического состава бентонитовой глины Дагестанского месторождения

Наименование показателя	Бентонитовая глина	
Массовая доля, %		
SiO ₂		51,00
Al ₂ O ₃		23,25
Fe ₂ O ₃		7,20
FeO		7,41
CaO		0,99
MgO		3,31
Na ₂ O		2,75
K ₂ O		4,06
п.п.п.		10,0

Таблица 5.

Минералогический состав бентонитовой глины Дагестанского месторождения

№№ п.п.	№№ проб	Наименование породы	Содержания минералов, %			
			кварц	глины	Монтмориллонит	Другие минералы
1	724/1	аргиллит	2±1	23±4	75±7	
2	724/2	аргиллит	7±2	23±4	67±7	Гп 3±1
3	724/3	аргиллит	3±1	15±3	82±7	
4	724/4	аргиллитоподобные глины	2±1	20±4	70±7	Гп 10±2 Натро-ярозит 3±1
Среднее содержание компонентов			3,5	20,25	73,5	

Откуда следует, что главнейшими слагающими минералами являются монтмориллонит, кварц, глины, и некоторые другие. Здесь ведущее место занимает монтмориллонит. Поэтому рассматриваемые бентонитовые глины можно называть монтмориллонитовыми, а слагающие их минералы – минералами монтмориллонитовой группы. Чем больше в смеси монтмориллонита, тем выше ее гидрофильность, главное свойство этого сорта глины. Бентонит разбухает при попадании в него воды, гидратации. Также этот материал нетоксичен и

Косвенным подтверждением тому являются показатели выше проведенного мокрого ситового анализа суспензии, а также чрезмерное разбухание рассматриваемого бентонита при введении воды.

Учитывая высокую дисперсность на уровне наночастиц и низкую плотность суспензии (1,062 - 1,058 г/см³), мы предположили, возможность получения безобжигового теплоизоляционного пенобетона из бентонитовой глины и портландцементного клинкера в качестве вяжущего.

Аналогичные исследования по разработке эффективных технологий получения теплоизоляционных материалов с использованием других видов нерудного сырья ранее были проведены в Институте геологии ДНЦ РАН [5,6,7].

Сейчас особую актуальность приобретает создание новых технологий, прежде всего безобжиговых, при котором материал будет достаточно доступным по цене и отвечал бы по своим физико-техническим характеристикам.

С этой целью после сушки бентонитовой глины до постоянной массы совместно с портландцементным клинкером размалывали в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности 2500-3000 г/см². Таким образом, полученную тонкомолотую композицию растворяли водой ГОСТ 23732-80 и перемешивали в мешалке принудительного действия с введением пластификатора с целью исключения агрегации наночастиц в растворе. Затем, в полученную растворную смесь вводили пенообразователь-ПО ПБ-1 (ТУ 2481-001-31820565-97) для приготовления пеномассы соответствующей плотности.

При разработке оптимальных составов бентонитовой композиции на портландцементном клинкере исследовались следующие технологические и физико-механические свойства теста и камня из композиционного вяжущего: сроки схватывания и твердения композиционного теста; пластическая прочность и подвижность; прочность при сжатии, изгибе и усадка композиции в процессе твердения.

По результатам этих исследований был принят следующие составы тонкомолотой композиции, % по массе: бентонит – 60.70: портландцементный клинкер – 40 30 соответственно.

В дальнейшем были проведены исследования влияния содержания пены на пенообразование и устойчивость пеномассы.

Результаты исследований влияния содержания пены на плотность теплоизоляционного пенобетона показали, что с увеличением количества пены в составе композиции его средняя плотность уменьшается пропорционально содержания пены, и, наоборот, с увеличением твердого составляющего (пеномассы) средняя плотность теплоизоляционного пенобетона растет. Следовательно, средняя плотность теплоизоляционного материала полностью регулируется количеством пены введенного в состав композиционной массы. При этом показатели пористости и прочности на сжатие при равных условиях получения теплоизоляционного пенобетона зависят от плотности материала. Оптимальные составы теплоизоляционного пенобетона в зависимости от средней плотности приведены в таблице 6.

Таблица 6.

Оптимальные составы теплоизоляционного пенобетона в зависимости от плотности

Плотность (в сухом состоянии), кг/м ³	Бентонитовая композиция состава- бентонит: портландцементный клинкер масс % 60:40	Пенообразователь (конц.), кг	Вода, л (расплав смеси 13-14 см по прибору)	Пена, л	Прочность на сжатие после пропарки 85-90 °С МПа
1	2	3	4	5	6
300	275	1,35	135	850	1,3
400	375	1,30	170	800	1,9
500	475	1,25	200	725	2,3
600	575	1,20	220	640	3,1

По результатам исследований разработана технология производства теплоизоляционного пенобетона из бентонитовой композиции и определены ее рациональные технологические параметры (табл.7).

Таблица 7.

Параметры технологии изготовления теплоизоляционного пенобетона

Наименование параметров	Оптимальная величина параметра при плотности пенобетона, кг/м ³			
	300	400	500	600
В/Т	0,50	0,53	0,5	0,45
ПО-ПБ1	1,35	1,30	1,25	1,20
Кратность пены к моменту минерализации	4,5	4 – 4,5	4	3
Кратность пеномассы	4	3,2	3	2,7
Температура воды, °С	20	20	20	20
Время смешивания, мин	6	5	5	4
Вызревание массива, мин	100	35	30	80
Время тепловлажностой обработки при T=85-90 °С	5	6	7	8

По разработанной технологии были изготовлены теплоизоляционные пенобетонные изделия различной плотности со свойствами, представленными в таблице 5. Данные таблицы 5 отражают хорошее качество полученных теплоизоляционных пенобетонов, по прочности и удовлетворяют требованиям ГОСТ 25485-82.

Таблица 8.

Основные свойства теплоизоляционного пенобетона

Наименование показателей свойств	Норма марок		
	300	400	500
Плотность, кг/м ³	300 ± 25	400 ± 25-50	500 ± 25-50
Теплопроводность, Вт/(м · К), не более при температуре (25±3) °С	0,086	0,098	0,105
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	1,2	1,8	2,2
Усадка после сушки, %, не более	0.63	0.38	0.26

Данные таблицы 5 отражают хорошее качество полученных теплоизоляционных пенобетонов, по прочности и удовлетворяют требованиям ГОСТ 25485-82.

Таким образом, экспериментальными исследованиями установлена возможность получения из бентонитовой глины и порландцементного клинкера теплоизоляционного пенобетона твердеющего как в естественных условиях так при тепловлажностой обработки при T = 85-90 °С.

Технология производства пенобетона из разработанной композиции не предусматривает энерго- и трудоемких технологических операций, как автоклавная обработка и обжиг по специальному режиму, а включает в себе: изготовление композиции; приготовление пеномассы; разливка в соответствующие формы изделий; пропарка или естественное твердение изделий.

Литература

1. Minerals Yearbook, 2007. U.S. Geological Survey, Washington.
2. The Economics of Bentonite. 11th Edition. Roskill Information Services, London, 2008.
3. Minerals Commodity Summaries. U.S. Geological Survey, January, 2009.
4. Сабитов А.А., Руселик Е.С., Трофимова Ф.А., Тетерин А.Н. Bentonиты России: состояние освоения и перспективы развития сырьевой базы "Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых", Казань) //Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 5. С.8–17.
5. Тотурбиев Б.Д. Природные цеолиты - эффективные минералы для изготовления строительных материалов //Труды Института геологии Даг. НЦ РАН «Региональная геология и нефтегазоносность Кавказа», Научно-практическая конференция. Махачкала. 2012, С 53-56.
6. Черкашин В.И., Тотурбиев Б.Д. Глинистые сланцы - эффективное местное минеральное сырье для производства вяжущих // Региональная геология и нефтегазоносность Кавказа. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала 2012. С 47-51.
7. Тотурбиев А.Б., Абдулаев М.А., Черкашин В.И., Тотурбиев Б.Д. Безобжиговый пенодиатомитовый теплоизоляционный материал на местном природном кремнистом сырье // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №3. С. 76-79.
8. Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Алхулаев К.Г. Перспективы обнаружения крупных месторождений монтмориллонитовых глин в Дагестане // Почвенные ресурсы и проблемы продовольственной безопасности. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 65. Махачкала 2015. С. 209-212.

УДК 666.974.2.

МАЛОКЛИНКЕРНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА ИЗ ГЛИНИСТЫХ СЛАНЦЕВ

Тотурбиев¹ Б.Д., Тотурбиева² У.Д.

¹Институт геологии ДНЦ РАН,

²Дагестанский государственный технический университет

В данной статье показана актуальность научных исследований направленных на использования нерудных полезных ископаемых для получения малоклинкерных вяжущих материалов по энерго-ресурсосберегающим технологиям.

Приведены результаты комплексных научных исследований получения безклинкерного известково-пуццоланового вяжущего, а также малоклинкерных вяжущих в виде портландцемента марки 400-500 и вяжущего низкой водопотребности (ВНВ) получаемые за счет замещения более дорогой клинкерной части до 50% масс. значительно дешевыми минеральными добавками - низкообжиговыми сланцами.

Ключевые слова: нерудное сырье, глинистые сланцы, строительные материалы, малоклинкерное вяжущее, портландцемент, вяжущее низкой водопотребности, портландцементный клинкер, цементный камень.

MALOTONNAZHNYE BINDERS FROM SHALES

Toturbiev¹ B.D., Toturbieva² U.D.

¹Institute of Geology of Dagestan scientific center of RAS,

²Dagestan state technical University

This article shows the relevance of scientific research aimed at the use of non-metallic minerals to obtain malecentric binders on energy-saving technologies.

The results of integrated scientific studies of production of clinkerless lime-pozzolan binder, as well as malecentric binders in the form of cement 400-500 and the binder with low water demand (VNV) obtained by substitution of the more expensive clinker part to 50 mass%. much cheap mineral supplements - nishibiwajima slates.

Keywords: non-metallic raw materials, shale, building materials, malaconotinae binder, Portland cement, a binder with low water demand, portlandtsementnyj clinker, cement stone.

В настоящее время из многих видов нерудного сырья получают самые различные строительные материалы. Нерудные полезные ископаемые, используются в промышленности и строительстве в естественном виде или после механической, термической, химической обработки

Разнообразие веществ, состава и свойств ресурсов нерудного сырья предопределяет комплексный характер их использования.

В этой связи в Институте Геологии ДНЦ РАН проводятся научные разработки использования нерудных полезных ископаемых для получения строительных материалов по наукоемким, энерго-ресурсосберегающим и высоким технологиям [1–3].

В данной статье приводятся результаты исследования направленные на использования глинистых сланцев в производстве безклинкерных и малоклинкерных вяжущих веществ.

Перспективность и актуальность исследований в этом направлении приводятся в трудах [4–8] ОАО «Московский ИМЭТ», особенно малоклинкерных наноцементов, важных в плане энергосбережения при производстве цемента и совершенствовании технологии бетона. Производства малоклинкерных наноцементов дает возможность радикально уменьшить удельные энергозатраты на тонну цемента за счет снижения содержания портландцементного клинкера до 30–35% с сохранением высоких строительно-технических свойств материалов [9,10].

К настоящему времени разработаны малоклинкерные наноцементы, получаемые за счет замещения более дорогой клинкерной части до 70% масс. значительно более дешевыми минеральными добавками (мелкозернистых песков, каменных пород, шлаков, зол и т. д.) с сохранением высоких строительно-технических свойств цементов [4–8].

Исследуемый глинистый сланец Дагестанского месторождения представляет собой смесь глинистых минералов: хлорита, монтмориллонит – гидрослюдистого смешано-слоистого образования, полевых шпатов, гидроксидов железа и кристаллического кварца. Химический состав глинистого сланца приведён в таблице 1, откуда следует, что исходный материал в основном содержит оксиды кремния, алюминия и железа, а оксиды кальция и магния представлены в незначительном количестве. Потери при прокаливании (9,6%), видимо, определяются дегидратацией глинистых минералов, а также выгоранием органики.

Таблица 1.

Химический состав глинистого сланца

Анализируемый материал	Химический состав									
	п.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
Исходный сланец	9.67	52.8	20.18	9.60	0.69	2.98	1.68	0.32	1.62	0.8

Примечание: п.п.п. - потери при прокаливании

Для предварительной оценки возможности приготовления из представленного материала активной минеральной добавки была проведена серия обжигов исходного сырья при температуре 500⁰С, 800⁰С и 1250⁰С. Обжиг ниже 500⁰С не рассматривался, так как при длительном увлажнении глинистый сланец не обладал прочной связью между минеральными частицами, подвергался к намоканию и размягчению. Выдержка минерала в обжиговой печи при заданной температуре была принята во всех режимах 1 час. Для получения сравнительной оценки гидравлической активности тонкомолотого продукта (вяжущего из совместно молотого глинистого сланца полученного при каждом из обжигов и цементного клинкера) были изготовлены образцы в виде кубиков 1x1x1 см. Составы, из которых изготовлены образцы, отличались по соотношению цемента и добавки 1:4 и 1:1(см. табл. 2).

Таблица 2.

Составы сухих смесей цементного камня

№ смеси	Содержание компонентов, %			
	п/цемент	сланец 550 ⁰ С	сланец 800 ⁰ С	сланец 1250 ⁰ С
1	100	–	–	–
2	80	–	–	20
3	50	–	–	50
4	80	–	20	–
5	50	–	50	–
6	80	20	–	–
7	50	50	–	–

Образцы изготавливались из цементного теста (без песка). Формы с образцами выдерживались сутки во влажной среде, а затем расформовывались и помещались в ванну с водой. Испытания прочности на сжатие проводились на ручном прессе через 3, 7, 14, 21 и 28 суток. В каждом определении, разрушению подвергались разрушению шесть кубиков. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Таблица 3.

Результаты физико-механических испытаний образцов цементного камня

№ состава	В/Ц, %	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут.				
		3	7	14	21	28
1	31	13.4	38.4	53.8	62.5	67.0
2	32	12.1	20.9	37.5	42.5	54.4
3	35	5.9	11.5	17.5	22.5	25.1

4	31	12.7	28.8	53.1	59.3	66.3
5	39	5.2	12.9	26.3	27.1	32.5
6	31	11.7	28.7	43.9	51.3	
7	37	6.4	15.8	22.8	26.9	

Откуда следует, что наилучшие показатели по прочности показывают образцы, изготовленные на основе добавки, обожжённой при температуре 800⁰С при соотношении добавки цемента 1:4.

Близкие результаты показывает добавка, обожжённая при температуре 500⁰С. Обжиг при температуре 1250⁰С приводит к ухудшению показателей. Таким образом, результаты проведённых испытаний позволяют сделать предварительный вывод о возможности получения активной минеральной добавки на базе глинистого сланца Дагестанского месторождения путём обжига при температуре 500-800⁰С. Указанная добавка может быть использована при совместном помоле с портландцементом или портландцементным клинкером, в количестве не менее 20% по массе.

Предварительные результаты, полученные на образцах цементного камня с введением обожжённого (800⁰С) глинистого сланца, были уточнены при испытании различных видов вяжущих по стандартным методикам, в том числе с определением нормальной густоты, сроков схватывания, нормальной консистенции стандартных растворов состава 1:3 и их активности как при нормальном твердении, так и при тепловлажной обработке (ТВО) по режиму 2+3+6+2 ч. (соответственно продолжительность предварительного выдерживания, подъём температуры и остывание) при температуре изотермического прогрева 85-90⁰С (методики ГОСТ 310.1-76...310.3-76, 310.4-81).

Изготовлению вяжущих предшествовала соответствующая подготовка сырьевых материалов: предварительное измельчение извести и гипсового камня в щековой дробилке и предварительный помол портландцементного клинкера и обожжённого сланца в шаровой мельнице. Дисперсность полученной после одновременного помола крупки портландцементного клинкера соответствовала удельной поверхности около 2500 см.²/г, обожжённого сланца – 4500-5000 м²/г, что подтверждает высокую тонкость помола.

Приготовление вяжущих осуществлялось в лабораторной мельнице совместным помолом компонентов. Продолжительность помола вяжущих корректировалось с учётом интенсифицирующего воздействия добавки С-3 и повышенной способности тонкости помола обожжённого сланца и извести.

Испытания проводились с использованием алитового клинкера среднего минералогического состава, гипсового камня (двуводный сульфат кальция), полуводного (строительного) гипса и извести.

Данные по вещественному составу вяжущих, значения их удельной поверхности и показатели плотности приведены в таблице 4.

Полученные результаты показывают, что наименьшими показателями плотности характеризуется известковое вяжущее, что соответствует более низкой плотности его компонентов – извести и сланца.

Результаты определения стандартных характеристик полученных вяжущих приведены в таблице 5. Они свидетельствуют о более высокой водопотребности вяжущих, содержащих обожжённый сланец, нормальная густота которых (28.5-36%) существенно превышает водопотребность контрольного портландцемента (24.3%).

Таблица 4.

Вещественный состав, параметры получения и плотность вяжущих на основе обожжённого сланца (700-800°C).

Вид вяжущего	Состав вяжущего (содержание компонентов), масс. %						S _{уд.} см ² /г	Насыпная плотность, кг/м ³	Плотность, г/см ³
	клинкер	Гипс двухводный	Известь	Гипс полуводный-	Обложенный сланец	С-3			
Портландцемент (контроль)	100.0	5.0	-	-	-	-	2450	1030	3.06
ППЦ-50	50.0	2.5	-	-	50.0	-	7660	906	2.83
ВНВ-50	50.0	2.5	-	-	50.0	1.0	8450	940	2.86
Известковое (бесклинкерное) вяжущее	-	-	25.0	5.0	75.0	2.0	9980	810	2.58

Таблица 5

Характеристики вяжущих на основе обожжённого (700-800°C) глинистого сланца при испытании по ГОСТ 311-76 ...ГОСТ 310.3-76, ГОСТ 310.4-81

Вид вяжущего	S _{уд.} см ² /г	Нормальная пус- тога, %	Сроки схватывания, ч-мин.		В/Ц раствора	Расплав конуса мм	R, МПа (изгиб./сжатие) в воздухе 1 сут	
			начало	конец			Норм тверд.	ТВО
Портландцемент (контроль)	2450	24.3	4-45	7-20	0.40	105	2.4/6.7	5.1/26.5
ППЦ-50	7660	36.0	2-35	3-15	0.49	105	-/6.8	5.5/22.6
ВНВ-50	8450	28.5	2-20	2-55	0.41	110	1.7/89	6.4/34.5
Известковое (бес- клин- керное) вяжущее	9980	33.0	2-45	5-05	0.45	107	-/1.8	5.0/19.7
Портландцемент (справочные дан- ные и нормативные требования)	Не нормируется обычно 2500-3000	Не нормируется обычно 22-31	Не ранее 45 мин. (ГОСТ 10178)	Не позднее 10 час (ГОСТ 0178)	0.4 (ГОСТ 310.4-85)	106-115 (ГОСТ 310.4-85)	Не нормируется	21МПа (ШПЦ МЗ) 27МПа (ПЦМ400) 32МПа (ПЦ М500)*

Наибольшей водопотребностью отличается вяжущее ППЦ-50 (36%), несколько меньшей (33%)- известковое вяжущее. Наименьшее значение нормальной густоты (28.5%) характерно для ВНВ-50. Оно же отличается наиболее сокращёнными сроками схватывания, причём уско-

ренное структурообразование теста на ВНВ-50 является косвенным показателем интенсивности твердения вяжущего. Наиболее длительными сроками схватывания обладает бесклинкерное известковое вяжущее, структурообразование которого на ранней стадии в значительной степени определяется гидратацией полуводного гипса, количество которого сравнительно невелико.

Водопотребность растворов нормальной консистенции в целом соответствует водопотребности теста на различных вяжущих. В то же время следует отметить практически равную потребность растворов на портландцементе и ВНВ-50 несмотря на несколько повышенную нормальную плотность последнего, что связано с особенностями реологических свойств бетонных и растворных смесей на основе вяжущих низкой водопотребности, а именно, их повышенной способностью к тиксотропному разжижению в условиях механических воздействий.

В возрасте одних суток, как нормального твердения, так и после ТВО, наибольшими прочностными характеристиками отличаются растворы на ВНВ-50. При нормальном твердении их прочность при сжатии составила 8.9 МПа после тепловлажностной обработки – 34.5 МПа, что на 33 и 30% выше соответствующих их значений прочности контрольных образцов на портландцементе. Прочность при сжатии образцов нормального твердения на ППЦ-50 практически не отличается от прочности контрольных образцов, а при использовании известкового вяжущего значения прочности почти в 4 раза ниже. При этом образцы нормального твердения как на ППЦ-50, так и на известковом вяжущем практически не имели прочности при изгибе.

В условиях тепловлажностной обработки гидратационные процессы в известковом вяжущем значительно интенсифицируются, а прочность составляет 19.7 МПа, уступая прочности контрольных образцов не более чем на 26%. Прочность пропаренных образцов на ППЦ – 50 была ниже контрольных на 15%.

Во всех случаях использования вяжущих на основе сланцев пропаренные образцы не имели признаков деструктивных изменений (трещин, вспучивания поверхности), что подтверждает выражаемые сроками схватывания данные об их достаточно интенсивном структурообразовании в первые часы после затворения.

Данные по свойствам вяжущих подтверждены результатами их испытаний в бетонах, таблица 6.

Таблица 6.

Составы и прочность бетонов на основе вяжущих с использованием обожжённого глинистого сланца.

Вяжущее	Состав бетон, кг/м ³				ОК, см	Плотность бетонной смеси, кг/м ³	В возрасте 1сут. После ТВО
	Вяжущее	песок	щебень	вода			
Портландцемент	353	750	1106	186	4.5	2395	22.5
ППЦ-50	355	724	1096	210	2.5	2385	14.8
ВНВ-50	355	745	1118	188	5.0	2406	25.6
Известковое вяжущее	354	723	1103	199	3.0	2380	13.3

Таким образом разработано бесклинкерное известково-пуццолановое вяжущее, а также малоклинкерные цементы в виде портландцемента марки 400-500 и вяжущего низкой водопо-

требности (ВНВ) получаемые за счет замещения более дорогой клинкерной части до 50% масс. значительно дешевыми минеральными добавками- низкообжиговыми сланцами.

Результаты исследований еще раз показывают перспективу производства малоклинкерных цементов, которая дает возможность радикального уменьшения удельных энергозатрат на тонну цемента за счет снижения содержания портландцементного клинкера с сохранением высоких строительно-технических свойств материалов (табл.).

Литература

1. Тотурбиев Б.Д. Природные цеолиты - эффективные минералы для изготовления строительных материалов // Региональная геология и нефтегазоносность Кавказа. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала. 2012. С 53-56.
2. Тотурбиев А.Б., Абдулаев М.А., Черкашин В.И., Тотурбиев Б.Д. Безобжиговый пенидиатомитовый теплоизоляционный материал на местном природном кремнистом сырье. //Промышленное и гражданское строительство. 2014. №3. С. 76-79.
3. Тотурбиев А.Б., Черкашин В.И., Тотурбиев Б.Д., Мацапулин В.У., Тотурбиева У.Д. Использование местного природного кремнистого сырья и отходов производства для получения теплоизоляционного пенобетона.//Вестник ДГТУ. №4. Том 39 Махачкала. 2016. С 136-144.
4. Бикбау М.Я. Нанотехнологии в производстве цемента.- М.: ОАО «Московский институт материаловедения и эффективных технологий», 2008. – 768 с.
5. Бикбау М.Я. Производство механохимически активированных цементов (вяжущих) низкой водопотребности // Цемент. – 2008. – №3. – С.80-87.
6. Бикбау М.Я., Высоцкий Д.В., Тихомиров И.В., Бетоны на наноцементах: свойства и перспективы // Строительные матер., оборуд. и технологии XXI века . Технология бетонов. – 2011. - №11-12. – С.20-24. 7. Бикбау М.Я. Сборный железобетон – технология будущего // ЖБИ и конструкции. - 2011, № 4. -С. 44–51.
7. Бикбау М.Я. Наноцемент – основа эффективной модернизации заводов сборного железобетона // ЖБИ и конструкции.– 2012. - №1. – С.38–42.
8. Бикбау М.Я. Малоклинкерные цементы. Энергосбережение и качество. – В сб.: «Цемент.Бетон. Сухие строительные смеси». Международное аналитическое обозрение Alitinform.– Санкт – Петербург: «Alitinform» – 2008. – № 3-4. -С. 21 – 27
9. Бикбау М.Я. Тонкое измельчение цемента с кремнеземистыми добавками – перспектива будущего // Современный цементный завод. Сб. докл. -Вып.2. – М.: 2006. –С.33 – 37.

УДК 666.974.2.

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКОЙ «ДС -35»
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СЕЛЬСКИХ ДОРОГ*Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Атемов М.С., Мамаев С.А.
Институт геологии ДНЦ РАН*

В статье приведен модификатор «ДС–35», разработанный с учетом применяемых в дорожном строительстве технологий и материалов, позволяющий получать прочные структурообразующие во времени основания, с повышенной и равномерной устойчивостью дорожного полотна в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: Модификатор «ДС–35»; глинистые грунты; укрепление грунтов; сельские дороги.

GROUND CONSOLIDATION WITH MODIFYING AGENT “DS-35” IN RURAL ROAD
BUILDING*Yusupov A.R., Cherkashin V.I., Atemov M.S., Mamaev S.A.
Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS*

In the paper is presented the modifying agent “DS-35” developed taking into consideration the technologies and materials used in road building allowing to obtain the strong in time structure forming foundations having increased uniform stability of road bed during the maintenance.

Keywords: Modifying agent “DS-35”, clay grounds, ground consolidation, rural roads.

В России проблемы с дорогами и качеством дорожного покрытия настолько очевидны, что уже не удивляют никого. И это касается не только городских дорог с интенсивным движением, но и сельских. Автомобильные дороги в сельских районах, являются важнейшей составной частью общей инфраструктуры агропромышленного комплекса, и их отсутствие или неудовлетворительное состояние приводят к значительным потерям сельскохозяйственной продукции. Кроме того, от состояния дорог в сельских районах зависит качество жизни на селе. Вместе с тем, внутрихозяйственные дороги, которые так необходимы сельскохозяйственным товаропроизводителям, находятся в состоянии полной разрухи. Перевозка сельхозпродукции на этих дорогах серьезно влияет на её себестоимость, качество и товарный вид. Практически не решаются социальные вопросы, что делает труд сельского работника не привлекательным, приводит к большому оттоку населения сёл в города. В связи с этим перспективным направлением в дорожном строительстве является совершенствование и внедрение технологий, основанных на методе стабилизации грунтов. Применение стабилизированных глинистых грунтов позволит получать композиционный материал для устройства основания дорожной одежды на автомобильных дорогах IV–V технической категории, исключив дорогостоящий щебень, отечественные и зарубежные стабилизаторы грунтов в последнее время широко внедряются в отдельных регионах России. В настоящее время классифицируют два класса стабилизаторов грунтов. Среди стабилизаторов первого класса можно выделить ионные закрепители грунта: Perma-Zyme, Roadbond, Gonsolid, RoadpakerPlus, T-RRP, RRP-235-Special, «Статус», «Статус-2», «Дорзин», «АНТ» и другие, ко второму классу относятся: «M₁₀₊₅₀», «Наностаб», «Nikoflok» и т.д.

Многолетний практический опыт применения стабилизаторов показывает [5], что не все стабилизаторы достаточно эффективны, в том числе многие из них токсичны, в основном предназначены для кислых грунтов, имеют высокую стоимость и большая их часть выпускается за рубежом и в разных регионах России. Подобные стабилизаторы в виду своей недостаточной водостойкости и прочности в водонасыщенном состоянии имеют ограниченное применение, а необходимое в этих случаях усложнение дорожной конструкции требует значительных затрат. В связи с этим возникает необходимость в увеличении водостойкости связных грунтов, обработанных стабилизатором в регионах России схожих с Республикой Дагестан. Из-за необходимости

дальнейшего совершенствования технологии работ, повышения качества и долговечности сельских автомобильных дорог, авторами был использован модификатор «ДС-35».

Модификатор «ДС-35» представляет собой водную дисперсию винилацетат акрилового сополимера с низковязкой средой без содержания растворителей и пластификаторов, полученный путем полимеризации мономеров в жидкой фазе с определенной рецептурой. Физико-химические характеристики данного модификатора представлены в табл. №1.

Таблица №1

Физические и химические характеристики модификатора «ДС-35»	
Внешний вид	Молочно-белая жидкость
Массовая доля сухого вещества, %	47
pH	10,7
Цвет	Белый/кремовый цвет
Размер частиц, мкм	0,04-0,1
Плотность, г/см ³	1,04
Молекулярный вес	смесь
Точка кипения	100 ⁰ С
Точка плавления/область	Приблизительно 0 ⁰ С
Растворимость в воде	Смешивается
Вязкость при 25 ⁰ С, мПа·с	1,200-2.000 мПа·с
Минимальная температура пленкообразования, ⁰ С	-5 ⁰ С
Химическая стабильность	Продукт химически стабилен.

С введением модификатора «ДС-35» в глинистый грунт в оптимальном соотношении подобраный путем подбора состава смесей совместно с гидравлическим вяжущим. Сополимерный модификатор, вступая в реакцию с химически связанной водой в глинообразующих минералах, образует химически стойкие и прочные соединения, придающие грунту более высокую плотность, с образованием первично структурного каркаса из двойных солей и гидратов и гидроксисолей, с возрастанием гидросиликатами кальция, и в конечном итоге создавая камнеподобный материал очень высокой прочности, и очень низкой водопоглощающей способности. Для более подробного изучения влияния модификатора «ДС-35» на свойства глинистых грунтов, были взяты пробы с дорожного полотна IV категории автодороги расположенной в Ногайском районе Республики Дагестан. В лабораторных условиях с целью применения грунтов к укреплению, проведен подробный анализ физико-химических и физико-механических свойств глинистых грунтов представленный в табл. № 2

Таблица №2

Физико-химические и физико-механические свойства глинистых пород

Наименование характеристик		Количество проб. №			
		1	2	3	4
Плотность Грунта, г/см ³	Влажного, P	1,59	1,87	1,83	1,76
	Сухого, P _d	1,32	1,59	1,40	1,58
	Частиц, s	2,67	2,75	2,80	2,69
Максимальная плотность сухого грунта, P _{dmax} , г/см ³		1,71	1,70	1,54	1,88
Оптимальная влажность, W _{опт} , %		15,72	20,31	27,40	13,88
Коэффициент пористости, E		1,02	0,72	1	0,7
Пористость, n		0,5	0,42	0,5	0,41
Коэффициент водонасыщения, S _r		0,53	0,67	0,84	0,43

Природная влажность грунта, We	20,32	17,58	30,25	11,32
Влажность, %	На границе текучести, WL	23,66	31,56	45,79
	На границе раскатывания, Wp	19,91	18,67	24,24
Число пластичности, Ip	3,75	12,89	21,55	12,01
Показатель текучести, I _t	0,11	-0,08	0,27	-0,09
Содержание песчаных частиц(2-0,05мм), Масс, %	45,54	12,00	0,76	38,8
рН водной вытяжки	6,9	7,0	7,0	7,1
Содержание гумуса в 100грамм грунта	0,68	0,68	0,73	0,99
Наименование по ГОСТ 25100-2011	Супесь пылеватая	Суглинок Тяжелый пылеватый	Глина легкая пылеватая	Суглинок легкий пылеватый

Из результатов экспериментальных исследований выше сказанных грунтов, разработаны составы путем подбора смесей, где в качестве оптимального расхода (концентрации) модификатора «ДС-35» составило от 0,42-0,49% от массы грунта, испытания которых проходило из оптимального расхода по наибольшей плотности сухого грунта при стандартном уплотнении согласно ГОСТ 22733-2002[8]. В качестве гидравлического вяжущего результаты испытаний показали, что оптимальное количество цемента колеблется от 4-8%, от массы грунта. После чего в лабораторных условиях формовались цилиндрические образцы подготовленных путем подбора составов смесей в формах, с диаметром и высотой 50,5мм, методом прессования под нагрузкой 15МПа в течение 3 минут, далее образцы извлекались, хранились и в условиях естественной влажности при 20-25⁰С, необходимого до испытания времени. Испытания, проведенные на физико-механические свойства модификатором «ДС-35» в возрасте 7, 14, 28 суток, представлены в табл.№3

Таблица№3

Физико-механические свойства образцов укрепленных модификатором «ДС – 35»

Наименование характеристик	Сроки твердения, сут.		
	7	14	28
Компоненты в смеси: супесь пылеватая, портландцемент, «ДС – 35», вода.			
Предел прочности при сжатии, МПа	6,31	7,67	8,92
Предел прочности на растяжении при изгибе, МПа	1,1	1,55	1,66
Капиллярное водонасыщение, W %	1,57	1,21	1,08
Марка по прочности на сжатие	M60	M75	M75
Марка по прочности на растяжение при изгибе	M60	M75	M75
Компоненты в смеси: суглинок тяжелый пылеватый, портландцемент, «ДС – 35», вода			
Предел прочности при сжатии, МПа	10,08	11,22	12,04
Предел прочности на растяжении при изгибе, МПа	2,06	2,33	2,14
Капиллярное водонасыщение, W %	0,20	0,1	0,07
Марка по прочности на сжатие	M100	M100	M100
Марка по прочности на растяжение при изгибе	M100	M100	M100
Компоненты в смеси: глина легкая пылеватый, портландцемент, «ДС – 35», вода			
Предел прочности при сжатии, МПа	12,06	12,58	13,24
Предел прочности на растяжении при изгибе, МПа	2,31	2,06	2,34
Капиллярное водонасыщение, W %	0,12	0,09	0,05
Марка по прочности на сжатие	M100	M100	M100
Марка по прочности на растяжение при изгибе	M100	M100	M100

Анализ на примере приведенного в таблице показывает, что образцы из исследуемого грунта супеси пылеватой, укрепленной 4% цемента и 0,49% модификатора «ДС-35» в 7-ми суточном возрасте, согласно ГОСТ 23558-94 [3] соответствуют марке по прочности на сжатие М60, в 14-ти и 28-ом суточном возрасте соответствуют марке М75. Следовательно, в соответствии с полученными физико-механическими характеристиками, модификатор «ДС-35», может быть применен в качестве основного или дополнительного слоя основания при введении в смесь 4 - 8% цемента, и модификатора «ДС- 35» в количестве 0,42 – 0,49% от массы смеси.

Таким образом, в рамках реализации программы и с целью минимизации материальных затрат целесообразно использовать модификатор «ДС–35» в качестве слоя основания на автомобильных дорогах IV – V технических категорий, что позволяет получить прочностные показатели для исследуемых глинистых грунтов, соответствующие маркам по прочности М60-М100.

Литература

1. Фурсов С.Г. Строительство конструктивных слоев дорожных из грунтов, укрепленных вяжущими материалами // Автомобильные дороги и мосты. 2007. Вып. 3. С. 17 – 21.
2. СНиП 2.05.02 – 85 Автомобильные дороги \ Гострой. – М.: ЦИТП Гостроя СССР, 1986 – 56с.
3. ГОСТ 23558 – 94 Смеси щебеночно–гравийно–песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства// Гострой. – М.: ЦИТП Гостроя России, 1995 – 14с.
4. СТО 60929601.003 – 2012 «Грунты, укрепленные стабилизатором «АНТ», для автодорожного строительства.
5. Ольховиков В.М. Надежный грунт// Строительная техника и технологии, 2008, № 7. – С. 93-94.
6. Химическая стабилизация грунтов / Марков Л.А., Огнева Н.Е., Парфенов А.П., Петрашев А.П., Подпилская В.П., Пугачев Б.В., Черкасов И.И. и др.- М., 1960.
7. Некоторые виды применения эмульсий. Коллоиды и поверхности / М. Чэппат Часть А: Физико-химические и инженерные аспекты, 91, 1994 год, стр. 57-77
8. ГОСТ 22733-77. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. – Введ. 01.07.78 – М.: Изд-во стандартов, 1978.

УДК 550.34

ДЛИННОБАЗОВАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Таймазов Д.Г.^{1,2}¹Единая геофизическая служба РАН, ²Институт геологии ДНЦ РАН

Описывается длиннбазовая деформационная станция, базирующаяся на аппаратных разработках авторов. Показано, что она по основным параметрам – помехозащищенности, точности измерений, долговременной стабильности характеристик, экономичности – намного превосходит известные штольневые деформационные станции.

Ключевые слова: экстензометр, гидронивелир, деформационная станция, метеофакторы, геодезический репер.

LONG-BASE DEFORMATION STATION FOR SEISMOPROGNOSTIC OBSERVATIONS D.G. Taimazov^{1,2}

¹Unified Geophysical Service of RAS, ²Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS

A long-base deformation station based on the author's hardware development is described. It is shown that it is based on the main parameters - noise immunity, accuracy of measurements, long-time stability of characteristics, economy - far exceeds the known tunnel strain stations.

Keywords: extensometer, hydraulic leveler, deformation station, meteofactors, geodetic reference.

Введение

Известные деформационные станции (ДС) штольневого типа имеют ряд недостатков, которые препятствуют их широкому использованию в практике сейсмопрогностических наблюдений. Основным из них относятся дороговизна ДС, обусловленная необходимостью прохождения штолен для пассивной защиты используемых приборов (экстензометров, и гидронивелиров) от метеофакторов (атмосферное давление, влажность, осадки, температура), высокий уровень остаточных помех, связанный с принципиальной невозможностью полной изоляции штолен, и искажения измеряемых параметров самой штольней (эффект полости). Цель настоящей работы – показать возможность создания на базе разработанных автором проволочного экстензометра (ПЭ), гидростатического нивелира (ГН) и глубинного геодезического репера (ГГР), которые будут описаны ниже, длиннбазовой деформационной станции (ДДС), свободной от упомянутых недостатков.

Проволочный экстензометр

Существенный вклад в приведенный перечень недостатков известных ДС вносят используемые в них повсеместно штанговые экстензометры: на результаты измерений влияют линейные деформации и изгибы штанги, вызванные колебаниями температуры, атмосферного давления, а также сил, препятствующих движению свободного конца штанги (роликовые опоры или качели). Более просты в установке, портативны и дешевы, по сравнению со штанговыми, проволочные экстензометры [1]. В них проволока, один конец которой закреплен на постаменте, находится под постоянным натяжением, созданным грузом, перекинутым через блок на другом постаменте. Регистрирующее устройство измеряет перемещение

нагруженного конца проволоки в результате деформации наблюдаемого объекта. Однако, точность измерения долговременных деформаций ограничена в ПЭ крипом проволоки и температурными изменениями ее длины. Эти ограничения устранены в предложенном нами варианте ПЭ [2,3], состоящем из двух идентичных измерительных систем с инварной и графитовой проволоками. Функциональная схема одной из них показана на рис. 1.

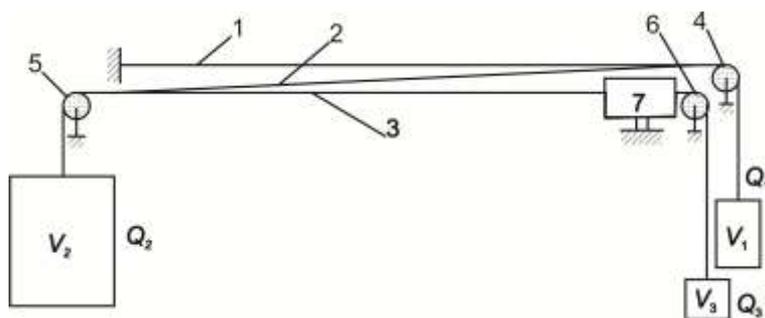


Рис. 1. Функциональная схема ПЭ

Между двумя постаментами (не показаны) параллельно натянуты три идентичные проволоки 1, 2 и 3, например инварные. Смежные концы проволок, соответственно 1-2 и 2-3 скреплены между собой, а свободные концы проволок вместе с прикрепленными к ним грузами Q_1 , Q_2 , Q_3 перекинута через блоки 4, 5 и 6. Проволока 3 проходит через емкостный преобразователь (ЕП) [4] ее продольных перемещений 7. Грузы подобраны так, чтобы натяжение проволоки 2 было равно сумме натяжений проволок 1 и 3. Это можно достичь, например, при $Q_1 = 3$ кг, $Q_2 = 3$ кг и $Q_3 = 1$ кг. Как нетрудно убедиться, при этом натяжения проволок 1 и 3 будут равны 1 кг, а натяжение проволоки 2 – 2 кг. Поскольку скорость крипа проволоки пропорциональна ее удельному натяжению, то суммарное удлинение проволок 1 и 3 за счет крипа будет равно противоположному удлинению проволоки 2, и расстояние L_0 между закрепленным концом проволоки 1 и индексом на проволоке 3, находящимся в регистрирующем устройстве (эталон), остаётся неизменным. Условие постоянства L_0 выражается уравнением [3]

$$Q_1 - 2Q_2 + 3Q_3 = 0. \quad (1)$$

При этом погрешность компенсации крипа проволоки составит в относительных деформациях $2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-10}$ в год и при необходимости может быть учтена аналитически. Здесь 10^{-6} – годовая погрешность известных проволочных экстензометров, обусловленная крипом [1]. Расчеты показывают, что учет веса проволоки не вносит в него значимых изменений, но вариации атмосферного давления ΔP следует учитывать. Например, при увеличении атмосферного давления проволоки 1,2,3, как и все тела, подвергаются дополнительному всестороннему сжатию. Это приведет к укорочению эталона. При уменьшении атмосферного давления все происходит наоборот. В предлагаемом ПЭ объемы грузов V_1 , V_2 и V_3 подобраны так, чтобы эти изменения компенсировались противоположными деформациями L_0 , вызванными барическими изменениями действующих на грузы архимедовых сил. Как показывают несложные выкладки, условием независимости L_0 от ΔP является соотношение

$$2V_2 - V_1 - 3V_3 = \frac{P_0 \cdot s}{\rho_0 \cdot g} \cdot (1 - 2\nu), \quad (2)$$

где P_0 и ρ_0 – нормальные значения атмосферного давления и плотности воздуха в месте установки экстензометра, s – площадь сечения проволоки, g – ускорение силы тяжести, ν – коэффициент Пуассона ($1 - 2\nu = E/3k$), E – модуль упругости проволоки. Соотношение (2) можно удовлетворить увеличив V_2 при неизменных V_1 и V_3 . Для этого достаточно выполнить груз Q_2 в виде герметичного полого сосуда, вес и объем которого удовлетворяют соотношения (1) и (2). Для инварной проволоки ($\nu \approx 0,25$) с сечением 1 мм^2 соотношение (2) дает объемы грузов $V_1 \cong 390 \text{ см}^3$, $V_2 \cong 2300 \text{ см}^3$, $V_3 \cong 130 \text{ см}^3$ (грузы V_1 и V_3 изготовлены из железа).

Поскольку измеряемые ЕП перемещения l могут быть вызваны как изменением текущей базы экстензометра L в результате деформации пород, так и температурными изменениями длин проволок, то для исключения последних на тех же постаментах параллельно устанавливается вторая измерительная система с проволокой из другого материала, например графита, которая устроена и работает аналогично (не показана). Искомая деформация базы ПЭ ε определяется по рабочей формуле экстензометра [3]

$$\varepsilon = \frac{\alpha_2 \cdot l_1 - \alpha_1 \cdot l_2}{L_0 \cdot (\alpha_2 - \alpha_1)}, \quad (3)$$

где α_1 и α_2 – продольные коэффициенты теплового расширения проволок, l_1 и l_2 – отсчеты по ЕП. Таким образом, все источники погрешностей в предложенном ПЭ могут быть компенсированы или учтены аналитически, что в штанговых экстензометрах невозможно в принципе. Это обстоятельство позволяет размещать ПЭ в неглубоких траншеях, что многократно уменьшает затраты на их установку и эксплуатацию, и позволяет существенно увеличить базу экстензометра.

Гидростатический нивелир

Основными источниками ошибок стационарных ГН являются градиенты температуры вдоль трассы нивелирования, колебания интегральной температуры всей измерительной системы, локальные изменения температуры гидростатических сосудов (ГС), перепады атмосферного давления между

смежными наблюдательными станциями, движение рабочей жидкости в гидростатической системе, наклоны ГС и погрешность индикации уровней в ГС [5]. В предлагаемом нами ГН [6,7] (рис.2) ошибки, обусловленные этими факторами, сведены к минимуму. Он представляет собой замкнутую герметизированную систему, состоящую из двух цилиндрических ГС 1, 2 и двух эластичных трубок 3, 4, соединяющих соответственно нижние и верхние части ГС. Нижняя трубка 3 и нижние части ГС заполнены тяжелой жидкостью, а верхняя трубка 4 и верхние части ГС – более легкой непроводящей жидкостью, не смешивающейся с тяжелой.

Для индикации уровней жидкостей на границах их раздела в ГС размещены поплавки 5 и 6 в виде соосных последним широких тонкостенных колец из диэлектрика, разделенных жесткими горизонтальными перегородками 7 и 8, расположенными ближе к нижним кромкам колец, на верхние и нижние отсеки. Верхние отсеки заполнены легкой неэлектропроводящей жидкостью, а нижние отсеки частично заполнены легкой жидкостью, частично – тяжелой. Такая конструкция поплавков позволяет компенсировать температурные изменения действующих на них архимедовых сил.

Для устранения влияния колебаний локальных температур ГС нижняя 3 и верхняя 4 соединительные трубки обеих ГС скреплены между собой на уровне границ раздела жидкостей, а для предотвращения

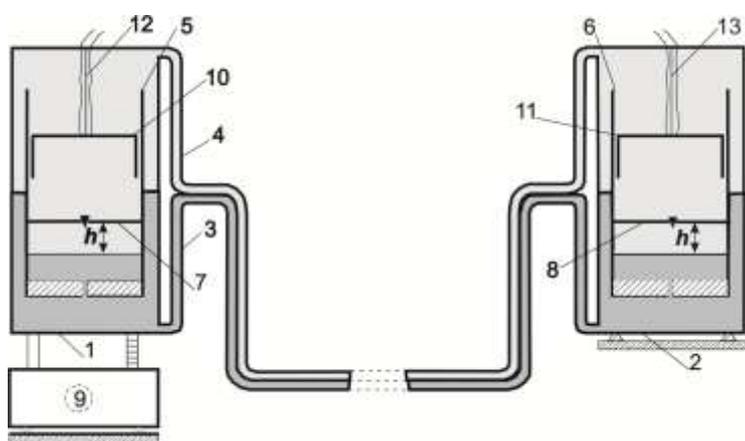


Рис.2. Вертикальный разрез ГН

движения жидкостей в трубках положения этих границ автоматически поддерживаются на фиксированных метках за счет вертикальных перемещений одного из ГС с помощью исполнительного механизма 9, управляемого широкодиапазонным емкостным преобразователем вертикальных перемещений поплавков [4]. Роторные обкладки преобразователя нанесены в виде множества узких горизонтальных проводящих колец с промежутками на внутренние боковые поверхности поплавков 5, 6, а аналогичные статорные обкладки – на внешние боковые поверхности коаксиальных поплавков колец 10, 11 из диэлектрика, подвешенных к корпусам ГС на гибких тягах 12, 13. Такая подвеска обеспечивает независимость показаний преобразователя от малых наклонов. Для обеспечения компенсации влияния градиентов температуры вдоль трассы нивелирования жидкости подобраны так, чтобы выполнялось соотношение

$$\rho_1 \cdot \beta_1 = \rho_2 \cdot \beta_2, \quad (4)$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотности соответственно тяжелой и легкой жидкостей, β_1 и β_2 – их коэффициенты объемного расширения. Оно следует из условия равенства температурных приращений давлений столбиков жидкости в трубках 3 и 4, между которыми на трассе нивелирования обеспечивается надежный тепловой контакт. Компенсация изменений архимедовых сил, действующих на стенки поплавка при изменениях локальной температуры ГС происходит за счет противонаправленных изменений архимедовых сил, действующих на легкую жидкость, изолированную в нижнем отсеке с помощью перегородок 7 и 8. В результате положение поплавка относительно границы раздела жидкостей остается неизменным.

Таким образом, можно резюмировать, что в предлагаемом ГН практически устранены влияния градиентов температуры по трассе нивелирования (за счет подбора параметров жидкостей), колебаний интегральной температуры измерительной системы и перепадов атмосферного давления между станциями (за счет герметичности системы и отсутствия в ней свободных объемов), локальных изменений температуры ГС и их наклонов (за счет специального расположения соединительных трубок вблизи ГС, подвешивания статорных обкладок корпусу и наличию системы термокомпенсации поплавка), гидродинамических помех (за счет автоматической установки уровней) и погрешностей индикации уровней (за счет использования прецизионного широкодиапазонного емкостного преобразователя перемещений). Показанная помехозащищенность как ГН, так и ПЭ и позволяет использовать их для создания ДДС, которая будет описана ниже.

ДЛИННОБАЗОВАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ

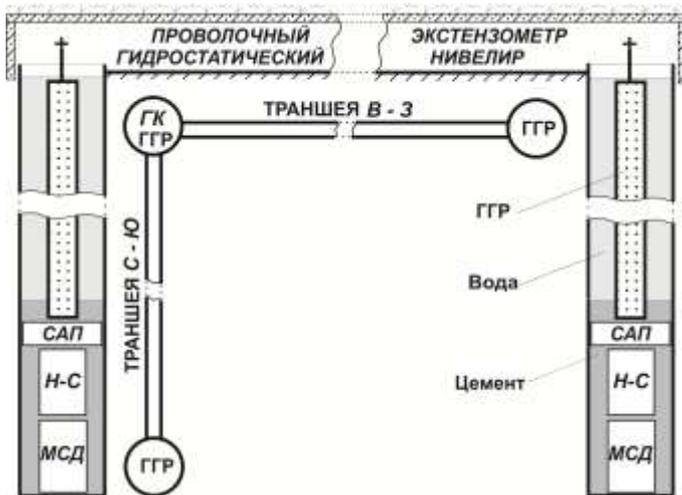


Рис.3. ДДС в вертикальном разрезе и в плане: ГК – гравиметрический комплекс; ГГР – глубинный геодезический репер; САП – сейсмоакустический приемник; Н-С – наклономер-сейсмограф; МСД – многокомпонентный скважинный деформограф.

ется лабораторное помещение станции, где устанавливается гравиметрический комплекс (ГК), включающий газожидкостный гравиметр [14], вертикальный гравитационный градиентометр [15] и гравитационный вариометр [16], а также телеметрическая аппаратура.

По предварительным оценкам ДДС в десятки раз дешевле ДС штольневой типа, что делает реальным создание в сейсмоопасных районах сети ДДС с интервалами порядка 15-30 км. Это существенно расширит круг контролируемых параметров земной коры, в число которых войдут: 1) длиннобазовые (100 м и более) линейные деформации по трем ортогональным координатам (ПЭ); 2) среднемасштабные наклоны земной коры в двух ортогональных азимутах (ГН); 3) крупномасштабные горизонтальные движения земной коры (по геодезическим измерениям с использованием глубинных реперов и спутниковых систем позиционирования GPS – ГЛОНАСС); 4) вертикальные движения земной коры (по гравиметрическим наблюдениям и по GPS – ГЛОНАСС); 5) локальные объемные деформации пород (МСД); 6) локальные линейные деформации по двум горизонтальным координатам (МСД); 7) локальные сдвиговые деформации в трех ортогональных плоскостях (МСД); 8) локальные наклоны по двум ортогональным азимутам (Н-С); 9) сейсмоакселерограммы по трем координатам в динамическом диапазоне 100 децибел (Н-С); 10) неприливные изменения силы тяжести (ГК); 11) амплитуды и фазы приливных гармоник во временных изменениях деформаций, наклонов и силы тяжести; 12) сейсмоакустический шум в полосе частот 1÷1000 Гц. Становится возможным регулярное разномасштабное картирование всех перечисленных параметров, что означает качественно новый уровень контроля за динамикой земной коры. В частности, становится возможной реализация предложенных нами в [17-20] методов прогнозирования землетрясений по площадным наблюдениям геофизических полей.

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что предложенная длиннобазовая деформационная станция (ДДС) по основным параметрам – помехозащищенности, точности измерений, долговременной стабильности характеристик, экономичности – намного превосходит известные штольневые деформационные станции.

Предлагаемая ДДС [8] (рис.3) представляет собой проложенные в направлениях С-Ю и В-З две субгоризонтальные пересекающиеся траншеи с перекрытием длиной порядка 50-200 м и сечением около $3 \times 1 \text{ м}^2$, в которых установлены ПЭ и ГН. На пересечениях траншей пробурены три субвертикальные скважины глубиной 100-200 м (до компетентных пород), в которых устанавливаются глубинные геодезические реперы (ГГР) [9], верхние концы которых выводятся в траншею к экстензометрам и гидронивелирам. ГГР практически устраняют свойственное ДС штольневой типа влияние метеофакторов на базы и постаменты приборов. Для повышения информативности в скважины установлены также многокомпонентный скважинный деформограф (МСД) [10], наклономер-сейсмограф (Н-С) [11] и сейсмоакустический приемник [12,13]. Один из ГГР выводится на дневную поверхность для геодезических измерений, в том числе и с использованием спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС. На пересечении траншей располага-

Литература

1. Латынина Л.А., Кармалеева Р.М. Деформографические измерения. М.: Наука, 1978. 154 с.
2. Таймазов Д.Г. Проволочный экстензометр: патент РФ № 2282138. БИ № 23, 2006.
3. Таймазов Д.Г. Прецизионный проволочный экстензометр для сейсмопрогностических наблюдений. Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. № 3. С. 55-58. (Taimazov D.G. Precision wire extensometer for seismoprognotic observations // Seismic Instruments. 2008. V. 44. No 3, P. 55-58.)
4. Таймазов Д.Г. Широкодиапазонный емкостный преобразователь перемещений для прецизионных приборов и систем позиционирования // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. № 3. С. 48-54. (Taimazov D.G. Wide_range displacement capacitance transducer for precision instruments and positioning systems // Seismic Instruments. 2008. V. 44. No 3. P. 48-54.)
5. Васютинский И.Ю. Гидростатическое нивелирование. М.: Недра, 1976. 167с.
6. Таймазов Д.Г. Гидростатический нивелир: патент РФ № 2282144. БИ № 23, 2006.
7. Таймазов Д.Г. Трехжидкостный гидростатический нивелир. Сейсмические приборы. 2009. Т. 45. № 2. С. 42-45. (Taimazov D.G. Three-fluid hydrostatic level // Seismic Instruments. 2009. V. 45. P. 42-45.)
8. Таймазов Д.Г. О возможности создания многокомпонентной деформационной станции траншейного типа для сейсмопрогностических наблюдений // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46. № 1. С. 42-49. (Taimazov D.G. About an opportunity of creation multicomponent deformometric station of trench-type for seismoprognotic observations // Seismic Instruments. 2010. V. 46, No. 1, p. 42-49.)
9. Таймазов Д.Г. Глубинный геодезический репер: патент РФ № 2282145. БИ № 23, 2006.
10. Таймазов Д.Г. Многокомпонентный скважинный деформограф // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2006. № 26. С. 9-16.
11. Таймазов Д.Г. Двухкоординатный струнный наклономер // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46. № 4. С. 52-56. (Taimazov D.G. Two-coordinate string tiltmeter // Seismic Instruments. 2010. V. 46, No 4. P. 52-56.)
12. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоприемник // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 227-230.
13. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоакустический приемник. Заявка в Роспатент № 2016146872, 2016.
14. Таймазов Д.Г. О путях улучшения метрологических и эксплуатационных характеристик жидкостных гравиметров // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. № 4. С. 27-35. (Taimazov D.G. Ways to improve metrological and operational characteristics of liquid gravimeters // Seismic Instruments. 2008. V. 44. No 4. P. 27-35.)
15. Таймазов Д.Г. Струнный вертикальный гравитационный градиентометр // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. № 4. С. 36-42. (Taimazov D.G. Stringed vertical gravimetric gradient meter // Seismic Instruments. 2008. V. 44. P. 36-42.)
16. Таймазов Д.Г. Безмаятниковый гравитационный вариометр // Сейсмические приборы. 2009. Т. 45. № 3. С. 56-59. (Taimazov D.G. Nonpendular gravitational variometer // Seismic Instruments. 2009. V. 45, No 3. P. 56-59.)
17. Таймазов Д.Г. Некоторые тектонофизические и аппаратурно-методические проблемы прогноза землетрясений / Российская акад. наук, Дагестанский научный центр, Ин-т геологии, Махачкала, 2005. 175 с.
18. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А., Абакаров А.Д., Таймазов М.Д. О состоянии и перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 51. С. 36-42.
19. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Способ прогнозирования тектонических землетрясений. Заявка в Роспатент № 2016146897, 2016.
20. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. О возможности прогнозирования энергетических параметров, координат очага и времени ожидаемого землетрясения по площадным деформационным наблюдениям // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. № 64. С. 146-150.
21. Черкашин В.И., Дорофеев В.М., Крамынин П.И., Магомедов Р.А., Мамаев С.А., Никуев Р.Ю. Организация инженерно-сейсмометрической службы в Республике Дагестан Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 14. С. 25-37.

УДК 550.34

СКВАЖИННАЯ СИСТЕМА СЕЙСМОДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Таймазов Д.Г.^{1,2}, Таймазов М.Д.²¹Единая геофизическая служба РАН, ²Институт геологии ДНЦ РАН

Описывается скважинная система сейсмодеформационного мониторинга, включающая разработанные авторами наклономер-сейсмограф, многокомпонентный скважинный деформограф и широкополосный сейсмоакустический приемник. Показана возможность эффективного использования системы в геофизике и для технического контроля над крупными инженерными сооружениями.

Ключевые слова: наклономер-сейсмограф, скважинный деформограф, резонансный сейсмоакустический приемник, прогноз землетрясений, деформационная станция.

BOREHOLE SYSTEM OF SEISMODEFORMATION MONITORING OF THE GEODYNAMIC PROCESSES

Taimazov D.G.^{1,2}, Taimazov M.D.²¹Unified Geophysical Service of RAS, ²Geology Institute of DSC RAS

A borehole seismic-deformation monitoring system is described, including developed by the author tiltmeter-seismograph, a multicomponent borehole deformograph and a broadband seismoacoustic receiver. The possibility of effective use of the system in geophysics and for engineering control over large engineering structures is shown.

Keywords: tiltmeter-seismograph, borehole deformograph, resonant seismoacoustic receiver, earthquake prediction, deformation station.

Введение

Скважинные наблюдения наклонов и деформаций земной коры, несмотря на недостаточную представительность, связанную с малой базой приборов, имеют ряд неоспоримых преимуществ перед штольневыми наблюдениями: они менее подвержены метеорологическим помехам, существенно проще в реализации и менее ресурсоемки. При наблюдениях за тектоническими наклонами на первый план выступает требование долговременной стабильности нуля и цены деления приборов. Самые распространенные в практике наклономеры с горизонтальным маятником и фотоэлектрической регистрацией – Наклономеры Островского А.Е. [1] – не удовлетворяют большинству требований, предъявляемых к скважинным приборам, а наиболее близкий к предлагаемому – скважинный деформограф Сакса-Эвертсона [2] измеряет только объемные деформации пород, а линейные деформации по координатным осям остаются неизвестными. Это существенно ограничивает его информативность и затрудняет интерпретацию результатов наблюдений.

В настоящей работе описывается принципиально новая скважинная система сейсмодеформационного мониторинга (СССДМ), основанная на разработках авторов. Она включает в себя двухкоординатный струнный наклономер [3,4], одновременно выполняющий также функции трехкомпонентного сейсмоакселерометра, многокомпонентный скважинный деформограф [5,6]. В них в качестве преобразователя перемещений используется другая наша разработка – Емкостный преобразователь перемещений [7,8]. В СССРДМ включен также широкополосный резонансный сейсмоакустический приемник [9, 10], по которому в Роспатент в 2016 г. представлено две заявки на изобретения №№ 2016119719, 2016146872.

Двухкоординатный струнный наклономер

К недостаткам упомянутого наклономера [1] относятся сложность конструкции, трудоемкость измерений, недостаточная помехозащищенность чувствительной системы, ограниченные точность и диапазон измерений, малая информативность (измерения проводятся только в од-

ном азимуте) и нестабильность нуля, обусловленная нестабильностью упругих параметров пружины и затрудняющая выявление медленных тектонических наклонов земной коры.

В предлагаемом двухкоординатном струнном наклономере (ДСН) предусмотрены две чувствительные системы – струнная и емкостная, настроенные на разные, частично перекрывающиеся динамические диапазоны [3,4]. Струнная система рассчитана на регистрацию малых тектонических наклонов (режим ДСН), а емкостная – на регистрацию сейсмоакселерограмм (режим трехкоординатного сейсмоакселерометра – ТСА). Пробное тело выполнено в виде резервуара с ртутью. Для уменьшения требуемого количества ртути, в него конформно помещен без механического контакта с ним жесткий внутренний резервуар, прикрепленный к емкостной чувствительной системе. Гибкая осевая тяга, прикрепленная к верхнему концу осевого стержня, принимает на себя основную часть силы гидростатического давления ртути на внешний резервуар. Благодаря этому разгружаются тензопреобразователи и увеличивается относительное изменение их натяжения при наклонах и горизонтальных ускорениях, т.е. повышается чувствительность наклономера. Дополнительное увеличение чувствительности и точности достигается закреплением стержня горизонтальными растяжками, образующими точку опоры для коромысла, к длинному плечу которого прикреплен внешний резервуар, а к короткому плечу – тензопреобразователи, расположенные под острым углом к вертикальной оси наклономера. Для надежной защиты чувствительного элемента от сейсмических ударов и при транспортировке в ДСН предусмотрен арретир, состоящий из двух пар пьезоэлементов, между которыми зажато пробное тело. При приложении электрического напряжения к боковым граням пьезоэлементов последние укорачиваются, освобождая пробное тело (поперечный обратный пьезоэффект). После выполнения измерений напряжение выключается, и пробное тело вновь фиксируется между пьезоэлементами.

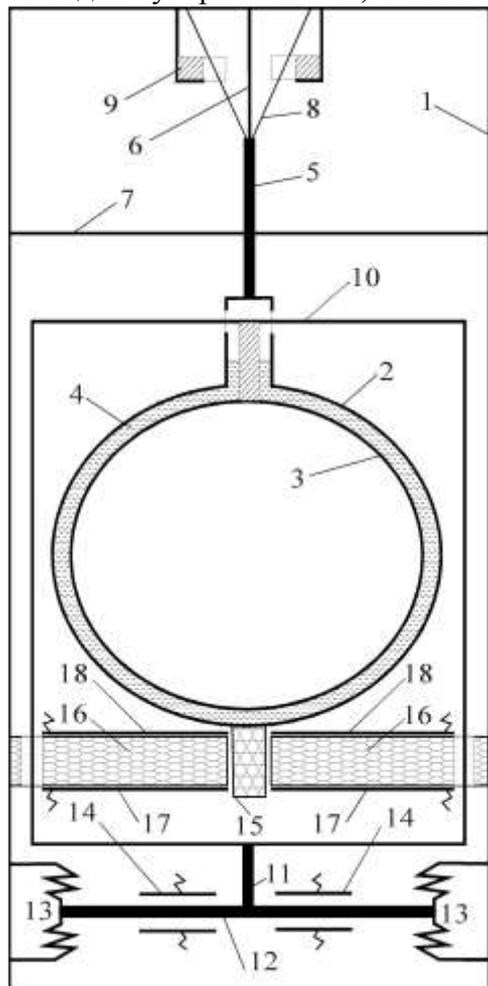


Рис. 1. Вертикальный разрез ДСН

На рис.1 изображен схематический разрез предлагаемого ДСН.

В вакуумированном корпусе 1 установлены два жестких конформных резервуара 2 и 3, зазор между которыми заполнен ртутью 4. Резервуар 2 через жестко прикрепленный к нему стержень 5 и гибкую тягу 6 соединен с верхним основанием корпуса. Стержень 5 зафиксирован на оси прибора двумя парами горизонтальных растяжек 7. К верхнему концу стержня прикреплены тензопреобразователи, выполненные в виде струн 8, проходящих между полюсами постоянных магнитов 9. Концы струн присоединены к измерителю частот их собственных колебаний (на рисунке не показан). Полый резервуар 3 через жесткую рамку 10, стержень 11, жесткий металлический диск 12 и двух пар жестких пружин 13, разнесенных по двум горизонтальным координатам, прикреплен к корпусу 1. По обе стороны от диска 12 установлены 4 пары обкладок 14, подключенных к дифференциальному емкостному преобразователю.

При изменении угла наклона корпуса на такую же величину по отношению к оси прибора изменяются и углы наклона силы гидростатического давления, действующей со стороны ртути 4 на резервуар 2, и выталкивающей силы, действующей на полый резервуар 3. В результате этого изменяются поперечные составляющие этих сил, которые через стержни 5 и 11 передаются соответственно

струнам 8, образующим дифференциальные частотные преобразователи, и диску 12, являющейся роторной обкладкой дифференциального емкостного датчика 14.

Для арретирования чувствительного элемента, к нижней части резервуара 2 приварена 4-хгранная металлическая призма 15, зажатая между двумя парами пьезоэлементов 16, на боковые грани которых наклеены разноименные электроды 17 и 18.

Суммарное изменение натяжения противоположащих струн 8 при наклоне корпуса на малый угол φ в плоскости их расположения можно описать выражением

$$\Delta f = \frac{L}{d \cdot \sin \omega} \cdot v \cdot \rho \cdot g \cdot \varphi, \quad (1)$$

где d и L – расстояния от точки крепления растяжек к стержню 5 соответственно до его верхнего конца и до геометрического центра сосудов 2 и 3, ω – угол между струнами и вертикальной осью прибора, V – объем сосуда 3, ρ – плотность ртути, g – нормальное значение ускорения силы тяжести. Соответствующее Δf изменение разностной частоты собственных колебаний этих струн составит

$$\Delta v = \frac{v \cdot \Delta f}{2f} = \frac{v \cdot L \cdot V \cdot \rho \cdot g \cdot \varphi}{2f \cdot d \cdot \sin \omega}, \quad (2)$$

где v – частота собственных колебаний струн 8 при номинальном натяжении f .

При $V = 1500 \text{ см}^3$, $L/d = 5$, $\rho = 13,6 \text{ г/см}^3$ (ртуть), $f = 100 \text{ Г}$, $\sin \omega = 0,1$ ($\omega \approx 6^\circ$) и достигнутой точности измерения $\Delta v/v \pm 10^{-7}$, расчетная погрешность измерения угла φ , вычисленная по формуле (14), составляет $\pm 4 \cdot 10^{-6}$ угл. сек., что соответствует горизонтальным ускорениям $\sim 2 \cdot 10^{-11} g$. Если ввести ограничение $\Delta f \leq 0,01f$, при котором можно пренебречь квадратичными членами в уравнении колебания струны, то диапазон измерений составит $\pm 0,4$ угл. сек. ($\sim 2 \cdot 10^{-6} g$), что соответствует динамическому диапазону регистрации наклонов в 100 дБ. В режиме ДСН, ввиду малой номинальной нагрузки на струны и дифференциального метода измерений их частот, влияние на результаты дрейфа нуля струнных преобразователей ничтожно мало. Так, если дрейф нуля преобразователя принять равным в относительных единицах 10^{-7} в сутки (как в струнных гравиметрах), то это приведет к дрейфу нуля наклономера менее $0",3$ в год. Эти параметры и определяют возможность использования ДСН в качестве датчика в описанном выше вариометре.

Вторая чувствительная система с емкостным преобразователем сильно загружена и предназначена для регистрации сейсмоакселерограмм в интервале амплитуд от $1 \cdot 10^{-6} g$ до $2g$, соответствующем динамическому диапазону 120 дБ. Таким образом, общий динамический диапазон наклономера – сейсмографа составит 220 дБ. При работе в режиме ТСА струнная чувствительная система арретирована: автоматическое снятие арретировки предусмотрено только на время регистрации наклонов. Это осуществляется путем подачи на электроды 17 и 18 постоянного напряжения такой величины и полярности, чтобы пьезоэлектрические стержни 16 укоротились и освободили пробное тело (резервуар 2). Жесткость пружин 13 подобрана так, чтобы смещения резервуара 3 при боковых ускорениях в $2g$ не превышали ~ 1 мм при зазоре между стенками резервуаров в 2 мм. В этом режиме, при измерении горизонтальных составляющих ускорений, в плечи дифференциального емкостного преобразователя включаются противоположащие в данном азимуте обкладки, находящиеся по одну сторону от пластины 12 (верхняя или нижняя пара), а при измерении вертикальной составляющей – любое число из 4-х пар противоположащих обкладок, расположенных по разные стороны от пластины 12. Возможные ограничения сверху рабочей полосы частот, обусловленные демпфированием колебаний рабочей жидкостью, могут быть выявлены только на этапе лабораторных исследований образца прибора.

Многокомпонентный скважинный деформограф

Известный скважинный деформограф Сакса-Эвертсона [2] с гидравлическим усилителем измеряемых деформаций определяет только объемные деформации вмещающих пород с погрешностью в относительных единицах порядка $\pm 10^{-10}$. В работах [5,6] нами было показано, что в предложенном многокомпонентном скважинном деформографе (МСД) уменьшив за счет отказа от гидравлического усиления расчетную точность измерений примерно на порядок, можно существенно (в несколько раз) увеличить число регистрируемых параметров и помехозащищенность прибора, расширив тем самым область его применения, и одновременно упростить его конструкцию. Далее кратко описываются устройство, принцип работы и расчетные характеристики МСД. На рис.2 показан его вертикальный разрез.

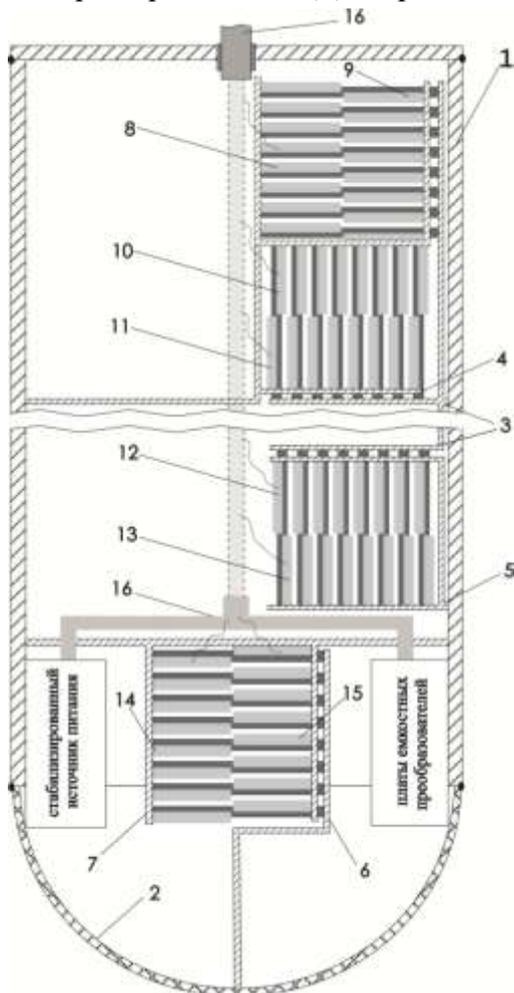


Рис. 2. вертикальный разрез МСД

В герметизированном цилиндрическом корпусе 1 из нержавеющей стали с разносом вдоль его оси перпендикулярно ей размещены три трехазимутальных измерителя деформаций (ТИД) с емкостными преобразователями перемещений (ЕПП) [7,8], расположенными под углом 120^0 друг к другу, а у дна корпуса, выполненного в виде выпуклой полусферы 2, установлен измеритель его осевых деформаций, также снабженный ЕПП. Роторные обкладки ЕПП всех трех ТИД в каждом азимуте нанесены на общую плоскую диэлектрическую подложку 3, прикрепленную к одной из точек внутренней боковой поверхности корпуса в его средней части. К диаметрально противоположной точке внутренней поверхности корпуса прикреплены подложки статорных обкладок ЕПП 4 первого и второго ТИД (считая от крышки корпуса). Статорные обкладки 5 ЕПП третьего ТИД закреплены в каждом азимуте на одной образующей с роторной обкладкой с разносом вдоль оси цилиндра, а в измерителе осевых деформаций роторная обкладка 6 прикреплена к середине полусферы 2, а статорная 7 – к боковой стенке цилиндра 1. На каждую роторную обкладку приходится по две статорные обкладки, расположенные по разные стороны от нее. Каждая из них состоит в свою очередь из двух изолированных пакетов 8-9, 10-11, 12-13 и 14-15 (на рис.2 показаны только ближние из них) электрически соединенных между собой, перпендикулярных измеряемым перемещениям узких полосок с теми же ширинами и промежутками, что и в роторной обкладке. Для удобства изложения, не показанные на рис.2 пакеты обозначим через 8'-9', 10'-11', 12'-13' и 14'-15'. Противлежащие друг другу пакеты 8-8', 9-9', 10-10', 11-11', 12-12', 13-13', 14-14' и 15-15' зеркально идентичны, т.е. не сдвинуты относительно друг друга, смежные пакеты сдвинуты в плоскости обкладки относительно друг друга в поперечном направлении (в направлении измеряемых перемещений) на ширину полоски, и обе вместе дополнительно сдвинуты относительно полосок роторной обкладки на половину ширины полоски. Таким образом, в исходном положении все полоски статорных обкладок перекрывают полоски роторных обкладок на половину их ширины.

Каждая пара статорных обкладок второго и третьего ТИД вместе с общей роторной обкладкой подсоединены к двум дифференциальным измерителям емкостей разного типа (не показаны), первый из которых является преобразователем с изменяемой площадью перекрытия обкладок, а второй – с изменяемым зазором между обкладками.

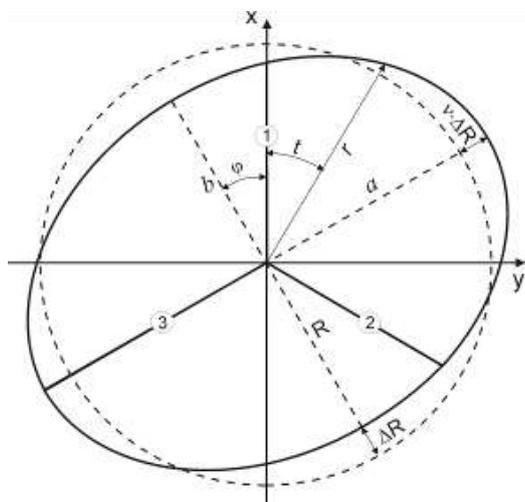


Рис. 3. Схема действия на МСД

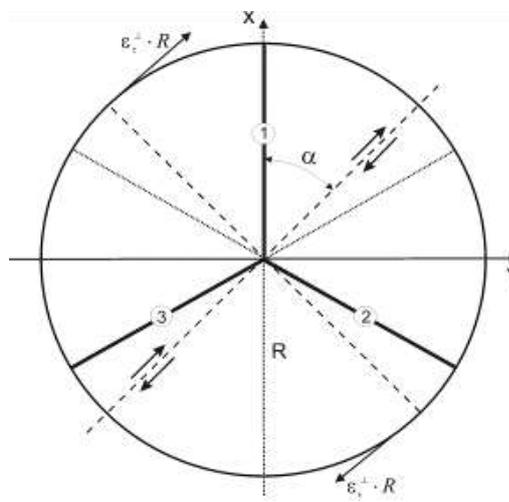


Рис. 4. Схема действия на МСД горизонтальных сдвиговых деформаций

К каждому плечу первого преобразователя подключены вместе одинаково сдвинутые противоположные пары пакетов статорных обкладок (10-10', 11-11', 12-12', 13-13'), а к каждому плечу второго – пары смежных пакетов 10-11, 12-13, 10'-11', 12'-13'. Каждый преобразователь (их всего 16) имеет отдельную плату в измерительном отсеке, подключенную к общему стабилизированному источнику питания. Подзарядка источника питания и передача цифровой выходной информации на наземную станцию осуществляется через кабель 16. МСД, как и известный аналог [2], зацементирован в объект исследования (в дно скважины, в тело плотины, в стену сооружения и т.п.) с помощью расширяющегося при застывании цемента.

МСД функционирует следующим образом.

При изменении линейных деформаций в трех координатах и/или сдвиговых деформаций в трех ортогональных плоскостях объекта наблюдения (земной коры или инженерного сооружения) боковые стенки стального цилиндра 1 и полусфера 2 деформируются, что приводит к соответствующим изменениям емкостей, образованных разными парами статорных обкладок с роторной обкладкой и измеряемых упомянутыми 16-ю дифференциальными преобразователями. Величина и знак изменений показаний ЕПП содержит информацию о величине, знаке, направлении и характере деформирующих сил. Зная ориентацию МСД в скважине и показания всех ЕПП можно решить обратную задачу – определить две горизонтальные и вертикальную линейные составляющие измеряемой деформации, объемную деформацию, сдвиговую деформацию в трех ортогональных плоскостях, а также деформацию кручения относительно оси цилиндра.

При измерении линейных деформаций дифференциальные ЕПП работают в режиме преобразователей с изменяемой площадью перекрытия обкладок (режим ИП), в котором вместе с роторной обкладкой задействованы пакеты соответственно 10-10', 11-11', 14-14' и 15-15' (пакеты 14' и 15' не показаны), параллельно соединенные между собой и включенные в противоположные плечи преобразователя. Благодаря этому поперечные перемещения роторных обкладок между этими парами статорных обкладок (пакетов) не приводят к изменению их суммарных емкостей, т.е. преобразователи регистрируют только продольные перемещения вдоль соответствующих азимутов. Для регистрации поперечных относительных перемещений в горизонтальной плоскости противоположных точек крепления роторных 3 и статорных 4 обкладок (Рис.

2), обусловливаемых сдвиговыми деформациями пород относительно вертикальной плоскости, в плечи ЕПП, работающего в режиме преобразователя с изменяемым зазором (режим ИЗ), включаются параллельно соединенные пакеты 10-11 и 10'-11'. Для регистрации радиальных относительных перемещений в вертикальной плоскости лежащих на одной образующей точек крепления роторных 3 и статорных 5 обкладок, обусловливаемых сдвиговыми деформациями пород относительно горизонтальной плоскости, в плечи ЕПП включаются параллельно соединенные пакеты 12-12' и 13-13' (в режиме ИП), или параллельно соединенные пакеты 12-13 и 12'-13' (в режиме ИЗ). Кроме того, включив в плечи преобразователя третьего ТИД в режиме ИЗ все три пары параллельно соединенных пакетов 12-13, с одной стороны, и 12'-13' – с другой, вместе с общей роторной обкладкой 3, можно регистрировать деформацию кручения относительно вертикальной оси МСД. Для измерения осевой составляющей сдвиговой деформации в данном азимуте, т.е. относительно плоскости, проходящей через ось цилиндра перпендикулярно азимуту, в плечи преобразователя в режиме ИП включаются параллельно соединенные пакеты 8-8' и 9-9' (пакеты 8' и 9' не показаны).

Величина ε_l и азимут простираения φ максимальных линейных деформаций определяются по соотношениям [6]

$$\varepsilon_l = \frac{2(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)}{3(1-\nu)}, \quad (3)$$

$$\sin 2\varphi = \frac{\sqrt{3}(\varepsilon_3 - \varepsilon_2)}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3} \cdot \frac{1-\nu}{1+\nu}, \quad (4)$$

$$\cos 2\varphi = \frac{2\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3} \cdot \frac{1-\nu}{1+\nu}, \quad (5)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – измеренные деформации по 3 азимутам, ν – коэффициент Пуассона для цилиндра, который может быть определен или при лабораторных исследованиях макета МСД или по анализу регистрируемых им в ходе эксплуатации приливных деформаций.

Для определения объемной деформации среды ε_v , в которую установлен МСД (массив горных пород, тело плотины и т.п.), необходимо еще знать величину относительной линейной деформации в направлении оси цилиндра $\varepsilon_z = \Delta z/R$, которая определяется измерителем осевых деформаций. Здесь Δz – измеряемые ЕПП осевые перемещения, R – радиус полусферы, совпадающий с радиусом цилиндрической части МСД (база измерителя деформаций). В нашем случае, когда поперечная жесткость боковых стенок цилиндра и продольная (вдоль оси) жесткость полусферы подобраны равными жесткости вмещающей среды, для измеряемых объемных деформаций среды, которые, как известно, не превышают 10^{-4} , справедливо соотношение

$$\varepsilon_v = \varepsilon_s + \varepsilon_z = -\frac{2}{3}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3) - \varepsilon_z. \quad (6)$$

(Линейные деформации сжатия приняты положительными).

Линейные деформации по координатным осям, очевидно, могут быть определены из соотношений $\varepsilon_x = \varepsilon_l \cdot \cos \varphi$ и $\varepsilon_y = \varepsilon_l \cdot \sin \varphi$ (см. рис.3).

Как было сказано выше, составляющие сдвиговых деформаций в направлениях, перпендикулярных обкладкам ЕПП, могут быть измерены с помощью тех же ЕПП, работающих в режиме ИЗ. Величина горизонтальной составляющей максимальной сдвиговой деформации относительно вертикальной плоскости ε_r^\perp , а также $\sin 2\alpha$ и $\cos 2\alpha$, по которым однозначно определяется азимут простираения плоскости максимальной сдвиговой деформации α , определяются из соотношений

$$\varepsilon_{\tau}^{\perp} = \frac{\Delta d_1 + \Delta d_2 + \Delta d_3}{3R}, \quad (7)$$

$$\cos 2\alpha = \frac{\Delta d_2 + \Delta d_3 - 2\Delta d_1}{\Delta d_1 + \Delta d_2 + \Delta d_3}, \quad (8)$$

$$\sin 2\alpha = \frac{\sqrt{3}(\Delta d_2 - \Delta d_3)}{\Delta d_1 + \Delta d_2 + \Delta d_3}, \quad (9)$$

где Δd_1 , Δd_2 и Δd_3 – измеренные по трем азимутам абсолютные значения сдвиговых деформаций. Деформации сдвига относительно горизонтальной плоскости ε_{τ}^{-} могут быть измерены, включив в плечи ЕПП параллельно соединенные пакеты 12-12' и 13-13' (в режиме ИП), или 12-13 и 12'-13' (в режиме ИЗ). Обозначив вызванные ε_{τ}^{-} относительные продольные перемещения статорных и роторных обкладок каждого из трех ЕПП, измеряемые в режиме ИП, через Δl_1 , Δl_2 , Δl_3 , и учитывая, что азимут перемещений α , известный из соотношений (8,9), перпендикулярен азимуту простирания плоскости максимальных сдвиговых деформаций и направлен под углом $\pi/2 - \alpha$ к оси x , получим для определения ε_{τ}^{-} три соотношения [6], из которых можно использовать любой, например

$$\varepsilon_{\tau}^{-} = \Delta l_2 / l \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{3} - \alpha\right). \quad (10)$$

Аналогично, по одному из измеренных вертикальных составляющих смещений Δz_1 , Δz_2 , Δz_3 , вызванных вертикальной компонентой сдвиговых деформаций $\varepsilon_{\tau}^{\perp}$, определяется ее величина:

$$\varepsilon_{\tau}^{\perp} = \Delta z_2 / 2R \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{3} - \alpha\right). \quad (11)$$

По найденным значениям ε_{τ}^{-} и $\varepsilon_{\tau}^{\perp}$ можно определить тангенс угла падения β плоскости наибольших сдвиговых деформаций. При $l = 2R$, из соотношений (10,11) получаем

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\varepsilon_{\tau}^{\perp}}{\varepsilon_{\tau}^{-}} = \frac{\Delta z_2}{\Delta l_2}. \quad (12)$$

Разумеется, $\operatorname{tg} \beta$ можно определить и по данным других пар ЕПП, лежащих в одном азимуте: $\operatorname{tg} \beta = \Delta z_1 / \Delta l_1$, $\operatorname{tg} \beta = \Delta z_3 / \Delta l_3$.

Зная $\varepsilon_{\tau}^{\perp}$, ε_{τ}^{-} и $\varepsilon_{\tau}^{\perp}$, очевидно, можно определить величину и направление максимальных сдвиговых деформаций ε_{τ} .

Таким образом, МСД может измерять линейные деформации в трех ортогональных координатах ε_x , ε_y , ε_z , объемные деформации вмещающей среды ε_v , величину и направление максимальных сдвиговых деформаций ε_{τ} , азимут простирания α и угол падения β плоскости максимальных сдвиговых деформаций (β отсчитывается от горизонтальной плоскости), а также деформацию кручения относительно оси МСД.

Широкополосный резонансный сейсмоакустический приемник

Как показано в работах [11,12], фоновые микросейсмические шумы, в частности высокочастотные сейсмические шумы (ВСШ), несут в себе информацию о напряженно-деформированном состоянии среды. Эта информация может оказаться актуальной для косвенной оценки изменений напряженно-деформированного состояния земной коры при оценке возможности возникновения сильных землетрясений. Так, в работах [13,14] мы предложили

использовать площадные наблюдения микросейсмической эмиссии для выявления закономерностей пространственного распределения напряжений в земной коре и оценки по ним параметров готовящихся землетрясений. Наш опыт по реализации этого подхода на территории Дагестана показал неэффективность использования для этих целей обычных широкополосных сейсмоприемников типа СМ-3. Целесообразнее было бы использовать более чувствительные резонансные сейсмоприемники, но известные приборы такого типа имеют слишком узкую полосу пропускания частот (менее 1 Гц). В связи с этим представляется актуальным поиск возможностей создания широкополосного датчика сверхмалых колебаний. Такой сейсмоприемник способный регистрировать ВСШ в полосе частот 5-100 Гц был предложен нами в [9]. Он содержит корпус и упругий элемент в виде консольной пластины. Один конец пластины закреплен в корпусе, а на другом укреплен инерционная масса в виде катушки из прочного легкого материала, например углепластика, с намотанной на нее проволокой из тяжелого материала, например вольфрама. В корпусе установлена вторая катушка с возможностью перематывания проволоки между катушками. Вращение на катушки передается гибкими приводами от двух установленных в корпусе реверсивных мотор-генераторов, соединенных в общую электрическую цепь с возможностью согласованного переключения их из режима двигателя в режим генератора и обратно. При этом, когда первый из них находится в режиме двигателя (режим перематывания проволоки со второй катушки на первую), второй находится в режиме генератора и, наоборот. Это предотвращает провисание проволоки при смене направления ее перематывания. Перематывание проволоки между катушками приводит к изменению инерционной массы и, как следствие, к изменению резонансной частоты системы. Это обеспечивает возможность сканирования рабочей полосы частот.

В предложенном нами позднее широкополосном резонансном сейсмоакустическом приемнике (ШРСАП) [10], являющемся усовершенствованным вариантом описанного сейсмоприемника, в корпусе установлена вторая упругая пластина консольного типа с биморфным преобразователем, а вторая катушка с проволокой установлена на ее свободном конце. При этом материал и геометрические размеры упругих пластин подобраны так, чтобы при перематывании проволоки между катушками их собственные частоты изменялись в смежных, частично перекрывающихся диапазонах частот.

Для обеспечения линейной зависимости выходного сигнала преобразователя от амплитуды механических колебаний пластины ее геометрические размеры подобраны так, чтобы радиус кривизны ρ_x (или кривизна $1/\rho_x$) пластины при изгибных колебаниях была одинакова по всей длине биморфного элемента. Возможность выполнения этих требований вытекает из известного соотношения [15]

$$\frac{1}{\rho_x} = \frac{M_x}{EJ_x}, \quad (13)$$

где $M_x = Fl_x$ – изгибающий момент на расстоянии l_x (вдоль оси консоли x) от точки приложения изгибающей силы F , E – модуль упругости материала консоли на изгиб, J_x – соответствующий M_x момент инерции сечения. После несложных преобразований оно приводит к геометрическому соотношению

$$\frac{l_x}{c_x} = const, \quad (14)$$

которое выполняется, если консольная пластина имеет форму равнобедренного треугольника с вершиной в точке крепления инерционной массы. Здесь c_x – соответствующее l_x локальное значение ширины пластины.

На рис.5 представлен вертикальный разрез предлагаемого сейсмоакустического приемника, а на рис.6 – его горизонтальный разрез.

В опору корпуса 1 зажаты упругие элементы в виде консольных пластин 2 и 2', на свободных концах которых установлены инерционные массы в виде катушек из углепластика 3 и 3', на которых намотана одна общая вольфрамовая проволока 4 с возможностью ее перематы-

вания между ними. Вращение на катушки передается от установленных в корпусе мотор-генераторов 5 и 5', соединенных с катушками гибкими приводами – пассиками (показаны штриховыми линиями). Вблизи опор на упругие пластины наклеены плоские биморфные пьезоэлектрические элементы прямоугольной формы 6 и 6'. Упругие пластины в месте расположения биморфа выполнены в форме равнобедренных трапеций с геометрическими размерами, указанными на рис.6. Для выполнения условия (14) продолжения боковых сторон трапеций должны пересекаться в точках крепления инерционных масс 3 и 3'.

Предлагаемый сейсмоакустический приемник работает следующим образом. Колебания от исследуемого источника (земная кора, техногенный объект или узлы и агрегаты машин и механизмов) передаются через корпус 1 на упругие пластины 2 и 2' с биморфными преобразователями 6 и 6'.

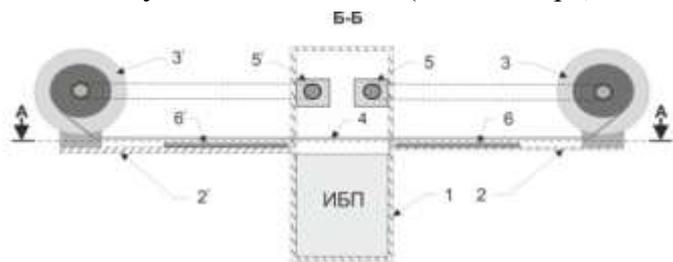


Рис.5. Вертикальный разрез ШРСАП

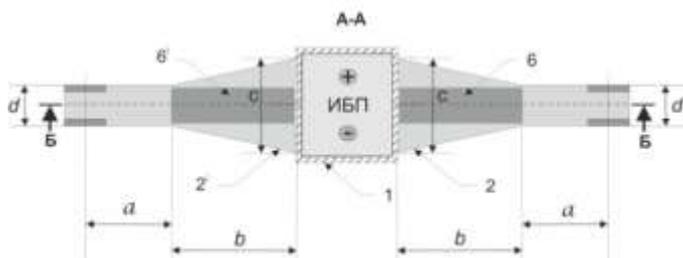


Рис.6. Горизонтальный разрез ШРСАП

Выходные сигналы от преобразователей, пропорциональные амплитудам колебаний пластин, подаются на регистратор (не показан) и на вход устройства (не показано), управляющего системой сканирования 3,3', 4, 5,5'. Управление сканированием заключается в регулировании скорости сканирования в зависимости от величины выходного сигнала с преобразователя – при возрастании величины сигнала на выходе преобразователя, свидетельствующем о приближении собственной частоты колебательной системы к частотам, присутствующим в спектре исследуемого объекта, скорость сканирования уменьшается. Благодаря этому повышается точность определения амплитуд регистрируемых пиков и соответствующих им частот. В промежутках между пиками скорость сканирования увеличивается, уменьшая тем самым общее время сканирования.

Если начальная инерционная масса колебательной системы в первом варианте сейсмоприемника [9] составляет 5 граммов (масса катушки из углепластика + эквивалентная масса упругой пластины), наименьшая частота сканируемого диапазона частот составляет 5 Гц, а наибольшая – 100 Гц, то рассчитанный по формуле (3) диапазон изменения инерционной массы (масса перематываемой проволоки) составляет 2000 г, а коэффициент эффективности сканирования составит $\eta = \Delta f / \Delta m = 95 / 2000 \approx 0,05$ Гц/г.

В предлагаемом сейсмоакустическом приемнике [10], при тех же пороговых значениях инерционной массы (5 г) и частоты (5 Гц), и максимальной частоте 100 Гц диапазон сканирования делится на 2 поддиапазона – от 5 до ~22 Гц и от 22 до 100 Гц. При этом необходимая масса проволоки Δm составляет ~100 г, т.е. в 20 раз! меньше, чем в прототипе. Это позволяет путем оптимизации параметров сейсмоакустического приемника добиваться нужного частотного диапазона сканирования при одновременном уменьшении массы и габаритов приемника. Так, для обеспечения диапазона сканирование 5÷200 Гц вес проволоки Δm должен составлять ~250 г, что для вольфрамовой проволоки соответствует объему в ~13 см³. При этом собственные частоты консолей будут изменяться в пределах частично перекрывающихся поддиапазонов 5÷35 Гц (на рис.5 – правая консоль) и 30÷210 Гц (левая консоль). Для этого, как следует из расчетов [10], выполненных по теоретическим соотношениям, приведенным в [15], при одинаковых прочих геометрических размерах упругих пластин, толщина левой консольной пластины на рис.5. должна быть в ~3,7 раза больше, чем правой. Коэффициент эффективности сканиро-

вания при этом составит $\eta = 210/250 = 0,84$ Гц/г, что в ~ 17 раз больше, чем в прототипе. В этом варианте исполнения предлагаемое устройство может быть использовано как для наблюдения за ВСШ, так и для инженерного контроля над крупными сооружениями: зданиями, ГЭС, АЭС и т.д.

Название предлагаемого устройства «Сейсмоакустический приемник» оправдано тем, что в нем сканируемый частотный диапазон может быть расширен практически неограниченно путем установления в корпусе дополнительных пар сейсмоакустических приемников, аналогичных описанным выше, с примыкающими друг к другу частотными диапазонами, включая и звуковой диапазон. Так, при двух парах сейсмоакустических приемников общий частотный диапазон, согласно расчетам по вышеприведенным формулам, может, к примеру, составить $1 \div 1020$ Гц и состоять из 4-х частично перекрывающихся поддиапазонов: $1 \div 6$ Гц; $5,5 \div 33$ Гц; $30 \div 180$ Гц; $170 \div 1020$ Гц. При этом выбор жесткости упругой пластины для каждого поддиапазона может быть осуществлен как путем подбора ее толщины, так и изменением ее ширины и длины. Общая масса проволоки в этом варианте составляет $2 \times 180 \text{ г} = 360 \text{ г}$, что для вольфрамовой проволоки соответствует объему в $\sim 20 \text{ см}^3$. Сравнивая эти данные с таковыми для одной пары упругих консольных пластин, констатируем увеличение в 5 раз частотного диапазона сканирования без существенного увеличения массы и габаритов. При этом коэффициент эффективности сканирования составит $\eta = 1020/360 = 2,83$ Гц/г и более чем в 3 раза больше, чем в случае одной пары консольных пластин. Расширяется также область использования приемника. Таким образом, главным преимуществом ШРСАП по сравнению с первым вариантом [9] является многократное увеличение эффективности сканирования, позволяющее существенно увеличить частотный диапазон сканирования при одновременном уменьшении массы и габаритов устройства. Помимо перечисленных ранее областей применения (наблюдения ВСШ, инженерный контроль над крупными сооружениями: зданиями, ГЭС, АЭС), он может быть использован также для акустического контроля узлов и агрегатов машин, для акустического каротажа скважин, для детектирования сверхслабых (до 10^{-12} м по смещению) сейсмоакустических сигналов в твердых и жидких средах.

Заключение

Предлагаемая СССДМ по ожидаемым метрологическим и эксплуатационным характеристикам, а также по информативности многократно превосходят известные аналоги. К преимуществам Н-С следует отнести: 1) высокую точность измерений наклонов в двух ортогональных азимутах и сейсмоакселерограмм в трех ортогональных координатах; 2) малые габариты и высокая помехозащищенность; 3) надежная дистанционная система арретировки. МСД превосходит известный скважинный деформограф Сакса – Эвертсона: в информативности – в 10 раз, по диапазону измерений – в 100 раз, по экономичности и компактности – в 7 раз. Кроме того, благодаря отказу от гидравлического усиления измеряемых деформаций, в МСД отсутствует влияния температуры. Его ожидаемая погрешность измерений составит $\pm 10^{-9}$ в диапазоне $\pm 10^{-3}$, что соответствует динамическому диапазону в 120 дБ. ШРСАП позволит регистрировать сверхслабые (до 10^{-12} м по смещению) сейсмоакустические шумы, которые также тесно связаны с деформациями в объекте исследования, в широкой полосе частот $1 \div 1000$ Гц. Информативность системы может быть многократно увеличена путем ее комплексирования с другими измерительными системами, также базирующимися на наших разработках. К ним относится гравиинерциальный комплекс, включающий газожидкостный гравиметр [16], вертикальный гравитационный градиентометр [17], гравитационный вариометр [18], и длиннобазовая деформационная станция, включающая проволочный экстензометр [19] и гидростатический нивелир [20]. Все эти разработки в комплексе описаны в работах [21-23]. На наш взгляд, реализация этого комплекса мог бы поднять сейсмопрогностические наблюдения на качественно новый уровень.

Литература

1. Островский А.Е. Наклономер с фотоэлектрической регистрацией // Изучение земных приливов. М.: Изд-во АН СССР, 1961. № 2. С.41-75.
2. Методы прогноза землетрясения. Их применения в Японии / Под ред. Асада.-М.: Недра, 1984.-312с.
3. Таймазов Д.Г. Двухкоординатный струнный наклономер: патент РФ № 2287777. БИ № 32, 2006.
4. Таймазов Д.Г. Двухкоординатный струнный наклономер // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46. № 4. С. 52-56. (Taimazov D.G. Two-coordinate string tiltmeter // Seismic Instruments. 2010. V. 46, No 4. P. 52-56.)
5. Таймазов Д.Г. Многокомпонентный скважинный деформограф: патент РФ № 2282143. БИ № 23. 2006.
6. Таймазов Д.Г. Многокомпонентный скважинный деформограф // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2006. № 26. С. 9–16.
7. Таймазов Д.Г. Емкостный преобразователь перемещений: Патент РФ № 2281457. БИ № 22. 2006.
8. Таймазов Д.Г. Широкодиапазонный емкостный преобразователь перемещений для прецизионных приборов и систем позиционирования // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. № 3. С. 48-54. (Taimazov D.G. Wide_range displacement capacitance transducer for precision instruments and positioning systems // Seismic Instruments. 2008. V. 44. No 3. P. 48-54.)
9. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоприемник // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 227-230.
10. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоакустический приемник. Заявка в Роспатент № 2016146872, 2016.
11. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Открытия в СССР в 1983 г. М.: ВНИИПИ, 1984. С. 46.
12. Салтыков В.А., Сеницын В.И., Чебров В.Н. Вариации приливной компоненты высокочастотного сейсмического шума в результате изменений напряженного состояния среды // Вулканология и сейсмология. 1997. № 4. С.73-83.
13. Таймазов Д.Г. Способ прогнозирования землетрясений: патент РФ №2325673. БИ № 15. 2008.
14. Таймазов Д.Г. Некоторые тектонофизические и аппаратурно-методические проблемы прогноза землетрясений / Российская акад. наук, Дагестанский научный центр, Ин-т геологии, Махачкала, 2005. 175 с.
15. Феодосьев В.И. Соппротивление материалов / М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. 592 с.
16. Таймазов Д.Г. О путях улучшения метрологических и эксплуатационных характеристик газожидкостных гравиметров // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. № 4. С. 27-35. (Taimazov D.G. Ways to improve metrological and operational characteristics of liquid gravimeters // Seismic Instruments. 2008. V. 44. No 4. P. 27-35.)
17. Таймазов Д.Г. Струнный вертикальный гравитационный градиентометр // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. № 4. С. 36-42. (Taimazov D.G. Stringed vertical gravimetric gradient meter // Seismic Instruments. 2008. V. 44. P. 36-42.)
18. Таймазов Д.Г. Безмаятниковый гравитационный вариометр // Сейсмические приборы. 2009. Т. 45. № 3. С. 56-59. (Taimazov D.G. Nonpendular gravitational variometer // Seismic Instruments. 2009. V. 45, No 3. P. 56-59.)
19. Таймазов Д.Г. Прецизионный проволочный экстензометр для сейсмопрогностических наблюдений. Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. № 3. С. 55-58. (Taimazov D.G. Precision wire extensometer for seismoprognotic observations // Seismic Instruments. 2008. V. 44. No 3, P. 55-58.)
20. Таймазов Д.Г. Трехжидкостный гидростатический нивелир. Сейсмические приборы. 2009. Т. 45. № 2. С. 42-45. (Taimazov D.G. Three-fluid hydrostatic level // Seismic Instruments. 2009. V. 45. P. 42-45.)
21. Таймазов Д.Г. О возможности создания многокомпонентной деформационной станции траншейного типа для сейсмопрогностических наблюдений // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46. № 1. С. 42-49. (Taimazov D.G. About an opportunity of creation multicomponent deformometric station of trench-type for seismoprognotic observations // Seismic Instruments. 2010. V. 46, No. 1, p. 42-49.)
22. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А., Абакаров А.Д., Таймазов М.Д. О состоянии и перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 51. С. 36-42.
23. Черкашин В.И., Дорофеев В.М., Крамынин П.И., Магомедов Р.А., Мамаев С.А., Никуев Р.Ю. Организация инженерно-сейсмометрической службы в Республике Дагестан Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 14. С. 25-37.

УДК 911.2

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ ЮГА ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

*Идрисов И.А.¹, Борисов А.В.²*¹ *Институт геологии ДНЦ РАН,* ² *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН*

На основе общей истории формирования и развития на юге Прикаспийской низменности и прилегающих участках выделяется 15 районов, отличающихся общими геоморфологическими особенностями. Приводится картосхема районов и дается характеристика их рельефа.

Ключевые слова: рельеф, палеогеография, плейстоцен, голоцен, Прикаспийская низменность

GEOMORPHOLOGICAL AREAS OF THE SOUTH OF CASPIAN LOWLAND

*Idrisov I.A.¹, Borisov A.V.²*¹ *Institute of Geology, Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,* ² *Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, RAS*

On the basis of the general history of formation and development in the south of the Caspian lowland and adjacent areas, 15 regions are distinguished, which are distinguished by common geomorphological features. The map of the districts is given and the characteristics of their relief are given.

Key words: relief, paleogeography, Pleistocene, Holocene, Caspian lowland,

Прикаспийская низменность отличается существенной пространственной неоднородностью по интенсивности влияния различных экзогенных факторов (морских, аллювиальных, эоловых). Для крайнего юга низменности также характерен сложный переход к горным сооружениям Кавказа, здесь большое значение приобретает разнонаправленный характер тектонических движений.

Эти особенности обусловили дифференциацию территории на геоморфологические районы, которые выделяются для территории впервые. Районы выделяются в зависимости от особенностей доминирующих форм рельефа. Образование этих форм прямо отражает специфику развития различных районов. Соответственно выделенные районы обусловлены единством генетического развития и характеризуют важные особенности развития природы.

На рисунке 1 показана карта-схема района работ и геоморфологические районы. Выделены следующие районы, номера районов совпадают с цифрами на рисунках.

Район 1. Дельты выдвигания рек Терек и Сулак.

Береговые валы и лагуны 20-21в. Характеризуются быстрой динамикой изменений как конфигурации так и особенностей строения. Например, дельта реки Терек выдвинулась в море, после антропогенной прорези Аграханского полуострова с 1970-х годов более чем на 5км в длину и около 10км в ширину. Для лагун данного района характерна большая скорость изменений природных компонентов. В частности большая часть лагун сформировалась в период подъема уровня моря 1978-1995 годов, далее они были относительно стабильны. После 2010г отмечается значительное падение примерно на 1метр уровня Каспийского моря (до-28м) и соответственно уровня воды во многих лагунах (Идрисов, 2013 б). Это привело за период 2010-2015гг к быстрому высыханию растительности, ее сторанию и превращению лагун в аналоги соровых солончаков (Идрисов, 2016 а).

Район 2. Аграханский полуостров, береговой вал новокаспийского возраста.

В прикорневой (южной) части большое значение имеют песчано-галечниковые отложения р.Шура-озень (Идрисов, 2016 б). При продвижении на север практически полностью сло-

жен береговыми песками, в том числе интенсивно переветренными. Высота эоловых форм достигает 10м. Эта часть более чем на 50км продолжается под названием Аграханский полуостров, также известно название Уч-коса. Северная часть переходит в систему островов, самый крупный из которых о.Чечень. Часть островов вероятно причленена к северной оконечности полуострова. В целом полуостров имеет сложное строение и историю развития (Карпычев, 1986). Характерной особенностью является поток наносов с юга на север, вдоль восточной оконечности косы, что обеспечивает ее рост в северном направлении (Геоморфология берегов и дна..., 1977). К западу от Аграханского полуострова располагается Аграханский залив. Размеры залива быстро уменьшаются в течение голоцена (Идрисов, 2013 а). К настоящему времени разделен на две части. Южная половина залива функционирует в качестве озера – Южный Аграхан (Озеро Южный Аграхан, 2014). Северная половина сильно обмелела и частично разделилась на ряд водоемов, разделенных протоками р.Терек.



Рис. 1 Карта-схема геоморфологических районов юга Прикаспийской низменности и прилегающих участков

Район 3. **Новокаспийские морские террасы.**

Относительно плоские поверхности новокаспийских морских террас. Отличаются дифференцированным микрорельефом, представляющим собой реликтовые формы от прибрежной и морской стадий развития. Возраст террас менее 7 тысяч лет, соотносятся с голоценом. Выделяется три этапа с максимумами около 5 тыс.л.н. (Туралинская стадия), 2,5 тыс.л.н. (Уллучайская стадия), в начале 19в (Тюленевская стадия) (Рычагов, 2015; Идрисов, 2016 б). Уровень моря в эти стадии достигал -20 и -23м. Песчаные образования сильно переработаны эоловыми процессами с образованием бугристых песков. Большое значение имеют выходы плотных древних пород, просвечивающих сквозь маломощный чехол голоценовых отложений. Эти отложения образуют возвышенности Турали, Син-арка и др.

Район 4. Хвалынские морские террасы.

Представляют собой береговые формы эрозионного и аккумулятивного рельефа. С юго-западной стороны (со стороны Кавказа) на значительной части четко оконтурены уступом (тыловым швом) террасы максимальной стадии хвалынской трансгрессии высотой +50м. Тыловые швы лежащих ниже террасы выражены фрагментарно, более широко развиты береговые валы различных стадий, при этом в одном профиле береговые образования всех стадий обнаружить сложно. Максимально развиты аккумулятивные формы береговых валов к северо-западу от долины р.Шура-озень (Идрисов, 2011). Выделяются следующие стадии хвалынского этапа с уровнями подъема моря: +50, +35, +22, +16, +9, 0, -12, -16м (Федоров, 1978). На данном участке представлены валы большинства этих стадий. Террасы выше 0м объединяются в раннехвалынские, а 0м и ниже в позднехвалынские. Время формирования террас в основном 20-10 тысяч лет, соотносится с концом позднего плейстоцена, периоду деградации последнего покровного оледенения. В строении береговых валов принимают участие как хвалынские отложения, так и размываемые подстилающие породы, в частности галечники из хазарских террас. В районе Махачкалы и юго-восточнее сел.Темиргое террасы осложняют выходы неогеновых пород. Для ранних стадий хвалынского этапа эти выходы образовывали острова, соединенные с сушей песчаными косами – томболо (перейма). В частности от острова на месте возвышенности Анжи-арка до г.Тарки-Тау. Поверхности валов часто осложнены эоловыми формами рельефа. Понижения между валами слабо дренированы и заняты болотами и солончаками. Западная часть этой территории представлена плоскими поверхностями собственно морских террас хвалынского возраста со специфическим микрорельефом, схожим с участками севера Прикаспийской низменности.

Район 5. Хазарские морские террасы.

Морские террасы этого района, в отличие от предыдущего тектонически дислоцированы, то есть подняты вверх от своего первоначально залегания на 100 и более метров. Это связано с большой древностью этих террас, их возраст примерно от 100 до 400 тысяч лет. Делятся на позднехазарские и раннехазарские. Позднехазарская терраса имеет высоту тылового шва +80м, формировалась в предыдущее микулинское межледниковье и относится к началу позднего плейстоцена. Все остальные террасы формировались в различные ледниковья и межледниковья среднего плейстоцена – среднего неоплейстоцена (Янина, 2012). Поверхности террас сильно расчленены эрозией, в частности многочисленные сухие балки глубиной до 20м расчленяют бровку самой нижней из хазарских террас. Плоские поверхности сохранились фрагментарно. Выделяются террасы высотой +80, +100, +130, +150, +170м (Рычагов, Янина, 2011). К западу от сел.Новый Чиркей и южнее поселения Новый Параул бровка террасы позднего хазара осложнена террасовой ступенью высотой около +60м, вероятно это следы трансгрессии Гирканского этапа (Янина и др., 2014). Эту ступень иногда описывают как тектонически дислоцированную террасу максимума хвалынского этапа. Хазарские террасы покрыты маломощным сильно смытым чехлом лессовых пород (Идрисов, 2006). Характерной особенностью хазарских террас района является чрезвычайно широкое участие в их строении галечников из обломков верхнемеловых известняков идентичных современному аллювию р.Шура-озень. Схожее строение характерно и для этих террас лежащих юго-восточнее района исследования, там влияние оказывает схожий аллювий р.Манас-озень.

Район 6. Бакинские морские террасы.

Занимают небольшой фрагмент юго-восточнее района выхода р.Сулак на равнину. Четко видны в виде изолированного холма-останца южнее автодороги Махачкала-Кизилюрт. Высота плоской поверхности останца около +200м. На остальной территории бакинские террасы вероятно размывы и далее на юг встречаются лишь южнее г.Избербаш (Федоров, 1957). Возраст

этого этапа 400-800 тыс.лет, относятся к нижнему (раннему) плейстоцену по старой шкале периодизации или к раннему неоплейстоцену по новой шкале.

Район 7. Апшеронские и акчагыльские отложения.

Представлены дислоцированными и сильно размытыми породами, слагающими поверхности предгорной (низкогорной) части в западной части региона. Вскрываются в нижних частях глубоко врезаемых долин рек Акташ-Аксаиской системы. Восточнее формируют северную гряду Бавтугайского хребта вплоть до г.Чапчак. Пересекая р.Сулак резко сокращаются в распространении и формируют северо-западную периферию Гельбахского хребта. На всем протяжении полого падают на северо-восток и север. Представлены чередованием галечников, глин, песков. Относятся к калабрию – эоплейстоцену (апшерон) возраст 0,8-1,6 млн.лет и гелазию – палеоплейстоцену (верхи акчагыла) возраст 1,6-2,6 млн.лет.

Район 8. Доплейстоценовые отложения.

Представлены разнообразными осадочными породами: песчаниками, глинами, известняками формируют горную часть Кавказа.

Район 9. Массив Сарыкум.

Представляет собой яркий геоморфологический объект в зоне контакта Кавказа и Прикаспийской низменности. Наиболее специфичная часть Сарыкума охраняется заповедником «Дагестанский». Характеризуется широким развитием открытых песков и соответственно разнообразных эоловых форм рельефа. Разделен долиной р.Шура-озень на большую западную и меньшую восточную части. На западном Сарыкуме расположено несколько поперечных дюн, длина гребня самой большой из которой 1200м. Дюны образованы за счет развеивания отложений массива Сарыкум, состоящего практически полностью из мелкого кварцевого песка (Тулшыева, 2002; Гусаров, 2016). Локально в отложениях массива имеются эрозионные врезы заполненные щебнистым материалом. По периферии развиты бугристые пески (томоки, чоколаки), сформированные вокруг кустов высотой бугров до 5м., диаметром до 20м Развитие массива Сарыкум было сложным и включало три этапа (Идрисов, 2010). Первый этап: накопление отложений массива. Реконструировать механизмы этого накопления к настоящему времени сложно. Нами предполагается, что во многом он был схож с формированиями "сухих дельт" в зонах выхода рек на равнины в аридных регионах. Однозначно показано, что накопление субстрата на массиве прекратилось много тысяч лет назад. Второй этап: стабилизация поверхности массива. В это время здесь развился мощный почвенный покров, эоловые формы рельефа в этот этап отсутствовали. Прекратился этап в результате разрушения почвенно-растительного покрова и погребения почв под эоловыми отложениями. Такие почвы широко развиты на восточном и вдоль периферии западного Сарыкума. Возраст около 2,0 тысяч лет (Гусаров, Гилязов, 2015). Третий этап: формирование эоловых форм рельефа. Отличается быстрыми изменениями параметров формирующихся форм. В частности широко развитые на западном Сарыкуме в первой половине XX века подвижные формы – барханы к настоящему времени закрепились и исчезли. В последние десятилетия происходит снижение высоты дюн и повышение отметок котловин выдувания между ними. В 2016г максимальная высота массива замеренная различными методами составила 245,8м (Гусаров, Шарифуллин, 2016). Нижние части дюн на больших участках зарастают растительностью и закрепляются.

Район 10. Конус выноса и долина р.Шура-озень.

Долина реки в зоне прорезывания плейстоценовых морских террас отличается крутыми бортами глубиной в 20-40м, шириной около 400м. На дне хорошо выделяется галечниковая пойма и две террасы высотой около 1-3 и 5-6м. Первая надпойменная терраса имеет возраст

около 3,0 тыс.лет. Вторая надпойменная – около 5,0 тыс.лет (Гусаров, Гилязов, 2015). По нашим данным для всех исследованных нижних частей долин рек бассейна Каспийского моря характерно схожее строение включающее пойму (часто двух уровней) и две террасы голоценового возраста (Коротаев, 2011; Идрисов, 2012, 2013а; Olivier et al., 2015). Конус выноса реки непосредственно продолжает поверхность второй надпойменной террасы и полого понижается в целом на северо-восток. Конус выноса постепенно перекрывает береговые валы различных стадий хвалынского этапа (Идрисов, 2011) и ранее датировался хвалынским возрастом (Геоморфология берегов и дна..., 1977. С.180). С северной части продолжается до отметок порядка -23м и ограничивается береговыми валами одного из палеорусел р.Сулак.

Район 11. Конус выноса и долина р.Сулак.

Зона выхода реки Сулак на низменность слабо исследовано. Предварительно можно сделать вывод о том, что здесь имеется минимум три вложенных друг в друга галечниковых конуса выноса. Галечники крупные, хорошо окатанные, разрабатываются многочисленными карьерами. Вскрытая мощность достигает 20м. Представляют собой в основном обломки песчаников и сланцев юрского возраста. Сверху перекрыты чехлом суглинистых пород мощностью 1-5м. Поверхности конусов под углами 2-7° погружаются в северном направлении. Для реки отмечаются «ножницы» террас и погружение плейстоценовых террас в быстро погружающиеся зоны Терско-Каспийского прогиба. Соответственно молодые отложений к периферии конуса выноса быстро перекрывают древние. Также быстро утончается состав отложения и начинают доминировать (вплоть до устья) серые пески и супеси из обломков юрских глинистых сланцев.

Район 12. Терский песчаный массив.

Представляет собой переветренные речные террасы р.Терек. К настоящему времени низовья и среднее течение реки исследованы слабо. Существуют данные о том, что массив представляет собой четвертую террасу реки. При этом данные по возрасту этой террасы противоречивы. В частности приводятся данные, что: «формирование IV террасы и древней дельтовой равнины к северу от нее происходило в хазарское время» (Геоморфология берегов и дна..., 1977. С.37). Данный вывод сделан на анализе отложений выше г.Моздок, то есть в 180км выше по течению в принципиально иных геологических условиях. Там же вторая надпойменная терраса синхронизируется с хвалынской трансгрессией. При этом ее высота и общие особенности строения идентичны вторым надпойменным террасам остальных исследованных рек региона, то есть она соответствует середине голоцена. Соответственно в восточной части Терского песчаного массива третья речная терраса высотой около 8-10м и четвертая речная терраса высотой менее 20м (собственно массив) соответствуют не позднему и раннему хазару (Геоморфология берегов и дна..., 1977. С.37), а могут быть сопоставлены с хвалынским временем. Следует отметить характерный состав аллювия рек Терек и Сулак, рек системы Акташ-Акса́й, реки Шураозень, реки Кума. Это позволяет уверенно диагностировать отложения различных рек. В частности песчаный аллювий реки Кума состоит из кварцевых песка желтого цвета, а аллювий Терек из песка серого цвета. Соответственно и песчаные массивы (Кумский и Терский соответственно) сформированы на различных песках и четко оконтуривают древние аллювиальные отложения этих рек.

Район 13. Хасавюртовская наклонная равнина.

Представляет собой наклонную равнину в ряду: Кусарская, Хасавюртовская, Чеченская, Осетинская, Кабардинская, Кубанская. Формируются за счет откладывания больших масс аллювия в зонах перехода рек с Кавказа на лежащие севернее равнины. Хасавюртовская равнина занимает пространство между реками Сулак и Терек и отличается плоскими водоразделами наклоненными на север под углом 2-10°. Прорезается с востока на запад долинами рек Акташ,

Ямансу, Ярыксу, Аксай, которые стекают с лежащих южнее хребтов Салатау и Андийского. Глубина вреза рек 5-30м, максимальная в области прорезывания лессовых пород в южной части (Идрисов, 2013 а). В центральной части (севернее г.Хасавюрт) глубина вреза снижается до 5м, здесь реки прорезают плейстоценовые галечниковые конусы выноса. В таких условиях резко повышается уровень грунтовых вод и произрастают богатые леса. Далее на север реки прорезают преимущественно морские и береговые пески, супеси и суглинки и глубина вреза возрастает до 15м. Далее на север снижается до 0м. Долины рек отличаются вертикальными бортами. В долинах можно выделить позднеплейстоценовую террасу высотой 15-20м, она сложена щебнистыми обломками известняков. Также хорошо выражены две голоценовые террасы, они сложены чередующимися слоями галечников, глин и супеси, также включают и погребенные почвы (рис.2). Высоты различных террас сильно варьируют по течению рек. В северной части равнины эти террасы образуют слившиеся конусы выносы, которые глубоко прорезаны долинами. Ранее предполагалось, что северная половина равнины (включая широко развитые слившиеся поверхности террас высотой до 10м) имеет позднеплейстоценовый возраст (Геоморфология берегов и дна..., 1977). Новые исследования свидетельствуют о существенно более молодом возрасте этой территории охватывающем средний и начало позднего голоцена (Идрисов и др., 2017). Участок отличается быстрой перестройкой рельефа, в том числе с масштабными перестройками речной сети в течение голоцена (Идрисов, 2013 а).

Район 14. Голоценовые отложения на морских хвалынских террасах.

Данный район сформирован многочисленными палеоруслуями рек Терек, Аксай, Ярыксу, Ямансу, Сулак. Особенностью является образование слабо врезанных в поверхность равнины русел, глубина вреза менее 2м. В нижней (восточной части) русла рек протекают выше поверхности равнины и оконтурены береговыми валами. В руслах и на валах при ежегодных паводках накапливается аллювий, что обуславливает рост отметок вверх. Это увеличивает рост прорыва валов и образования обширного разлива. Далее река формирует многорукавное русло, далее начинает доминировать одно магистральное русло, вдоль которого начинают формироваться береговые валы. Такая цикличность детально описана для дельты реки Терек, охватывающую северную часть района (Алексеевский и др., 1987). Здесь периодичность формирования таких русел около 70-100лет. Соответственно продолжительность существования магистрального русла составляет около 60лет. При этом большую роль играет динамика уровня базиса эрозии – Каспийского моря. Для реки Сулак, а также для рек системы Аксай-Акташ такие исследования не проводились. Характеризуется сплошным перекрытием хвалынских террас голоценовыми аллювиальными отложениями, мощность которых может достигать 10-20м. Между береговыми валами русел могут формироваться озера – старицы. Некоторые из них высыхают, некоторые существуют до настоящего времени. Вдоль валов часто заложены современные оросительные каналы. Граница между районами 14 и 15 во многом проведена условно.

Район 15. Голоценовые отложения на новокаспийских морских террасах.

Характеризуется относительно широким развитием плоских голоценовых (новокаспийских) морских террас, особенно в восточной части. На поверхности которых разбросаны многочисленные сильно меандрирующие палеорусла и современные русла рек. Различные генерации русел соотносятся друг с другом по разному и часто срезают друг друга в различных комбинациях. Береговые валы этих русел обособляют практически бессточные участки. Эти участки могут быть заняты озерами (в районе русел р.Терек), также могут быть заняты болотами или солончаками. Следует отметить, что на дне таких образований накапливаются эоловые, озерные, болотные отложения, перекрывающие отложения собственно морских этапов развития. Соответственно современные отметки поверхности на несколько метров выше тех, отметок, что были в период формирования собственно морских

террас. Значение палеорусел постепенно падает в восточном направлении, также уменьшаются и их размеры, включая высоту валов, ширину русел и т.д. Соответственно доля плоских поверхностей морских террас возрастает. На отдельных участках в восточной зоне развиты эоловые формы рельефа – бугристые пески.



Рис. 2 Вторая надпойменная (голоценовая) терраса р.Акташ.

Район 16. Каспийское море.

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. Алексеевский Н.И., Михайлов В.Н., Сидорчук А.Ю. Процессы дельтообразования в устьевой части Терека // Водные ресурсы. 1987. №5. С.123-128.
2. Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. Леонтьев О.К., Маев Е.Г., Рычагов Г.И. М., 1977. 208с.
3. Гусаров А.В. Эолово-аккумулятивный комплекс «Сарыкум» - уникальный геоморфологический объект России: строение, генезис и источники песков // Геоморфология. №3. 2016. С.52-78.
4. Гусаров А.В., Гилязов А.Ф. Строение долины р.Шура-озень на участке эолово-аккумулятивного комплекса «Сарыкум» // Труды государственного природного заповедника «Дагестанский». №11. 2015. С.6-23.
5. Гусаров А.В., Шарифуллин А.Г. К вопросу о высоте большого (западного) Сарыкума и причинах ее изменения за последнее столетие // Труды государственного природного заповедника «Дагестанский». №12. 2016. С.7-12.
6. Идрисов И.А. Ландшафтно-геохимические особенности приморской зоны Дагестана. Диссертация кандидата географических наук. М., 2006. 154с.
7. Идрисов И.А. К истории формирования и развития песчаного массива Сарыкум // Труды Заповедника Дагестанский. Вып.3. Махачкала. 2010. С.19-27.
8. Идрисов И.А. Особенности формирования рельефа Северного Дагестана // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. 2011, №2. С.102-107.
9. Идрисов И.А. Голоценовые террасы Дагестана // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки.

№4. 2012. С.88-94.

10. Идрисов И.А. О структуре рельефа юго-запада Прикаспийской низменности // Аридные экосистемы. №1. 2013. С.36-43. а
11. Идрисов И.А. Динамика развития берегов Каспийского моря в пределах Дагестана в начале 21 века // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала, 2013. С.93-96. б
12. Идрисов И.А. Гидроморфные почвы береговой зоны Западного Прикаспия // Труды Института геологии ДНЦ РАН. Вып. 66. Махачкала, 2016. С.261-266. а
13. Идрисов И.А. Голоценовые отложения юго-запада Прикаспийской низменности. Материалы конференции: Пути эволюционной географии. М., 2016. С.124-128. б
14. Идрисов И.А., Юсупов А.Р., Чапыгина Н.В., Саидахмедов Т.С. Перспективы развития ресурсной базы строительных песков на Терско-Сулакской низменности. Коллективная монография: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Ессентуки. 2017. С.415-420.
15. Карпычев Ю.А. Динамика формирования Аграханской косы по данным радиоуглеродных датировок // Водные ресурсы. №6. 1986. С.50-56.
16. Кортаев В.Н. Геоморфология дельты Волги и динамика русловых разветвлений // Вестник МГУ. Серия 5: География. №2. 2011. С.103-109.
17. Озеро Южный Аграхан: проблемы экологической реабилитации. Отв.ред.: Э.М. Эльдаров, М.А. Гуруев. Махачкала: Эпоха, 2014. 156с.
18. Рычагов Г.И., Голоценовый этап в истории Каспийского моря // Стратиграфия и седиментология нефтегазовых бассейнов. Баку. №15. 2015. С.84-99.
19. Рычагов Г.И., Янина Т.А. Хазарские террасы Дагестана // Труды Института геологии ДНЦ РАН. №57. 2011. С.98-100.
20. Тулышева Е.В. Речные долины дагестана и их неотектоническая обусловленность: автореф. Дис.. Канд. Геогр. Наук. М.: институт географии ран, 2002. 26с.
21. Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений и история Каспийского моря. Труды ГИН: Вып. 10. М., 1957. 298с.
22. Янина Т.А. Неоплейстоцен понто-каспия: палеогеография, биоистратиграфия, корреляция. М., 2012. 264с.
23. Янина Т.А., Сорокин В.М., Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф. Гирканский этап в плейстоценовой истории каспийского моря // вестник мгу. Серия 5: География. №3. 2014. С.3-9.
24. Olivier V., Fountaigne M., Lyonnet B. Geomorphic response and ¹⁴C chronology of base-level changes induced by Late Quarternary Caspian Sea mobility (middle Kura Valley, Azerbaydjan) // Geomorphology. 2015. V.230. P.109-124

УДК 550.348.098.64

О ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЧИРКЕЙСКО-ИРГАНАЙСКОГО УЗЛА СУЛАКСКОГО КАСКАДА ГЭС

*Саидов О.А.**Единая геофизическая служба РАН*

Показано, что заполнение и эксплуатация водохранилища Ирганайской ГЭС существенно не влияет на сейсмический режим исследуемой территории. В результате длительной эксплуатации водохранилища Чиркейской ГЭС (более 40 лет) изменились реологические свойства геологической среды и, соответственно, сейсмический режим, прилегающей к водохранилищу территории, что отразилось на величине угла наклона графика повторяемости.

Ключевые слова: сейсмичность, сейсмические события, гистограмма, энергетический класс, распределение, заполнение, эксплуатация, деформация.

ABOUT MAN-MADE SEISMIC ACTIVITY OF THE TERRITORY CHIRKEY-IRGANAYSKAYA NODE SULAK CASCADE OF HYDROELECTRIC POWER STATIONS

*Saidov O. A.**United geophysical service RAS*

It is shown that the filling and operation of reservoirs Irganayskaya HPP does not significantly affect the seismic regime of the study area. As a result of prolonged operation of the reservoir Chirkeisk HPS (over 40 years) changed the rheological properties of the geological environment and, consequently, the seismic regime adjacent to the reservoir site, which is reflected in the angle of the slope of the recurrence graph.

Key words: seismicity, seismic events, histogram, energy class distribution, filling in, exploitation, deformation.

Введение

Землетрясения, связанные с заполнением крупных водохранилищ, отличаются от тектонических землетрясений по режиму выделения сейсмической энергии, распределению во времени форшоков и афтершоков, по соотношению повторяемость - магнитуда [1]. В работе [2] отмечается изменение механизмов очагов слабых землетрясений при интенсивном заполнении водохранилища Нурекской ГЭС, в частности, изменение осей сжатия в очагах, расположенных к юго-западу и северо-востоку от глубоководной части водохранилища, что вызывается упругим прогибанием дна водохранилища.

Нами расчетным путем оценены величины деформаций прогибания горных пород у основания водохранилища Чиркейской ГЭС (объем 3×10^9 м³) [3]. Максимальное значение прогибания (8 см) отмечается под ложем водохранилища на глубине 1 км. Погружение поверхности охватило площадь не менее 1000 км², что превышает площадь зеркала водохранилища в примерно 40 раз и охватывает зону расположения водохранилища Ирганайской ГЭС.

Как известно, заполнение водохранилища Чиркейской ГЭС, особенно его первый этап, вызвало усиление сейсмической активности прилегающей территории [4]. Такие значимые сейсмические события, как Верхнекаранайский рой землетрясений 9-11 энергетического класса в октябре 1974 года, Салатаусское землетрясение 13 энергетического класса 23 декабря 1974 года приурочены к зонам, где отмечается максимальные скорости изменения градиента деформаций прогибания [3].

Таким образом, заполнение крупного водохранилища в сейсмически активном регионе, каковым является область Дагестанского клина, где и расположено водохранилище Чиркейской ГЭС, показало, что возникающие в результате заполнения водохранилища деформации прогибания являются одной из причин возникновения землетрясений техногенной природы и дополнительным фактором способствующим развитию сейсмического процесса. В связи с тем, что район расположения Ирганайского водохранилища подпадает в зону деформаций прогибания Чиркейского водохранилища, интерес представляет, как дополнительная нагрузка веса воды водохранилища Ирганайской ГЭС повлиял на сейсмический режим указанной территории.

Обсуждение результатов

Рассмотрим сейсмический режим территории, прилегающей к Чиркейско- Ирганайского узлу Сулакского каскада ГЭС, за 2005- 2010 годы в радиусе до 40 км от Ирганайского водохранилища, в периоды его заполнения и эксплуатации.

На рис.1 представлен график заполнения и эксплуатации водохранилища Ирганайской ГЭС. Первый этап заполнения водохранилища начался еще в 1997 году, и водохранилище было заполнено только на 1/3 его объема. Второй этап заполнения водохранилища начался в июле 2006 года по апрель 2008 года, уровень воды повысился на 20 м., а третий этап интенсивного заполнения в апреле 2008 года по октябрь 2008 года, когда уровень воды поднялся еще на 27 м.(до проектной абсолютной отметки 547 м.). Водохранилище Ирганайской ГЭС не является крупным ($6,20 \times 10^8 \text{ м}^3$). По объему воды оно, почти в 5 раз меньше, чем водохранилище Чиркейской ГЭС($3 \times 10^9 \text{ м}^3$). Тем не менее, нами предполагалась, что дополнительная нагрузка на горный массив, которая находится в зоне деформаций прогибания Чиркейского водохранилища, может вызвать изменение сейсмического режима данной территории.

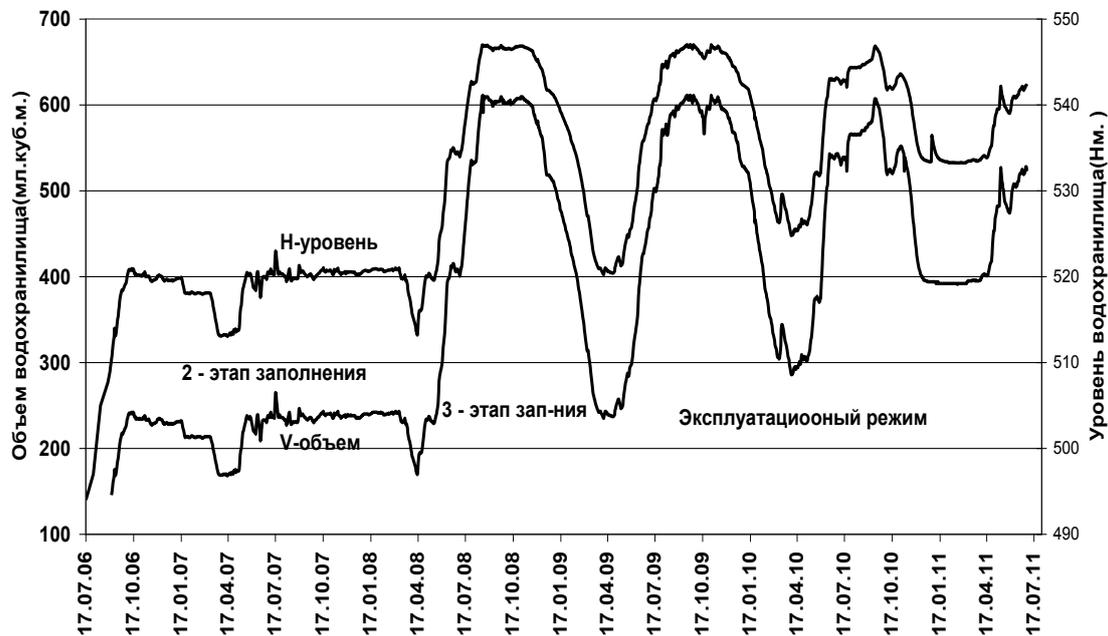


Рис.1. Уровень и объем водохранилища Ирганайской ГЭС (2006-2011 гг.)

На рис.2 представлены сейсмические события 6-12 энергетического класса(всего их 440) в радиусе до 40 км., от Ирганайского водохранилища за период 01.2005-12.2010 годы, по данным Дагестанского филиала ГС РАН. На рисунке показаны контуры водохранилищ Чиркейской и Ирганайской ГЭС, а также сейсмические станции ДФ ГС РАН, которые расположены на исследуемой территории. Указанный интервал времени охватывает период, как до второго этапа заполнения водохранилища, так и периоды интенсивного его заполнения и эксплуатации.

Как видно на рисунке, сейсмические события распределены неравномерно. Линией АБ их можно разделить на 2 участка. Большинство сейсмических событий группируются вокруг Чиркейского водохранилища, тогда как на территории расположения водохранилища Ирганайской ГЭС их очень мало. Некоторое скопление сейсмических событий можно отметить к юго-востоку от водохранилища.

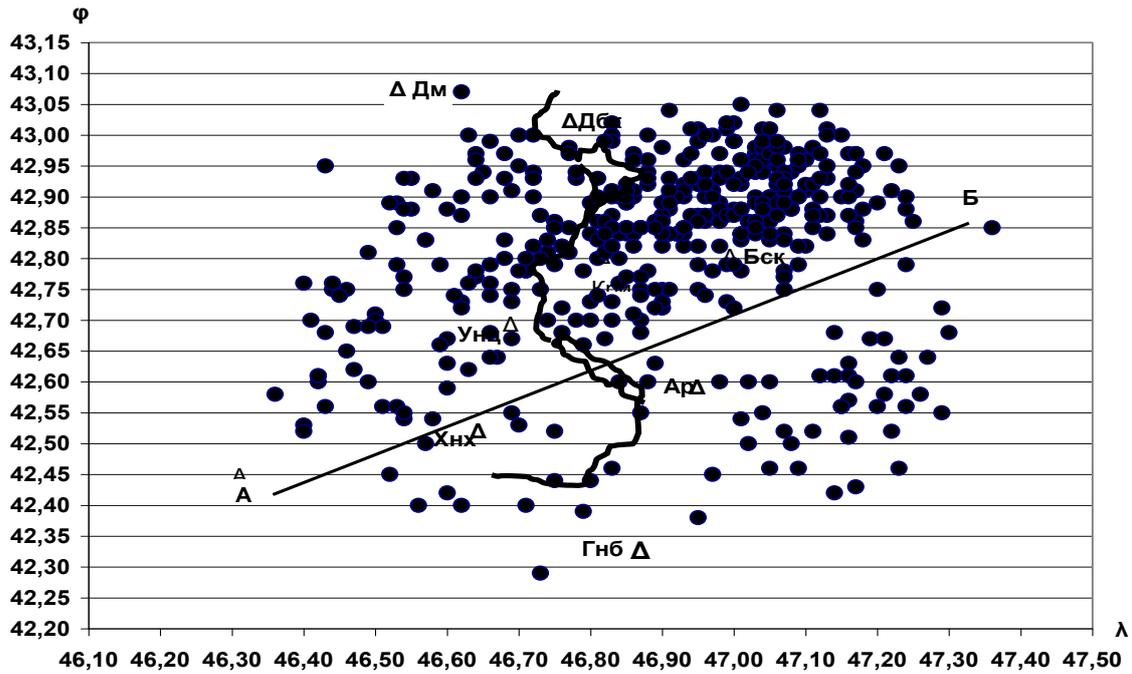


Рис.2. Сейсмичность Чиркейско-Ирганайского узла Сулакского каскада ГЭС за период 2005-2010 годы

Детальное распределение сейсмических событий по энергетическим классам и по глубине представлено на таблице 1.

Таблица 1

Распределение землетрясений по глубине и энергетическим классам, территории Чиркейско-Ирганайского узла Сулакского каскада ГЭС, за период 2005-2010 г.

Класс зем-й	6	7	8	9	10	11	12
	Кол-во земл-й						
2-6	89	83	15	5	1	1	2
6-10	58	31	6	6	0	0	0
10-15	38	17	4	1	4	0	0
15-20	18	9	7	2	0	0	0
20-25	7	9	2	0	0	0	0
25-30	2	4	0	1	0	1	0
30 и более	6	6	4	1	2	0	0
Всего зем-й	218	159	38	16	6	2	2

Район расположения водохранилища Ирганайской ГЭС находится южнее Сулакского выступа, относится к Известняковому Дагестану. В соответствии с картой сейсмического районирования попадает в область возможных сотрясений с магнитудой 5.5 и может быть подвергнут сейсмическому воздействию благодаря распространению сотрясений на краевой части Терско-Каспийского прогиба в области его сочленения с отрогами Известнякового Дагестана, включая Сулакский выступ.

Как известно, район расположения Чиркейского водохранилища характеризуется сложным геологическим строением с широко развитой сетью глубинных разломов и высокой сейсмической активностью [4].

Таким образом, по геолого-тектоническим условиям район расположения Чиркейского водохранилища отличается от Ирганайского водохранилища, что, по всей вероятности, и отражается на сейсмическом режиме. Территория примыкающей к водохранилищу Ирганайской ГЭС остается практически асейсмичной. В связи с этим, следует отметить следующее обстоятельство, что заполнение водохранилища Ирганайской ГЭС происходило поэтапно в течение практически 12 лет с перерывами и небольшими объемами воды, кроме третьего его интенсивного этапа заполнения. Такой режим заполнения водохранилища, по всей вероятности, не повлиял на накопление упругих напряжений от дополнительной нагрузки. Энергия дополнительных упругих напряжений, по-видимому, медленно диссипировалась в окружающее пространство, не успевая накопиться.

На рис.3 представлена гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам за период 2005- 2010 годы в радиусе до 40 км от водохранилища Ирганайской ГЭС. Как видно из рисунка, для исследуемого района наиболее представительны землетрясения энергетического класса 6 и 7. Их количество составляет более 85% от общего количества, а землетрясения 8-12 энергетического класса менее 15%.

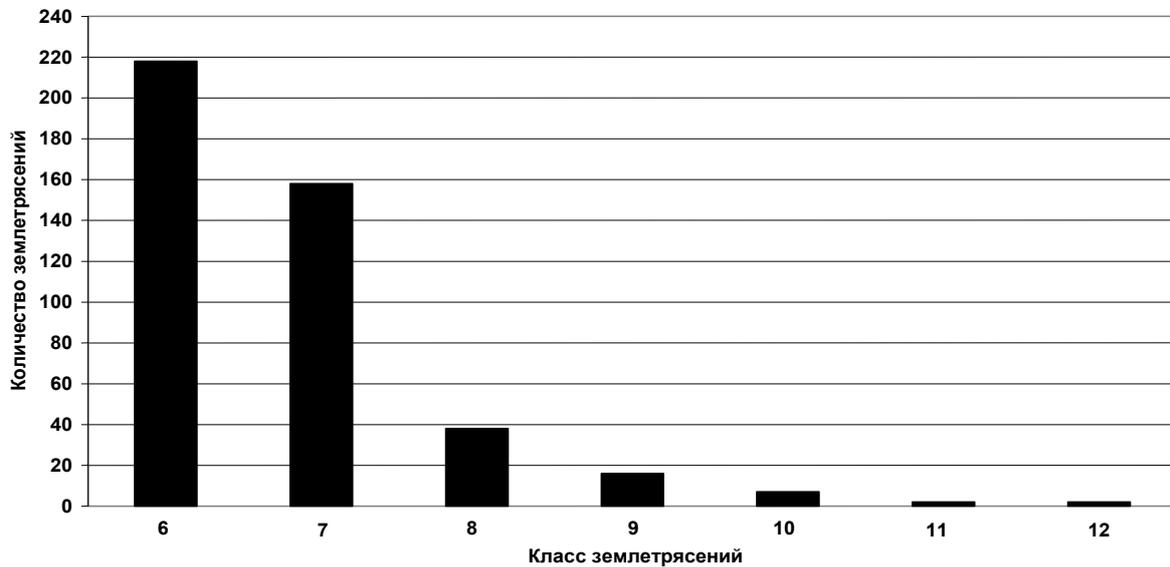


Рис.3. Гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам за период 01.2005- 12.2010 годы.

Рассмотрим распределение землетрясений по энергетическим классам в соответствии с этапами заполнения водохранилища Ирганайской ГЭС и выполним их сравнительный анализ, поскольку такой анализ должен показать отсутствие или наличие детерминированной связи между количеством сейсмических событий и изменением уровня и соответственно объемного режима водохранилища.

На рис.4 представлена гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам за период 01.2005 – 07.2006 годы. Данный период длительностью временного интервала более полутора лет, характеризуются стабильным уровнем и объемом воды в водохранилище. От первого этапа заполнения водохранилища прошло уже 8 лет и гравитационное воздействие воды на сейсмический режим прилегающей территории можно считать практически нивелированной.

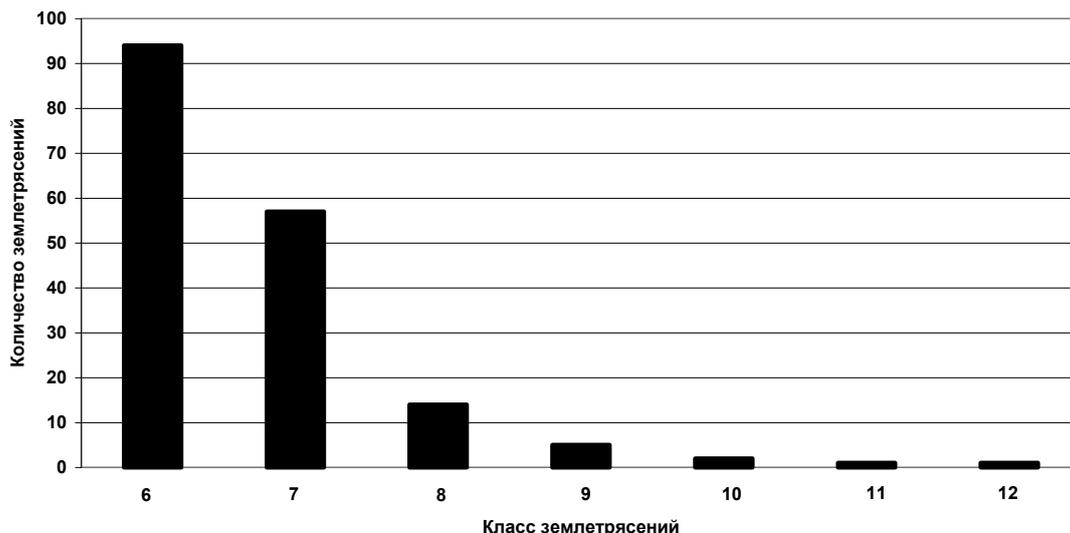


Рис.4. Гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам за период 01.2005 – 07.2006 годы

Общее количество сейсмических событий составляет 174, причем представительными являются сейсмические события 6 и 7 энергетического класса, их количество 151, что составляет примерно 86 % от общего количества сейсмических событий за этот период. В то же время, период характеризуется сейсмическими событиями более высокого 10,11 и 12 энергетического класса.

На рис.5 представлена гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам в период второго этапа заполнения водохранилища Ирганайской ГЭС (08.2006 -04. 2008 годы).

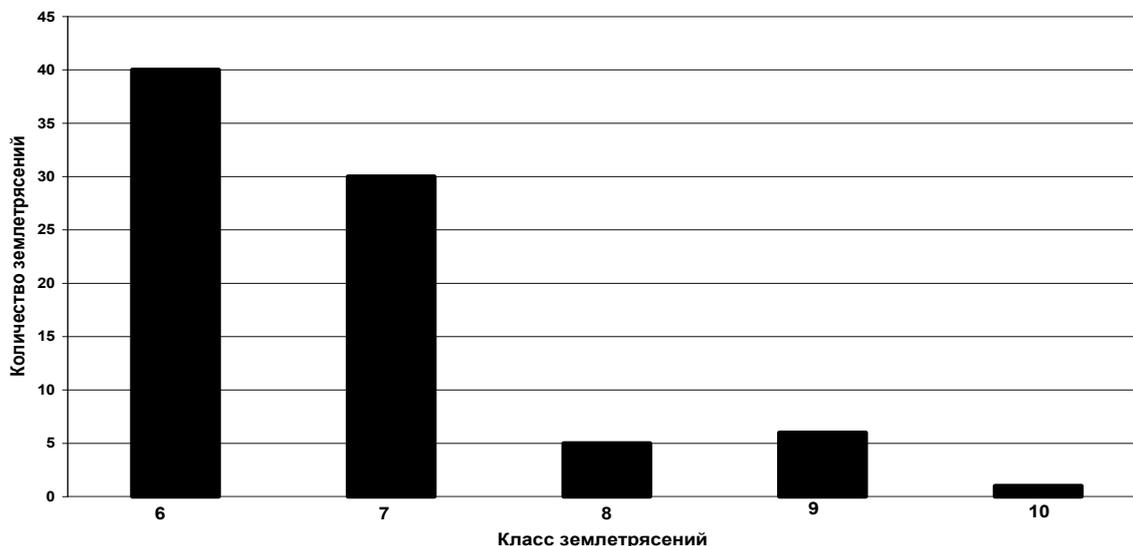


Рис.5. Гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам в период второго этапа заполнения водохранилища (08.2006-04.2008 г.)

Данный период характеризуется тем, что сейсмическая активность снизилась, хотя временной интервал данного этапа чуть больше, чем предыдущего этапа и уровень водохранилища повысилась на 20 метров. Общее количество сейсмических событий составляет 82, что 2 раза меньше по сравнению с предыдущим периодом.

Представительными остаются сейсмические события 6 и 7 энергетического класса, их количество 70, что составляет примерно 85 % от общего количества сейсмических событий за этот период. В то же время, период характеризуется не только снижением сейсмической активности по сравнению с предыдущим этапом, но и снижением сейсмических событий более высокого энергетического класса (только 1 событие 10 класса). Повышение уровня воды в водохранилище Ирганайской ГЭС на 20 метров, соответственно и его объема в период второго этапа заполнения, не повлиял на повышение сейсмической активности рассматриваемого района.

На рис. 6 представлена гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам в период третьего этапа интенсивного заполнения и последующей эксплуатации водохранилища Ирганайской ГЭС(04.2008-04.2009 г.г.)

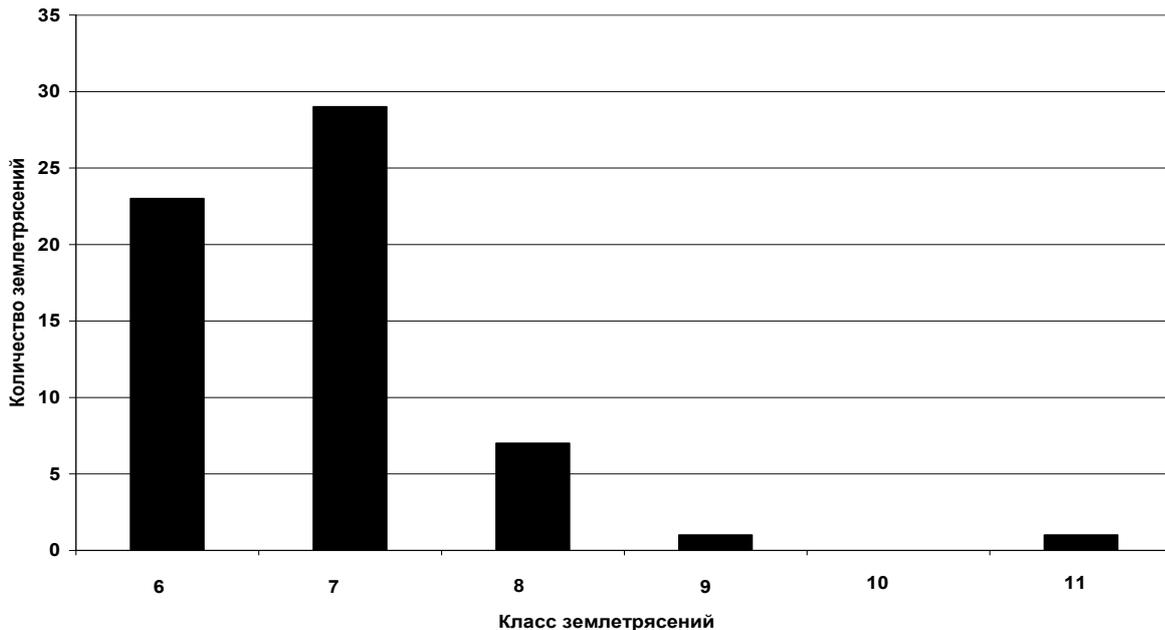


Рис.6. Гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам в период третьего этапа заполнения и эксплуатации водохранилища (04.2008-04.2009г.г.)

Общее количество сейсмических событий составляет 61, что значительно меньше по сравнению со вторым этапом заполнения водохранилища, хотя уровень воды поднялся еще на 27 метров. Представительными остаются сейсмические события 6 и 7 энергетического класса, их количество 52, что составляет примерно 83% от общего количества сейсмических событий за этот период. Интенсивное поднятие уровня воды в водохранилища на 27 метров и его снижение примерно на ту же величину не повлиял на повышение сейсмической активности.

На рис.7 представлена гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам в периоды эксплуатационного режима водохранилища в 2009-2010 годы. Временной интервал охватывает 2 периода нагрузки и разгрузки эксплуатационного режима водохранилища. Общее количество сейсмических событий составляет 121, из них сейсмические события 6 и 7 энергетического класса - 102, что составляет примерно 84 % от общего количества сейсмических событий за этот период. Данный период по длительности временного интервала сопоставим с периодом 2005-2006 годов, когда уровень и объем водохранилища сохранялся стабильным. Сравнение сейсмических режимов обоих периодов показывает, что количество сейсмических событий эксплуатационного периода значительно меньше, чем количество сейсмических событий стабильного периода (см. гистограммы 4 и 7).

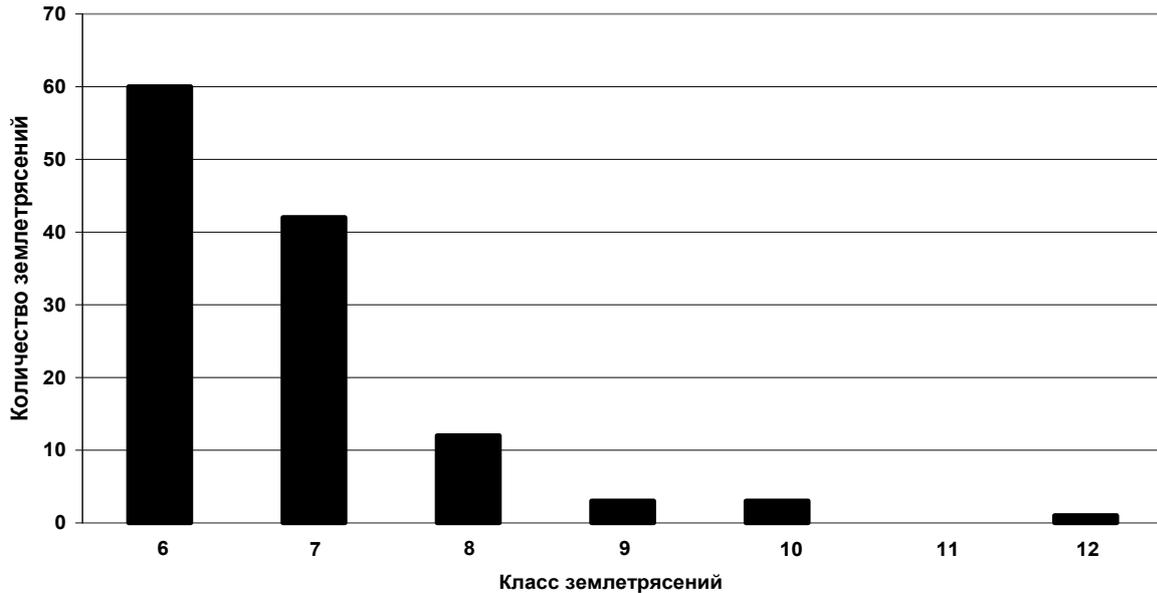


Рис.7. Гистограмма распределения землетрясений по энергетическим классам в периоды эксплуатационного режима водохранилища(05.2009-12.2010 г.)

Сравнительный анализ распределения землетрясений по энергетическим классам в соответствии с этапами заполнения водохранилища Ирганайской ГЭС показывает, что детерминированная связь между количеством сейсмических событий с одной стороны и изменением уровня и объемного режима водохранилища с другой стороны конкретно не выражена. Такое предположение подтверждается и в результате сравнения сейсмического режима периода 2005-2006 годов, когда уровень и объем водохранилища сохранялся стабильным, с сейсмическим режимом второго, третьего этапа заполнения водохранилища и его эксплуатационного режима работы (08.2006-04.2009 г.г.), которые характеризуется снижением сейсмической активности.

В связи с этим следует подчеркнуть, что сейсмический режим территории Чиркейско-Ирганайского узла Сулакского каскада ГЭС, по всей вероятности, определяет эксплуатационный режим Чиркейского водохранилища. Он предусматривает ежегодные периодические изменения уровня на 40 метров, что составляет половину объема воды в водохранилище (1,5 млрд. м³). Поскольку земная кора под воздействием водной нагрузки в районе водохранилища Чиркейской ГЭС упруго деформируется [3], то циклические изменения уровня воды и, соответственно, его объема в водохранилище вызывают вынужденные деформационные колебания в земной коре, соответствующие эксплуатационному режиму. При этом горная порода испытывает периодически, то сжатие, то растяжение, в результате чего изменяется его порово-трещинный объем, что в свою очередь приводит к уменьшению прочности пород и, как следствие, изменению реологических свойств геологической среды и формированию очагов землетрясений. Кроме того, при циклическом изменении напряженного состояния твердые тела разрушаются при значительно меньшей нагрузке, чем при однократном деформировании, причем с увеличением числа циклов разрушающая нагрузка уменьшается. Это явление обусловленное усталостью материала проявляется очень резко [5] и играет, по-видимому, важную роль в сейсмическом процессе исследуемой территории.

На рисунке 8, показан график повторяемости территории прилегающей к Чиркейско-Ирганайскому узлу Сулакского каскада ГЭС в радиусе до 40 км, по сейсмическим данным за период 2005-2010 годы. Угловым коэффициентом графика повторяемости оказался равным $\gamma = 0,37$.

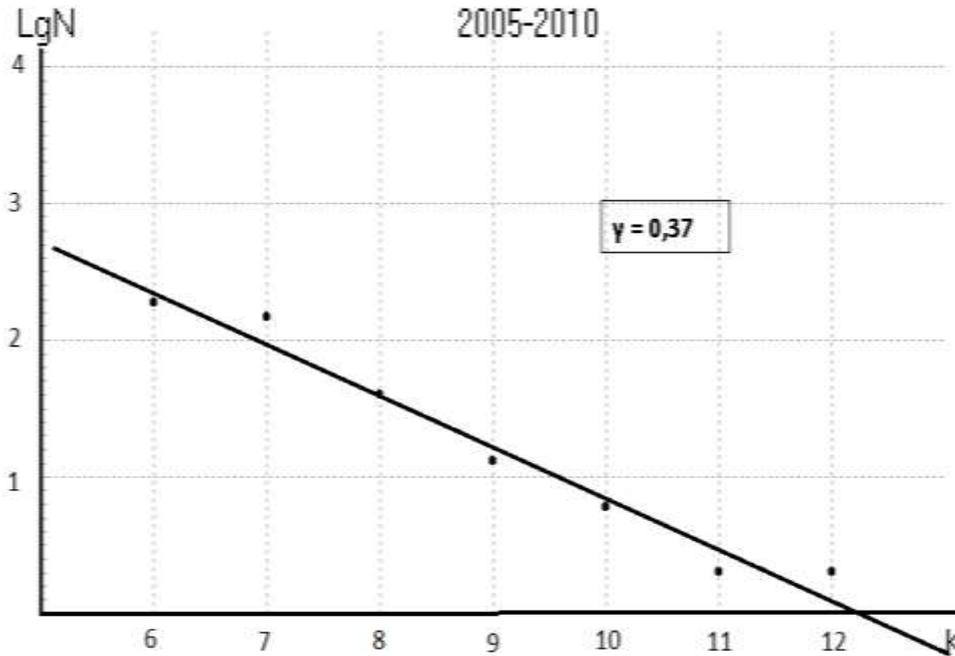


Рис.8. График повторяемости территории прилегающей к Чиркейско – Ирганайскому узлу Сулакского каскада ГЭС

Как известно, угловой коэффициент графика повторяемости характеризует плотностные свойства геологической среды (условная вязкость), ее трещиноватость, раздробленность или консолидированность. Чем консолидированнее геологическая среда, тем выше энергетический класс землетрясения. Как показано в работе [6], угловой коэффициент γ до заполнения водохранилища Чиркейской ГЭС равен 0,49, что соответствует значению γ для всей территории Дагестана. После начала заполнения водохранилища изменился сейсмический режим прилегающей территории, а величина углового коэффициента снизилась до величины $\gamma = 0,36$, что практически совпадает с величиной полученной нами для территории, прилегающей к Чиркейско-Ирганайскому узлу Сулакского каскада ГЭС.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Заполнение и эксплуатация водохранилища Ирганайской ГЭС существенно не влияет на сейсмический режим исследуемой территории.
2. В результате длительной эксплуатации водохранилища Чиркейской ГЭС (более 40 лет) изменились реологические свойства геологической среды и, соответственно, сейсмический режим, прилегающей к водохранилищу территории, что отразилось на величине угла наклона графика повторяемости.

Литература

1. Гупта Х., Растоги Б. Плотины и землетрясения. М., Мир, 1979.
2. Соболева О.В. Изменение механизмов очагов слабых землетрясений под влиянием Нурекского водохранилища. – Изв. АН СССР. Физика Земли, 1980, №1, с. 34-42.
3. Саидов О.А. Деформации прогибания и возбужденные землетрясения. – Изв. АН СССР. Советская геология, 1984, №1, с. 120-125.
4. Левкович Р.А., Дейнега Г.И., Каспаров С.А., и др. Геодинамический эффект, создания крупных водохранилищ в сейсмоактивных областях. М., Наука, 1982.
5. Ярошевский В. Тектоника размывов и складок. М., Недра, 1981
6. Идармачев Ш.Г., Левкович Р.А., и др. Изменение некоторых характеристик сейсмичности района водохранилища Чиркейской ГЭС в период его заполнения. – В кн.: Сейсмический режим территории Дагестана. Махачкала, 1977, №1(13), с.3-9.

УДК 550.343.64

К ВОПРОСУ ПЕРЕВОДА ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА КОЛИЧЕСТВЕННУЮ ОСНОВУ

Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Мамаев А.С., Маммаева Ж.А.

Институт геологии ДНЦ РАН, Дагестанский государственный университет

Прогнозирование землетрясений необходимо в первую очередь для исключения человеческих жертв, обеспечение государственных органов о месте, времени и силе землетрясения. Такой прогноз возможен только тогда, когда все параметры предвестников землетрясений будут математически и физически сведены в единую базу знаний с выдачей ежедневных бюллетеней о поведении каждого предвестника и сейсмической ситуации в исследуемом регионе. В статье изложен один из геофизических методов прогноза землетрясений, основанный на электрометрических измерениях датчиков в скважинах, который впервые был предложен известным ученым-сейсмологом Мусаевым Исмаилом Алиловичем.

Ключевые слова: магнитуда, прогноз землетрясений, амплитуда, частота, датчики измерений.

TO THE QUESTION OF TRANSLATION OF EARTHQUAKE FORECASTS ON A QUANTITY

Mamaev S. A., Ibayev J. G., Mamaev, A. S., J. A. Mammaeva

Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences, Dagestan state University

Forecasting of earthquakes is necessary first of all for the exclusion of human victims, provision of state bodies about the place, time and strength of the earthquake. Such a forecast is possible only when all the parameters of earthquake precursors are mathematically and physically combined into a single knowledge base with the issuance of daily bulletins on the behavior of each precursor and the seismic situation in general in the region under study. The article describes one of the geophysical methods of earthquake prediction, based on the electrometric measurements of sensors in the wells, which was first proposed by the well-known seismologist Musaeu Ismail Alievich.

Key words: magnitude, earthquake forecast, amplitude, frequency, measurement sensors.

Прогноз землетрясений все еще остается проблематичным, несмотря на множество попыток применяемых различными учеными на решение этого вопроса. Прогнозом землетрясений в частности занимались геофизики, обладающие колоссальным опытом практической работы на скважинах. Поскольку все они находились в плену идей геологии о тектонических движениях и то их исследования заранее были обречены на неудачу. В.В. Белоусов в своем классическом труде [11] дает около 25-ти причин тектонических движений. Согласно этим причинам - землетрясение это следствие медленных движений, практически не поддающихся измерению. Даже после того, как были обнаружены предвестники неподдающиеся объяснению с точки зрения современной геологии, геофизики продолжали следовать господствующей парадигме: "Вот я землетрясение - прогнозируйте!".

Прогнозирование землетрясений состоит в определении количественных значений магнитуды (M), расстояния до эпицентра (Δ) и времени оставшегося до момента землетрясения ($t_{\text{опер}}$). Следовательно измеряемые параметры должны зависеть от M , Δ и $t_{\text{опер}}$.

Для этого мы предлагаем использовать данные электрометрических измерений, известных под названием потенциалы собственной поляризации (ПС), которые являются стандартными и обязательными видами измерений, входящими в комплекс геофизических работ в скважинах. По результатам измерений проводимых протягиванием одного электрода вдоль ствола скважины (второй в это время находится на поверхности), получают кривую ПС по которой безошибочно можно выделить проницаемые и не проницаемые пласты, и соответственно получить разрез осадочных терригенно-карбонатных пород земной коры по литологическим признакам [1]. У авторов данной статьи возникла идея использовать такой устойчивый электрический параметр как кривая ПС для изучения геодинамических явлений в земной коре, в том числе и для прогноза землетрясений.

Регистрируемый по этим измерениям параметр адекватно реагирует на M , Δ и t_{onep} . Этот факт придает уверенность в том, что предлагаемые измерения и получаемые количественные оценки M , Δ и t_{onep} окажутся перспективными для прогноза землетрясений.

Предлагаемый нами способ состоит в следующем:

1. Регистрируемый со скважинных датчиков суточный сигнал подвергается спектральному анализу [2-5]. В результате получаем значения 47 амплитуд A_i и 47 частот.
2. Каждая амплитуда определяется параметрами, как самого прогнозируемого землетрясения, так и другими динамическими эффектами [1].

Эмпирически предполагается, что

$$A_i = a_{11} \Delta + a_{12} K + a_{13} t_{onep} + a_{дин},$$

где K – энергетический класс, a_{11} , a_{12} , a_{13} – коэффициенты пропорциональности, $a_{дин}$ – коэффициент динамического эффекта.

Если вблизи первого датчика расположить второй, то по аналогии можно написать:

$$B_i = b_{11} \Delta + b_{12} K + b_{13} t_{onep} + b_{дин}.$$

Предполагая что $a_{дин} \approx b_{дин}$ можно избавиться от динамических эффектов не связанных с землетрясением вычисляя разность $A_i - B_i = (a_{11} - b_{11}) \Delta + (a_{12} - b_{12}) K + (a_{13} - b_{13}) t_{onep}$.

Обозначая $A_i - B_i = d_i$; $(a_{11} - b_{11}) = C_{11}$; $(a_{12} - b_{12}) = C_{12}$; $(a_{13} - b_{13}) = C_{13}$, получим систему из 47 выражений:

$$\begin{cases} d_1 = C_{11}^1 \Delta + C_{12}^1 K + C_{13}^1 t_{onep} \\ d_2 = C_{11}^2 \Delta + C_{12}^2 K + C_{13}^2 t_{onep} \\ \dots\dots\dots \\ d_{47} = C_{11}^{47} \Delta + C_{12}^{47} K + C_{13}^{47} t_{onep} \end{cases}$$

где верхний индекс при C означает порядковый номер разных амплитуд.

3. На основе накопившейся выборки методом наименьших квадратов определяем значения коэффициентов C_{11} , C_{12} , C_{13} (всего – 141 значение)

Для этого минимизируем сумму:

$$\sum_{n=1}^N (d_i - C_{11}^i \Delta - C_{12}^i K - C_{13}^i t_{onep})^2 \rightarrow \min$$

где N – количество землетрясений в данной подготовленной выборке для каждого номера.

Таким образом для каждого значения d_i мы получаем постоянные числовые коэффициенты C_{ij} , определяющие зависимости:

$$\begin{cases} d_1 = m_1 \Delta + P_1 K + q_1 t_{onep} \\ d_2 = m_2 \Delta + P_2 K + q_2 t_{onep} \\ \dots\dots\dots \\ d_{47} = m_{47} \Delta + P_{47} K + q_{47} t_{onep} \end{cases}$$

где m_i , P_i , q_i – коэффициенты, рассчитанные для данной выборки.

4. Для осуществления прогноза, по ежедневно измеряемым значениям d_i и рассчитанным m_i , P_i , q_i определяем Δ , K , t_{onep} решая систему трех уравнений:

$$\begin{cases} d_1 = m_1 \Delta + P_1 K + q_1 t_{onep} \\ d_2 = m_2 \Delta + P_2 K + q_2 t_{onep} \\ d_3 = m_3 \Delta + P_3 K + q_3 t_{onep} \end{cases}$$

Поскольку наше первичное уравнение приближенное и определяемые значения Δ , K , t_{onep} будут приближенными.

5. Для получения более точных значений необходимо на ЭВМ решить 583740 уравнений определяющих C_{ij}^k и взять среднее из них. Отметим, что получаемый результат состоит из трех частей: 1) лунная длиннопериодная, 2) солнечных возмущений и 3) внутренних волновых возмущений. Поэтому спектр разбиваем на три части:

а. для первой части будем иметь 20160 значений $\Delta, K, t_{опер}$

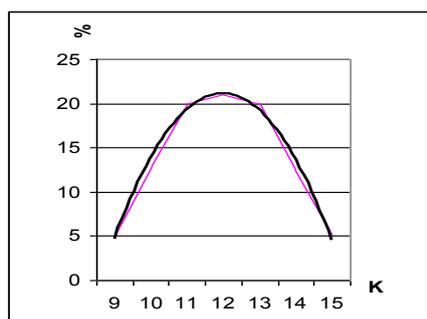
б. для второй 13104

с. для третьей части 41040 значений $\Delta, K, t_{опер}$

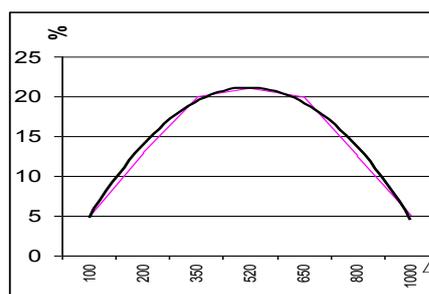
6. Для каждой части компьютер строит прогнозный статистический график распределения $K, \Delta, t_{опер}$.

Например, если будет $K = 12, \Delta = 500$ и через $t=10$ то компьютер можно дать следующие графики.

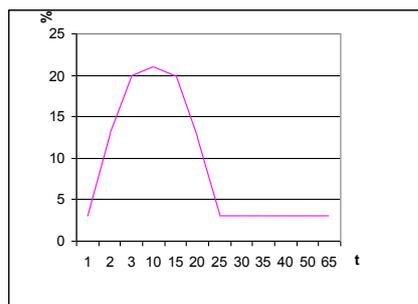
K=10-11-%
11-12-%
12-13%
13-14%



$\Delta = 0-100$ км - %
100-200 - %
200-500 - %
500-700 - %



Для $t_{опер}$
t – 1-2 дней - %
2-5 дней - %
5-10 дней - %



Таким образом, конечная прогнозная информация состоит из трех графиков распределения $\Delta, K, t_{опер}$. Какая часть спектра лучше определяет то или иное землетрясение устанавливается на практике.

По предварительным наблюдениям, проведенным нами на практике можно отметить следующее:

1. Близкое сильное землетрясение будет давать почти одинаковые значения $\Delta, K, t_{опер}$, на всех частях спектра.

2. Далекое сильное землетрясение, наиболее правильные значения будут давать первая часть спектра.

Заключение:

Прогноз землетрясений является актуальной задачей современного человечества, которое не имеет точного аналитического решения. Решение данной задачи позволило бы сохранить миллионы человеческих жизней. В настоящее время имеются достаточно большое количество исследований посвященных этому вопросу. Несмотря на такое многообразие способов, и видов прогноза землетрясений приходится констатировать тот факт, что рассматриваемая задача будет актуальна и в последующие несколько десятилетий. В данной статье нами предложен один из возможных вариантов прогноза землетрясений, основанный на обработке геофизических данных получаемых со скважинных датчиков. Хотя наш метод не претендует на полную строгость и универсальность, надеемся, что он поможет для дальнейшего развития и уточнения методов прогноза землетрясений.

Литература

1. Мусаев И.А. Потенциалы естественного электрического поля Земли в задачах изучения геодинамических и сейсмических явлений Дисс. на соиск. уч. степени к.ф.-м.н. М.- 1993.- 101 с.
2. Мамаев С.А. Оценка статистической модели здания и статистической модели сейсмического воздействия на основе инженерно-сейсмометрической информации. Дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. М.- 1991.- 119 с.
3. Черкашин В.И., Дорофеев В.М., Крамынин П.И., Мамаев С.А., Магомедов Р.А., Никуев Р.Ю. Организация инженерно-сейсмометрической службыв Республике Дагестан. Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 14. С. 25-37.
4. Отчет о результатах сейсмологических и газогеохимических наблюдений на территории ДАССР, проведенных Опытно-методической партией в 1989г. Махачкала 1990г. фонды ОМП.220
5. Мусаев И.А. Использование ПС в скважине для изучения динамики Земли. В сб. "Сейсмичность и гидрогазогеохимия территории Дагестана, вып. 2 (17) Махачкала 1978 г. с. 167-170.
6. Исмаилов И.А. Мусаев И.А. К вопросу о реологических свойствах земной коры Там же с 171-177.
7. Амирханов Х.И., Суетнов В.В., Мусаев И.А., Исмаилов А.Ш. Явление релаксации деформаций с колебаниями и преобразование суточных возмущающих напряжений в медленные калемательные движения в земной коре. Там же с. 203-207.
8. Мусаев И.А. Регистрация потенциалов собственной поляризации в скважине связанных с землетрясением, и природа естественного электрического поля Земли. Доклады Ан.СССР 1977г. 236, №5, 1102-1104.
9. Мусаев И.А., Магомедов А.Г. Влияние сезонных изменений уровня Чиркейского водохранилища на температурный режим в вертикальном разрезе пород. В сб. Тр. ин-та Проблем геотермин 1986г. вып.5. с. 49-55.
10. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А., Абакаров А.Д., Таймазов М.Д. О состоянии и перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 51. С. 36-42.
11. Белоусов В.В. Основы геотектоники. Изд. "Недра". 1975. -275 с.

УДК 550.343

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ В ЧИРКЕЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ КАЖУЩЕГОСЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОРОД В СКВАЖИНЕ

Идармачев И.Ш.

Институт геологии ДНЦ РАН

Рассмотрены результаты измерений кажущегося сопротивления пород в скважине, расположенной в районе Чиркейской ГЭС. Проанализирована связь, полученных данных с изменением сезонной минерализации воды в водохранилище. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что изменение минерализации воды в водохранилище не оказывает влияния на кажущееся сопротивление пород в скважине.

Ключевые слова: минерализация, кажущееся сопротивление горных пород, водохранилище.

A STUDY OF THE INFLUENCE OF WATER MINERALIZATION IN CHIRKEY RESERVOIR ON THE RESULTS OF MEASUREMENTS OF APPARENT RESISTIVITY OF ROCKS IN THE WELL

Idormachev I. Sh.

Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS

The results of measurements of apparent resistivity of rocks in the borehole, is Noi in the area of Chirkey hydro-power station. Analyze the correlation of received data with changing seasonal mineralization of water in the reservoir. The data obtained allow to conclude that the change in salinity of water in the reservoir has no effect on the apparent resistivity of rocks in the well.

Ke words: salinity, the apparent resistivity of rocks reservoir.

Анализ экспериментальных данных

Удельное электрическое сопротивление свободной воды (гравитационной и капиллярной) меняется от долей Ом·м при высокой общей минерализации ($M > 10$ г / л) до 1000 Ом·м при низкой минерализации ($M < 0.01$ г / л). Химический состав растворенных в воде солей не играет существенной роли, поэтому по данным электроразведки можно судить лишь об общей минерализации подземных вод. На рис. 1. показан график зависимости удельного сопротивления воды от минерализации.

По химическому составу вода в Чиркейском водохранилище относится к гидрокарбонатному классу с преобладанием иона HCO_3 , по степени минерализации – к категории пресной (368–601 мг/л). Большинство рек Дагестана имеет воду средней степени минерализации от 200 до 500 мг/л. Воды рек высокогорных районов, расположенных в непосредственной близости от областей питания (ледники, снежники) отличаются низкой минерализацией (120 мг/л). В Чиркейское водохранилище впадают такие реки как Аварское Койсу, Андийское Койсу, Кара Койсу и Казикумухское Койсу, формируя, таким образом, реку Сулак. Все они берут свое начало на Главном Кавказском хребте. Сезонные колебания степени минерализации вод противоположны колебаниям расходов рек – в теплый период с увеличением доли снегового питания минерализация уменьшается, а в холодные месяцы в связи с переходом на подземное питание – увеличивается [Шейхов и др., 1978]. Минимальные значения минерализации отмечаются в июне – июле, а максимальные – в декабре – январе.

Для определения сезонного хода минерализации воды в Чиркейском водохранилище были взяты пробы воды в районе плотины ГЭС через каждые семь суток. Период наблюдений составил 7 месяцев. В конце наблюдений для всех проб были сделаны замеры удельного сопротивления воды, чтобы исключить влияние температуры на ход графика. Погрешность измерений $R_{\text{воды}}$ не превышает 3%. Полученные данные приведены на рис. 2.

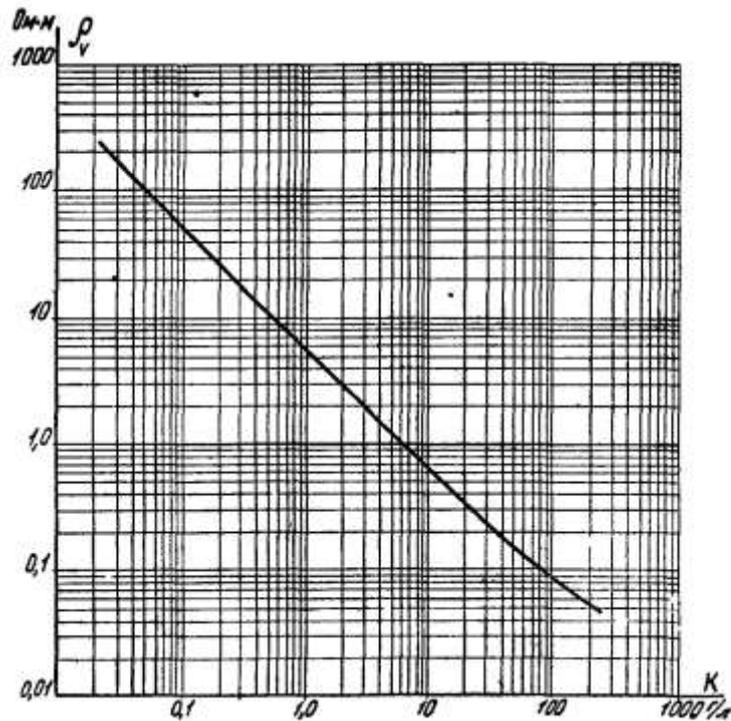


Рис. 1. График удельного электрического сопротивления воды от минерализации

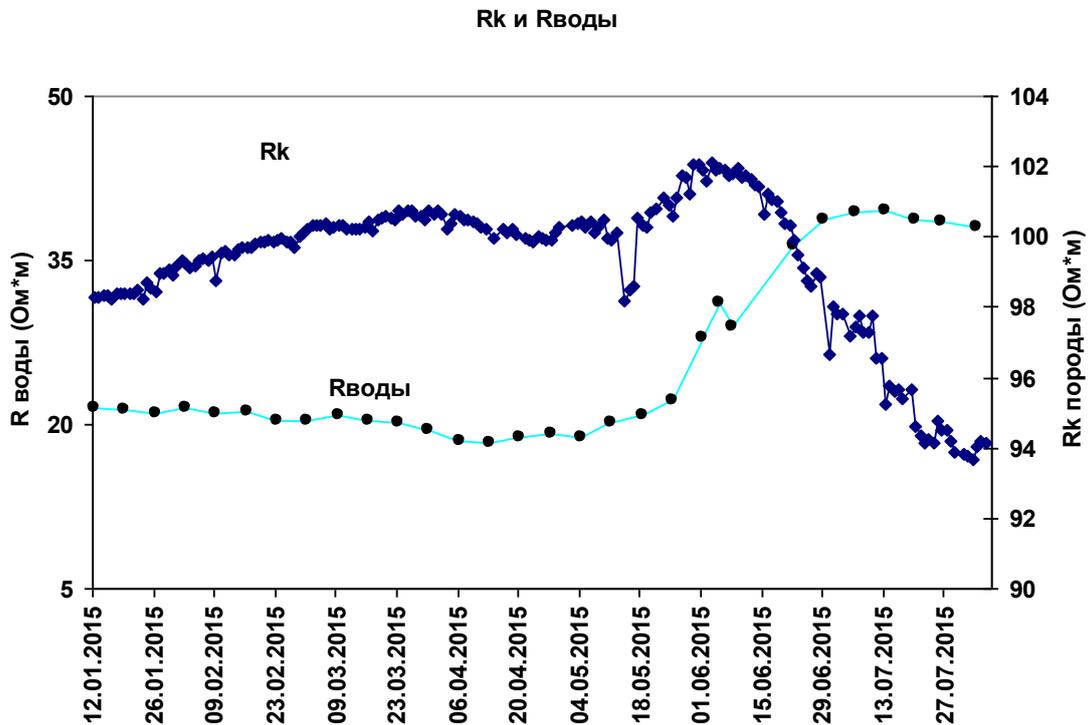


Рис. 2. Графики кажущегося сопротивления пород в скважине и удельного сопротивления воды в Чиркейском водохранилище возле плотины ГЭС

На графике в зимний и весенний периоды удельное сопротивление воды в водохранилище медленно понижается, а затем с середины апреля начинается подъем. В июне месяце, в период летних дождей и таяния снега в горах, амплитуда подъема Rводы резко увеличивается.

Удельное сопротивление породы определяется формулой Арчи [2]:

$$\rho_n = \frac{\rho_{\text{воды}}}{K^m} \quad (1)$$

где ρ_n – удельное сопротивление породы; $\rho_{\text{воды}}$ – удельное сопротивление воды; K – коэффициент пористости ($K=V_1/V_2$, где V_1 – объем порового пространства; V_2 – объем породы); m – структурный параметр породы.

Из формулы (1) следует, что сопротивление породы растет прямо пропорционально сопротивлению воды в порах, следовательно, величина кажущегося сопротивления пород в скважине должно было увеличиться более чем на 100%, при условии фильтрации воды через исследуемую породу. Однако на графиках мы видим совершенно другую картину, с повышением сопротивления воды в водохранилище кажущееся сопротивление породы в скважине понижается на 6-10%. Более того, начиная с июля месяца, наблюдается полное различие графиков – при постоянном сопротивлении воды кажущееся сопротивление продолжает уменьшаться. Из этих данных следует, что сезонное изменение минерализации воды в водохранилище не оказывает свое влияние на величину кажущегося сопротивления пород в скважине.

Вывод

Анализ графиков сопротивления породы и сопротивления воды показывает их полное несоответствие и позволяет сделать вывод о том, что минерализация воды в водохранилище не оказывает своего влияния на степень минерализации воды в скважине. Для выяснения данного вопроса необходимо осуществить режимные измерения электрического сопротивления воды в скважине на различных уровнях воды, в том числе рядом с установкой электрического зондирования.

Литература

1. Шейхов Ю.Г., Ходжаян Г.П., Соколенко В.Н. Солевой поверхностный сток в Каспийское море в пределах Дагестана. – Газогеохимические особенности подземных вод Дагестана. Сб. тр. Дагестанского филиала АН СССР. Институт геологии. Махачкала. 1978. С. 51-55.
2. Archie, G.E. The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. Trans. Am. Inst. Mining Met. Eng. 1942. 146. 54-621994. N 3. P. 572-580.

УДК. 550.42

ФОРМИРОВАНИЕ ГАЗОВОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДАГЕСТАНА ПО ИЗОТОПНЫМ ДАННЫМ УГЛЕРОДА, ГЕЛИЯ И АРГОНА

Газалиев И.М.

Институт геологии ДНЦ РАН

Приводятся данные по изотопному составу углерода, гелия и аргона природных газов подземных вод Горного и Предгорного Дагестана. В зависимости от распределения этих изотопов в газах обосновывается их генезис. Показано, что генезис газовых компонентов подземных вод связан с самыми различными процессами, происходящими на различных глубинах геологического разреза. Основными из них являются: биохимическое и термокаталитическое преобразование органического вещества пород, термометаморфизм карбонатных отложений и поступление в верхние горизонты мантийных флюидов. Формирование газов подземных вод происходит в результате смешения компонентов, поступающих с различных глубин.

Ключевые слова: природные газы, генезис, изотопный состав углерода, гелия, аргона

FORMATION OF THE GAS COMPOSITION OF UNDERGROUND WATER OF DAGHESTAN ON ISOTOPIC DATA OF CARBON, HELIUM AND ARGON

Gazaliev I.G.

Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences

Data are given on the isotope composition of carbon, helium, and argon of natural gases of the underground waters of Mountainous and Foothill Dagestan. Depending on the distribution of these isotopes in gases, their genesis is justified. It is shown that the genesis of the gas components of groundwater is associated with a variety of processes occurring at different depths of the geological section. The main of them are: biochemical and thermocatalytic transformation of the organic matter of rocks, thermometamorphism of carbonate deposits and the flow of mantle fluids into the upper horizons. The formation of groundwater gases occurs as a result of mixing of components coming from different depths.

Keywords: natural gases, genesis, isotopic composition of carbon, helium, argon

Наиболее перспективным направлением, развиваемым в последнее время, для решения генетических вопросов в области газовой геохимии, является изучение изотопного состава элементов, входящих в состав летучих. Особую ценность изотопные методы приобретают при решении вопросов формирования природных газов в районах со сложным тектоническим строением и режимом. Именно такими условиями характеризуется территория Дагестана. Интенсивная тектоническая нарушенность и сейсмическая активность региона обусловили формирование газового состава подземных вод за счет смешения компонентов, поступающих с разных глубин. Их генерация происходит в самых разнообразных геолого-геохимических условиях, а высокие миграционные свойства приводят к образованию газовых смесей, характеризующихся различным происхождением отдельных компонентов. Поэтому генетическая идентификация природных газов, исходя из анализа их химического состава, вызывает определенные затруднения. Привлечение методов изотопной геохимии позволяет облегчить эту задачу. Изотопный состав элементов несет объективную информацию о характере процессов, в которых участвовали изучаемые соединения и природе их исходных продуктов. Это дает возможность, исходя из данных изотопных определений и учета особенностей геологического строения района, получить достоверные сведения об условиях, в которых формируются природные газы.

Для установления генезиса метана и двуокиси углерода, входящих в состав природных газов привлекаются данные изотопного состава углерода.

Распространенность стабильных изотопов ^{12}C и ^{13}C составляет соответственно 98,87 - 98,98 и 1,02 - 1,13%, а отношение $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ изменяется от 0,01030 до 0,01142. Принято представлять это отношение в значениях $\delta^{13}\text{C}$, которое определяется по формуле:

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\frac{C^{13} / C^{12}_{\text{обр}}}{C^{13} / C^{12}_{\text{станд.}}} - 1 \right] \cdot 1000$$

В качестве общепринятого стандарта используется эталон РДВ, представляющий собой углерод карбоната кальция окаменелости *Belemnitella americana* позднемелового возраста из формации ПИ-ДИ (Южная Каролина, США). Углерод стандарта РДВ характеризуется абсолютной величиной отношения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, равной 0,0112372. Эта величина принимается за нуль ($\delta^{13}\text{C} = 0,00$), Значения $\delta^{13}\text{C}$ со знаком «+» соответствуют обогащению, а со знаком «-» обеднению изотопом ^{13}C в исследуемом образце по сравнению со стандартом.

Исходными веществами для синтеза углекислого газа и метана могут быть различные углеродсодержащие соединения. Естественно, изотопный состав углерода образующихся газов будет зависеть от $\delta^{13}\text{C}$ исходного вещества. Средние значения $\delta^{13}\text{C}$ некоторых возможных исходных веществ для образования природных газов приведены ниже.

Вещество	Карбонаты	РОВ	Угли	Нефти	Углистые хондриты	Обычные хондриты
$\delta^{13}\text{C}_{\text{ср}} \text{‰}$	0,00	-23,7	-25,0	-28,1	-7,0	-22,0

Соотношение изотопов углерода в природных газах определяется характером процесса газообразования. Метан и двуокись углерода могут иметь глубинное происхождение, могут образовываться при биохимической деятельности или в процессе термокаталитического преобразования захороненного органического вещества. В связи с этим различную величину имеют возникающие при генерации изотопные эффекты.

В приповерхностных условиях образование углеводородных газов связано с биохимическими процессами преобразования растительных и животных остатков. Для таких газов характерно очень низкое содержание тяжелых углеводородов (не более тысячных-сотых долей процента) и наибольшая обогащенность метана легким изотопом ^{12}C по сравнению с метаном другого происхождения ($\delta^{13}\text{C} = -55 \div -93 \text{‰}$) (Алексеев Ф.А. и др., 1978). Это обогащение рассматривается как результат изотопно-обменной реакции $\text{CO}_2\text{-CH}_4$, катализируемой бактериями.

Для основной массы углеводородных газов осадочных пород $\delta^{13}\text{C}$ CH_4 меняется от -30 до -55‰ . Изотопные данные свидетельствуют в пользу такой схемы, которая предполагает генерацию метана каталитическим путем из органического материала, рассеянного в толще осадочных пород. По Э.М. Галимову (1973) метан различного изотопного состава образуется в зависимости от стадии углефикации, с которой связана степень внутримолекулярной неоднородности органического вещества. Обогащение тяжелым изотопом углерода CH_4 на зрелых стадиях катагенеза, обусловлено радикальным механизмом реакций. Величина $\delta^{13}\text{C}$ метана должна также зависеть от типа органического вещества (гумусовое, сапропелевое).

При термальной деструкции углеводородов нефти предполагается образование метана с избытком легкого изотопа.

Вследствие термодинамического изотопного эффекта более окисленные формы четырехвалентного углерода изотопически более тяжелы. Это можно представить рядом $\text{CO}_3^{2-} - \text{CO}_2 - \text{C} - \text{CnHm} - \text{CH}_4 - \text{CO}$, в котором CH_4 и CO наиболее изотопно легкие соединения. В природных условиях это обуславливает более утяжеление изотопного состава гомологов метана по мере увеличения их молекулярного веса.

Значительные количества метана в осадочных отложениях связаны с каменноугольными месторождениями. Этот метан выделяется в процессе метаморфизма (катагенеза) каменных углей. Наблюдается зависимость изотопного состава углерода образующегося метана от степени метаморфизма углей: с увеличением степени метаморфизма углей повышается содержание тяжелого изотопа углерода в метане, для метана бурых углей $\delta^{13}\text{C}$ в среднем составляет -54‰ каменных углей -35 , антрацитов -21‰ (Алексеев Ф.А. и др., 1978).

Двуокись углерода сопутствует метану в природном газе и широко распространена в рассеянном состоянии. В качестве нормального значения в газах осадочных пород, как считает Э.М. Галимов, (1968), следует принимать значение $\delta^{13}\text{C}$ $\text{CO}_2 - 7 \text{‰}$. К этому значению приближается изотоп-

ный, состав углекислого газа в тех случаях, когда CO_2 является преобладающим компонентом в составе природного газа. В тех же случаях, когда двуокись углерода присутствует в небольших количествах, изотопный состав ее может существенно зависеть от характера того частного источника, который сыграл главную роль в данном конкретном случае.

Образующаяся в процессе анаэробного разложения деструктивная углекислота обогащена тяжелым изотопом относительно углерода исходного органического вещества. Двуокись углерода, связанная с выщелачиванием карбонатов или их разложением в процессе термального метаморфизма, унаследует изотопный состав углерода исходного карбонатного вещества. Основная масса изотопно-легкой углекислоты образуется в процессе окисления органического углерода в недрах. Ее изотопный состав совпадает со средним изотопным составом окисляющегося органического вещества. Часть углекислота может поступать в осадочные породы с инфильтрациями водами. Углерод ее имеет такой же изотопный состав, как углерод CO_2 грунтовых вод и почвенной углекислоты, т.е. в среднем $\delta^{13}\text{C} = -25\text{‰}$.

В районах современной или недавно закончившейся вулканической деятельности распространены подземные воды, газующие углекислотой. Двуокиси углерода здесь двойного происхождения. Она может образовываться при термометаморфизме карбонатных пород или при дегазации магмы, поступая в литосферу вместе с летучими компонентами магматического расплава. Значения $\delta^{13}\text{C}$ CO_2 районов современного вулканизма, как показали многочисленные исследования, меняются в интервале от -1 до -18‰ , составляя в среднем -7‰ . Эта величина совпадает с изотопным составом эндогенных форм углерода (алмазы, кимберлитовых трубок, газовые включения минералов изверженных пород, карбонаты) и принимается за значение $\delta^{13}\text{C}$ ювенильной углекислоты.

Метан в вулканических и термальных газах в отличие от двуокиси углерода обогащен изотопом ^{12}C ($\delta^{13}\text{C} = -10,4 \div -32\text{‰}$). Этот эффект обусловлен изотопным обменом в системе $\text{CO}_2\text{-CH}_4$, протекающим в условиях повышенных температур. При соотношении $\text{CO}_2 : \text{CH}_4 = 100 : 1$ (близкое к вулканическим газам) в результате разделения изотопов изменится практически только изотопный состав CH_4 , а изотопный состав CO_2 сохранится неизменным. Первичный изотопный состав эндогенного метана, обнаруженного в газовых (преимущественно метанового состава) включениях изверженных пород, характеризуется значениями $\delta^{13}\text{C}$ от -28 до -13‰ (Галимов Э.М., Петерсильев И.А., 1967).

Изучение природных газов Дагестана началось с конца прошлого века и продолжается до настоящего времени, при чем мнения об их происхождении весьма разнообразны.

По мнению Д.В. Дробышева (1932), В.Д. Голубятникова (1932) и Н.Ю. Успенской (1934) примесь гелия в газовых эманациях гидротерм Южного Горного Дагестана является ювенильной, что объясняется возможной близостью магматических интрузий, еще не вскрытых эрозией. Наличие метана в этих газопроявлениях связывалось (Голубятников В.Д., 1932) с его генерацией при внедрении интрузивных магматических тел в угленосные толщи юрских сланцев лейаса. Такой же точки зрения придерживался и С.А. Ковалевский (1935) в отношении углеводородных газов акватории Каспийского моря. И.А. Конюхов (1963) рассматривал средне- и нижнеюрские отложения в виду их региональной битуминозности не только как нефтегазоносные, но и как нефтепроизводящие (нефтематеринские). Формирование метанового, а также смешанного состава спонтанных газов (минеральных источников Горного Дагестана, где азот доминирует над углекислотой, В.В. Гецеу и Д.Г. Осика (1975) связывают с биохимическими процессами разложения рассеянного органического вещества пород.

Противоречивы взгляды на природу двуокиси углерода в газах Дагестана. В.Д. Голубятников (1932) углекислые газы площади Берикей (Предгорный Дагестан) считал продуктом разложения растворенного в водах бикарбоната кальция, при выходе на поверхность и быстром охлаждении вод. По мнению В.В. Гецеу и Д.Г. Осика (1975) примесь углекислоты в основной массе углеводородных газов Южного Дагестана является смешанной по свое-

му происхождению: частью биохимической, частью термометаморфической. Глубинное термометаморфическое происхождение, считают они, что имеет двуокись углерода в Тиндинских, Инхакоринских и Сагадинских углекислых источниках (Горный Дагестан).

Изучив изотопный состав углерода углекислого газа и метана (4 анализа). Г.И. Войтов и др. (1972) приходят к выводу, что природные газы Южного Дагестана представляют собой механические смеси углекислоты глубинного (магматического) генезиса с $\delta^{13}\text{C}$ от - 5 до -8‰ и углеводородов из зоны катагенного преобразования рассеянного органического вещества пород ($\delta^{13}\text{C}$ $\text{CH}_4 = -44 \div -46\text{‰}$). Выводы исследователей строились на основе изучения химического состава газопроявлений и их геологической приуроченности.

Определенную ценность при выявлении генезиса природных газов представляют собой данные изотопного состава гелия. Отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ в мантии составляет $\sim 10^{-8}$, и примерно в 10000 выше, чем в радиогенном коровом гелии, что позволяет использовать его в качестве надежного критерия присутствия в составе природных газов мантийных компонентов (Мамырин Б.А., Толстихин И.Н., 1981).

С целью установления источников и путей поступления газов в подземные воды Дагестана проведено исследование распределения стабильных изотопов углерода в метане и углекислоте (Газалиев и др., 1979, 1982, Газалиев 1984, 1987, 2009), а также изотопов гелия и аргона. Результаты определений приведены в таблицах 1-3. В таблицах также отражены изотопные анализы природных газов региона, выполненные другими исследователями.

Пробы газа отбирались из подземных вод Горного и Предгорного Дагестана, разгружающихся в виде естественных (в основном газифицирующих) источников и вскрытых скважинами. Растворенные газы извлекались методом термовакuumной дегазации. Анализы химического состава газов выполнены по стандартным газохроматическим методикам. Газы минеральных вод Дагестана отличаются пестротой химического состава. Исходя из количественных соотношений между основными компонентами газопроявлений в пределах района исследований, выделяются следующие 7 групп свободных газов:

1. азотные ($\text{N}_2 > 80\%$, $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 < 20\%$);
2. метаново-азотные ($\text{CH}_4 = 20-50\%$, $\text{N}_2 = 50-80\%$);
3. азотно-метановые ($\text{N}_2 = 20-50\%$, $\text{CH}_4 = 50-80\%$);
4. метаново-углекисло-азотные ($\text{CH}_4 = 20-30\%$, $\text{CO}_2 = 20-30\%$, $\text{N}_2 = 40-60\%$);
5. метановые ($\text{CH}_4 > 80$, $\text{CO}_2 + \text{N}_2 < 20\%$);
6. углекисло-метановые ($\text{CO}_2 = 20-50\%$, $\text{CH}_4 = 50-80\%$);
7. углекислые ($\text{CO}_2 > 80\%$, $\text{CH}_4 + \text{N}_2 < 20\%$)

Наибольшее распространение получают газопроявления метанового и смешанного азотно-метанового, углекисло-азотно-метанового, углекисло-метанового состава; локальное распространение имеют почти чисто углекислые и азотные струи. Преобладающими компонентами растворенных газов являются двуокись углерода и азот; количества метана незначительны, хотя в некоторых случаях достигают 35-55%.

Свободные газовыделения характеризуются низкими (от $1 \cdot 10^{-3}$ до 2,9 %) содержаниями тяжелых углеводородных газов, причем их основное количество приходится на долю этана. Отмечается различие в распределении тяжелых углеводородов в газах разных районов. Так, в газопроявлениях Горного Дагестана отсутствуют непредельные углеводороды и предельные $\text{C}_4 - \text{C}_6$, а концентрации гомологов метана изменяются преимущественно в интервале $1 \cdot 10^{-3} - 35 \cdot 10^{-3}\%$. Исключение составляет выход сухой газовой струи (не связанной с водным источником) недалеко от селения Цушар, в которой содержание тяжелых углеводородов равно 2,9 %. В газах Предгорного Дагестана происходит увеличение содержания гомологов метана ($1 \cdot 10^{-2} - 1,69\%$), в их составе отмечаются непредельные углеводороды и предельные $\text{C}_3 - \text{C}_6$.

Гелий от следов до $n \cdot 10^{-1}$ присутствует во всех пробах. Его концентрации в газовой фазе источников минеральных вод Предгорного Дагестана изменяются от следов до 0,14, составляя

в среднем 0,036%. В Горном Дагестане содержание гелия в газах возрастает и достигает десятых долей процента (среднее 0,29%).

Водород встречается большей частью в газах подземных вод Предгорного Дагестана, в Горном Дагестане он обнаружен в составе газов только трех источников. Содержание водорода не превышает сотых долей процента (обычно $n \cdot 10^{-3}\%$).

Исследование изотопного состава углерода метана показало, что значения $\delta^{13}\text{C}$ в газах района исследований варьируются от -68,5 до -28,0 ‰ (рис. 1) и характерны для углеводородных газов, связанных с органическим веществом. Размах вариаций изотопных отношений углерода CH_4 определяется различными механизмами его преобразования.

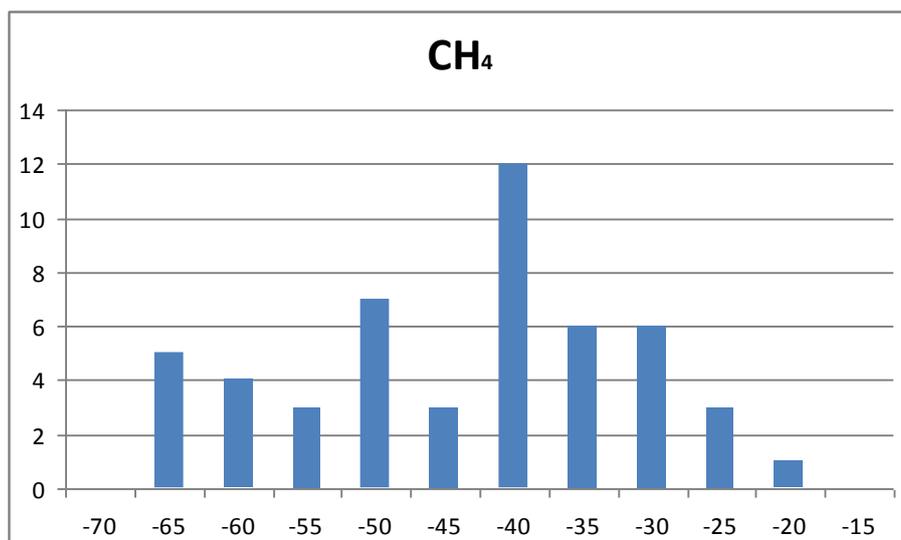


Рис. 1. Гистограмма распределения значений $\delta^{13}\text{C}$ метана подземных вод Горного и Предгорного Дагестана.

Генерацию изотопно-тяжелых углеводородных газов ($\delta^{13}\text{C}$ CH_4 от -28 до -47, среднее – -39‰) минеральных вод юрских отложений следует, вероятно связывать как с термокаталитическим преобразованием рассеянного органического вещества поздних стадий углефикации так и процессами регионального метаморфизма углистого вещества, которое встречается как в виде детрита, так и более крупных углефицированных остатков во всех осадочных породах нижне-среднеюрского возраста (Васильев, 1971). Исключение составляют образования киммериджского и титонского ярусов. В Дагестане мощности углесодержащих толщ составляют до 3000 м. Максимальные количества угольного вещества приурочены к ааленским породам средней юры и во вскрытых отложениях преобразованы только до длиннопламенной стадии. Породы юрского возраста обладают также несколько повышенной битуминозностью (содержание хлороформенного битумоида 0,01-0,09%) (Мирзоев Д.А. и др., 1975). Отмечается некоторое утяжеление углерода метана в районе выхода на поверхность даек Кахетинского диабазового пояса и медно-колчеданного месторождения Кизил-Дере. Разгружающиеся здесь углеводородные газы Хновского источника и самоизливающихся скважин месторождения обогащены тяжелым изотопом ($\delta^{13}\text{C}$ CH_4 от -28 до -40, среднее – -34‰). Это, на наш взгляд объясняется тем, что вследствие интенсивного прогрева, связанного с вулканической и гидротермальной деятельностью, органическое вещество пород преобразовано до более высоких ступеней углефикации, чем в других районах. На зрелых стадиях катагенеза органическое вещество генерирует метан, обогащенный тяжелым изотопом углерода.

Таблица 1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРНОГО И ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

№ № п/п	Место отбора	Характер объекта	Глубина, м возраст вмещающих пород	Состав газа, об. %							δ ¹³ C, ‰ PDB		Ссыл- ка
				He	CO ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CH ₄	CO ₂	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>ДАГЕСТАНСКИЙ КЛИН</i>													
1.	Миатлы, скв.16	газопр-е	218-290 форамениф.		5,0	5,0	90,0				-60,0	-16,0	**
2.	Зурамакент, источник	естеств. выход	KZ	0,006	6,0	90,5	3,2	Σ ТУ – 0,025			-60,0	-20,0	
3.	Шамхал-Булак, скв.20	залежь										-8,8	***
4.	Шамхал-Булак, скв.17	залежь										-10,3	***
5.	Шамхал-Булак, скв.18	залежь										-10,3	***
6.	Шамхал-Булак, скв.5	залежь	2517, K ₂	0,03	0,72	12,90	84,8	2,14	0,64	0,11	-31,5		***
7.	Заузенбаш, скв.3	газопр-е	797-977, K ₂	0,003	3,5	5,0	91,8	0,008	0,003	0,001	-58,3	-25,4	
8.	Талги, скв.1	газопр-е	200-250, K ₂	0,44	11,04	46,0	39,0	1,32	0,22		-29,3		***
9.	Талги, скв.2	газопр-е	220-280, K ₂	0,04	10,0	22,56	59,7	6,89	0,58	0,11	-23,2		***
10.	Махачкала, скв.22Т	газопр-е	1591, N ² ċ	0,03	3,6	57,7	24,7	0,38	0,13	0,07	-58,9	-21,0	
11.	Махачкала, скв.25	газопр-е	1540-1605, N ² ċ	0,06	5,6	90,55	3,78	0,03			-51,2	-16,1	***
12.	Махачкала, скв.27	газопр-е	1499-1502, N ² ċ								-56,0		***
13.	Уйташ, источник	естеств. выход	N ² kg	0,067	9,9	42,2	47,3	Σ ТУ - 0,089			-67,0	-24,6	
14.	*Зели-Кака, источник	естеств. выход	N ² ċ	29,6	66,5	3,8						-24,8	
15.	Димитровская, скв.4	залежь	3531-3600 K ₂	0,03	5,17	0,26	92,38	1,74	0,36	0,08	-30,0	-9,4	***
16.	Димитровская, скв.6	залежь										-7,0	***
17.	Махачкала-Тарки, кв.228	залежь										-5,5	***
18.	Эльдама, скв.2	газопр-е	800-900, K ₂	0,038	1,6	15,0	82,7	Σ ТУ – 0,023			-54,0	-18,0	
19.	Эльдама, скв.4	газопр-е	1500-1900, J ₂	0,089	7,8	2,0	89,8	Σ ТУ – 0,193			-42,0		
20.	Гели-Параул, скв.42А	газопр-е	300-900, K ₁	0,025	3,4	6,5	88,2	Σ ТУ – 0,01			-39,0		
<i>КАРАНАЙСКАЯ ДЕПРЕССИЯ</i>													
21.	Алхаджикент источник	газопр-е	Q	0,004	1,8	97,3	1,3				-65,1	-19,2	
22.	Избербаш, скв.46	газопр-е	1660, N ² kg	0,001	3,7	18,1	77,2	Σ ТУ - 0,167			-67,5	-18,3	

ФОРМИРОВАНИЕ ГАЗОВОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДАГЕСТАНА ПО ИЗОТОПНЫМ ДАННЫМ УГЛЕРОДА...

23.	Избербаш, скв.187	залежь	3630-3801 хадум		0,3	9,0	69,9	7.54	8,78	4,41	-50,0		***
24.	Новокаякент, скв.608-М	газопр-е	1100, К ₂								-47,5	-9,5	
25.	Каякент, скв.11	газопр-е	477-637, N ² ě	0,014	25,2	73,5	1,46	0.019	0,03		-42,2		***
26.	то же, скв.600	газопр-е	200 N ² ě	0,006	46,2	4,9	47,9	Σ ТУ – 0,230			-64,1	-10,4	
ЮЖНО-ДАГЕСТАНСКАЯ СКЛАДЧАТАЯ СТУПЕНЬ													
27.	то же, источник	газопр-е	N ² kg	0,12	5,8	92,9	0,3	Σ ТУ – 0,061				-20,3	
28.	Канал оз.Аджи, источник	газопр-е	N ² kg	0,007	32,0	1,0	66,6	Σ ТУ – 0,317			-65,9	-11,7	
29.	Мыс Башлы, источник	газопр-е	N ² kg	0.036	26,8	6,7	66,1	Σ ТУ – 0,105			-68,5	-16,7	
30.	Берикей, скв.20	грифон	К ₁	0,003	93,0	2,4	3,9	Σ ТУ – 0,130			-43,0	+0,2	
31.	то же, скв.7ВОХ	залежь	844, К ₂								-41,0	-3,2	***
32.	Дузлак, скв.8	залежь	К ₂	0,037	18,0	8,8	71,5	Σ ТУ – 1,056			-46,0		
33.	то же, скв.25	залежь	280-420К ₂	0,037	18,0	8,8	71,5	0,72	0,31	0,026	-40,0	-2,0	***
34.	то же	естеств. выход	N ² kg	0.03	4,4	10.25	83,7	1,3	0,37		-42,1	-4,6	***
35.	Даг. Огни, скв.24	залежь	261,5, хадум	0,05	5,84	1.09	85,46	Σ ТУ – 7,1			-37,0		***
36.	то же, скв.24	залежь	255, хадум	0,05	5.2	1,3	84,0	Σ ТУ – 7,3			-36,3		***
37.	Рубас, скв.1М	газопр-е	402-444, N ² с	0,041	2,0	2,2	95,7	не опр.			-60,0		
38.	то же, скв.4	газопр-е	695-1640, К ₁	0,013	3,0	9,7	85,5	Σ ТУ – 1,69			-42,4	-7,6	
39.	Аджиноур, источник	естеств. выход	акчагыл	0,044	0,6	19,6	78,4	0,12			-51,0		***
МЕГАНТИКЛИНОРИЙ БОЛЬШОГО КАВКАЗА													
40.	Хошархота, содовый источник	естеств. выход	J _{1t3}	0,899	7,5	22,9	68,5	Σ ТУ - 0.007			-34,7	-13,1	
41.	Хошархота, соленый источник	естеств. выход	J _{1t3}	0,69	6,0	43,8	49,4	Σ ТУ - 0.005			-31,0	-12,9	
42.	Бежта, содовый источник	естеств. выход	J _{1t3}	0,756	2,9	32,5	63,6	не опр.			34,1	-13,4	
43.	Хзанор, источник	естеств. выход	J _{1t3}	1,067	2,9	61,5	34,2	Σ ТУ - 0.003			-29,9	-11,7	
44.	Тинди, источник №1	естеств. выход	J _{1t2}	0.001	80,0	18,9	0,6	не опр.				-8,9	
45.	Инхоквари, источник	естеств. выход	J _{1p}	0.001	80,7	11,5	0,2	Σ ТУ - 0.001				-1,08	
46.	Агвали, Источник	естеств. выход	J _{2a1}	0,021	0,8	8,8	90,1	Σ ТУ - 0.017			-44,3	-11,7	
47.	*Нижнее Инхело, источник	естеств. выход	J _{1titon}		4.2	75,6	0,16	не опр.				-13,4	
48.	*Датуна, источник	естеств. выход	J _{2bj}		9,6	70,3	0,03	не опр.				-13,4	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
49.	*Ирганай, источник	естеств. выход	J _{2bt-bj}		35,3	53,5	0,2	не опр.				-24,2	
50.	*Чох-Коммуна, содовый источник	естеств. выход	J _{2bj}		35,3	51,5	--	не опр.				-12,0	
51.	Цушар, сухая газ. струя	естеств. выход	J _{2a2}	0,027	2,5	23,5	66,7	Σ ТУ – 2,90			-36,8	-18,0	
52.	Хнов, источник гр.№3	естеств. выход	J _{2bj}	0,048	2,2	10,9	86,6	Σ ТУ – 0,006			-34,5	-19,4	
53.	Кизыл-Дере, скв.12Г	газопр-е	450-630, J _{2a1}	0,031	0,2	12,8	86,8	Σ ТУ – 0,003			-40,2		
54.	то же, скв.221	газопр-е	420-730, J _{2a1}	0,086	1,4	9,9	88,4	Σ ТУ – 0,004			-33,0	-15,8	
55.	то же, скв.165	газопр-е	800, J _{2a1}	0,045	0,3	6,3	83,2	не опр.			-28,0		
56.	Джани, источник №1	естеств. выход	J _{2a1}	0,54	2,5	2,8	71,2	Σ ТУ – 0,023			-41,4	-17,1	
57.	Джани источник №3	естеств. выход	J _{2a1}	0,638	4,0	25,3	70,1	Σ ТУ – 0,028			-39,6	-16,4	
58.	Ахты, Камун-яд скв.	газопр-е	64, J ₁								-38,0		***
59.	Казардикам, источник	естеств. выход	J _{2a1}	0,31	9,2	16,5	73,8	Σ ТУ – 0,033			-52,7	-10,4	
60.	Гильяр, источник №2	естеств. выход	K ₁	0,19	5,0	11,7	81,5	Σ ТУ – 0,018			-51,5	-10,7	
61.	то же, скв3	грифон	530-840, K ₁	0,24	5,3	11,1	83,1	Σ ТУ – 0,021			-51,0	-9,4	
62.	Рычал-Су источник	естеств. выход	J _{2a2}	0,227	22,6	13,2	63,9	Σ ТУ – 0,010			-42,0	-9,0	
63.	то же, скв.36	газопр-е	J _{2a1}	0,172	17,0	26,0	55,6	Σ ТУ – 0,015			-41,9	-8,2	
64.	Бурдеки, источник гр. №3	естеств. выход	J _{2a1}	0,068	2,0	8,3	89,5	Σ ТУ – 0,026			-47,9	-10,0	

* - растворенный газ

** - данные Н.И. Хитарова и др. (1972)

*** - данные М.М. Мирзалиева (1984)

Таблица 2

Химический состав и отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ в природных газах подземных вод Горного и Предгорного Дагестана

№	Место отбора	Интервал опроб. и стратиграфич. индекс	Химический состав газов (% об.)					$^3\text{He}/^4\text{He} \times 10^{-8}$
			He	N ₂	CO ₂	CH ₄	ΣГУ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
9.	Зурамакент, источник	N ₁	0,006	90,7	6,0	3,2		3,5
10	Махачкала, скв.220	3513-3664, K ₂	0,002	0,3	1,9	86,2	14,0	4,5
11.	*Уйташ, источник	Q	0,17	42,3	4,0	53,4	0,062	3,4
12.	Заузенбаш, скв.3	797-977, K ₂	0,003	2,8	2,1	95,0	0,06	48
13.	Талги, скв.1-бис	218-310, P _{g1+2}				6		16,8
14.	Эльдама, скв.4	1500-1900, J ₂	0,105	7,4	2,8	89,5	0,117	34,6
15.	Избербаш, скв.46	1600, N ² c	0,005	18,1	3,7	77,2	1,0	4,8
16.	Алхаджикент, источник	Q	0,004	97,3	1,8	1,3		7,0
17.	Каякент, источник	N ² kg	0,12	92,9	5,8	0,3	0,006	7,0
18.	Канал оз.Аджи, источник	N ² kg	0,003	1,0	32,0	66,6	0,4	4,1
19.	Берикей, грифон скв.20	2405-2473, K ₁ -J ₂	0,0034	2,4	93,0	3,9	0,13	7,0
20.	То же							16
21.	То же, источник							7,2
22.	Бурдеки, источник	J ₂		3,2	2,9	93,8		5,4
23.	Рычал-Су, источник	J ₂	0,227	13,2	22,6	63,9	0,01	4,0
24.	То же	J ₂	0,0246	32,8	9,1	58,2		3,7
25.	Ахты, источник в газ. балке	J ₂	0,34	13,6	8,9	77,1		2,9
26.	Джани, источник	J ₂	0,638	25,3	4,0	70,1	0,028	14,0
27.	То же	J ₂						2,3
28.	Хнов, источник	J ₂						3,1
29.	Хнов (Кизыл-Дере), скв.221	420-730, J ₂	0,086	9,9	1,4	88,4	0,004	5,5
30.	То же, скв.315	J ₂						3,5
31.	Хнов (Кизыл-Дере), скв.	J ₂	0,093					3,8
32.			0,092					4,0
33.			0,080					4,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
34.			0,082					3,8
35.			0,085					3,6
36.			0,072					4,4
37.			0,080					3,6
38.			0,087					4,3
39.			0,086					3,5
40.			0,087					3,9
41.			0,086					4,2
42.	Инхоквари, источник	J ₁	0,001	11,5	87,9	0,2	0,001	35
43.	То же	J ₁		46,2	52,9	0,89		88
44.	Сагада, источник на берегу р. Андийское Койсу	J ₁						159
45.	Итум-Кале, источник	J ₁		9,55	88,3	сле ды		148

* - данные Э.С. Матвеевой и др. (1978)

Таблица 3

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ АРГОНА ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРНОГО И ПРЕДГОРНОГО
ДАГЕСТАНА**

№№ п/п	Место отбора	Глубина, м возраст вмещающих пород	Состав газа, об. %							⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar
			He	CO ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	13
1.	Зурамакент, источник	KZ	0,006	6,0	90,5	3,2	Σ TУ – 0,025			294
2.	Махачкала, скв.22Т	1591, N ² ĉ	0,03	3,6	57,7	24,7	0,38	0,13	0,07	294
3.	Уйташ, источник	N ² kg	0,067	9,9	42,2	47,3	Σ TУ - 0,089			427
4.	Заузенбаш, скв.3	797-977, K ₂	0,003	3,5	5,0	91,8	0,008	0,003	0,001	448
5.	Эльдама, скв.2	800-900, K ₂	0,038	1,6	15,0	82,7	Σ TУ – 0,023			385
6.	Эльдама, скв.4	1500-1900, J ₂	0,089	7,8	2,0	89,8	Σ TУ – 0,193			385
7.	Алхаджикент, источник	Q	0,004	1,8	97,3	1,3				294
8.	Избербаш, скв.46	1660, N ² kg	0,001	3,7	18,1	77,2	Σ TУ - 0,167			327
9.	Каякент, скв.600	200 N ² ĉ	0,006	46,2	4,9	47,9	Σ TУ – 0,230			6250
19.	то же, источник	N ² kg	0,12	5,8	92,9	0,3	Σ TУ – 0,061			294
11.	Мыс Башлы, источник	N ² kg	0,036	26,8	6,7	66,1	Σ TУ – 0,105			6300
12.	Берикей, скв.20	K ₁	0,003	93,0	2,4	3,9	Σ TУ – 0,130			12500
13.	Рубас, скв.4	695-1640, K ₁	0,013	3,0	9,7	85,5	Σ TУ – 1,69			2840
14.	Хошархота, соленый источник	J _{1t3}	0,69	6,0	43,8	49,4	Σ TУ - 0,005			487
15.	Хзанор, источник	J _{1t3}	1,067	2,9	61,5	34,2	Σ TУ - 0,003			415
16.	Инхоквари, источник	J _{1p}	0,001	80,7	11,5	0,2	Σ TУ - 0,001			329
17.	Цушар, сухая газ. струя	J _{2a2}	0,027	2,5	23,5	66,7	Σ TУ – 2,90			324
18.	Хнов, источник гр.№3	J _{2bj}	0,048	2,2	10,9	86,6	Σ TУ – 0,006			457
19.	Кизыл-Дере, скв.221	420-730, J _{2a1}	0,086	1,4	9,9	88,4	Σ TУ – 0,004			606
20.	Джани, источник	J _{2a1}	0,638	4,0	25,3	70,1	Σ TУ – 0,028			704
21.	Гильяр, скв.3	530-840, K ₁	0,24	5,3	11,1	83,1	Σ TУ – 0,021			9090
22.	Рычал-Су, источник	J _{2a2}	0,227	22,6	13,2	63,9	Σ TУ – 0,010			355

По такому же механизму образуется изотопно-тяжелый метан ($\delta^{13}\text{C}$ от $-29,9$ до $-34,7$, среднее -33%) спонтанных газов минеральных источников, расположенных в районе селения Бержта, где также отмечаются выходы магматических тел.

В газах подземных вод, приуроченных к отложениям мелового возраста, изотопный состав углерода метана изменяется в интервале от $-23,2$ до -60% . Изотопно-легкие углеводородные газы с $\delta^{13}\text{C}$ CH_4 от -51 до -60% , видимо, сингенетичны вмещающим меловым отложениям и образуются за счет биохимического и термокаталитического процессов преобразования рассеянного органического вещества бурогоугольной, длиннопламенной стадий углефикации. Изотопно-тяжелые углеводородные газы со значениями $\delta^{13}\text{C}$ CH_4 от $-23,2$ до -43% следует, по-видимому, связывать с миграцией в подземные воды из нижележащих юрских толщ по тектоническим нарушениям. С такой ситуацией мы сталкиваемся, например, при изучении газов, выносимых хлоридными натриевыми рассолами Восточной антиклинальной зоны. Эти рассолы выводятся скважинами из меловых отложений (Дузлак, скв. 25, Рубас, скв. 4), а изотопный состав углерода их газовой составляющей попадает в интервал изменения величин $\delta^{13}\text{C}$ CH_4 , характерный для газов подземных вод юрских горизонтов.

Об эпигенетическом характере описываемых изотопно-тяжелых газов свидетельствуют и расчеты, произведенные с использованием кривой функциональной связи величины $\delta^{13}\text{C}$ метана и температуры его образования (Прасолов, Лобков, 1977). Они показали, что генерация метана этих газов происходит в интервале температур $140-160$ °С. Данные температуры при среднем геотермическом градиенте 47 °С/км, полученном по результатам геотермических исследований на площадях Восточной антиклинальной зоны (Беляков, 1955), соответствуют глубинам $3000-4000$ м, на которых залегают породы юрского возраста. Наиболее легкими в изотопном отношении являются газ подземных вод, приуроченных к кайнозойским горизонтам ($\delta^{13}\text{C}$ CH_4 от $-59,2$ до $-68,5\%$). При этом метан, максимально обогащенный легким изотопом углерода, встречается в водах естественных источников, а в газах подземных вод, вскрываемых скважинами, он несколько утяжеляется. Судя по диапазону изменения величин $\delta^{13}\text{C}$ CH_4 , образование углеводородных газов в отложениях кайнозойского возраста связано с биохимическими процессами, протекающими в верхних горизонтах и начальной стадией термокаталитического преобразования рассеянного органического вещества пород в нижних частях разреза. О примешивании термокаталитического метана свидетельствует и наличие в составе природных газов относительно повышенных количеств тяжелых углеводородов (до $0,58\%$), что обычно не свойственно продуктам биохимического генезиса.

Изотопный состав углерода углекислого газа минеральных вод Дагестана меняется в интервале от 7 до -25% (рис. 2), что свидетельствует от разнородности его источников.

В геохимическом отношении большой интерес представляют подземные воды, газифицированные углекислотой. В Дагестане они имеют ограниченное распространение и наиболее характерные из них локализованы на двух участках: в ядре Восточной антиклинальной зоны (Берикейская площадь) и в пределах Бокового хребта в бассейне р. Андийское Койсу.

Берикейские углекислые вода выведены скважиной 22 из верхов юрских отложений. В результате аварийной ситуации на месте скважины образовалось небольшое озеро с бурно кипящей от пузырьков газа горячей водой. С его поверхности в атмосферу выносится громадное количество CO_2 . его изотопный состав определяется величиной $\delta^{13}\text{C} = +0,2\%$, что практически совпадает со средним значением $\delta^{13}\text{C} = +0,0\%$, характерном для морских карбонатов. Если учесть, что при разложении карбонатов образующаяся CO_2 наследует изотопный состав исходного вещества, то можно сделать вывод о термометаморфическом происхождении углекислого газа Берикейского газопроявления. На жесткие термальные условия газообразования указывает также отношение изотопов аргона, которое достигает очень высокого значения $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 12500$. Это отношение в земной атмосфере составляет 296 , а размах вариаций зависит в основном от обогащения газа радиогенным изотопом аргона (^{40}Ar), поскольку ^{36}Ar (в основной своей

массе воздушного происхождения) подвержен колебаниям в узких пределах. Если принять во внимание, что заметное выделение ^{40}Ar из кристаллических решеток минералов начинается (Герлинг, 1961) при температуре 300°C (наиболее высокий темп выделения ^{40}Ar достигается при 1200°C), то столь высокое значение отношения $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ подтверждает жесткие термальные условия образования газов.

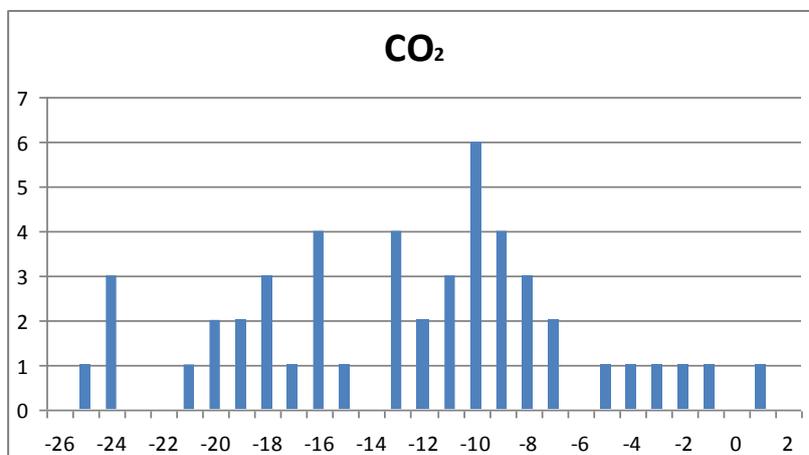


Рис. 2. Гистограмма распределения значений $\delta^{13}\text{C}$ углекислого газа подземных вод Горного и Предгорного Дагестана

Образование этой двуокиси углерода происходит в глубоких горизонтах, а в верхние горизонты она попадает по разломам, осложняющим строение Восточной антиклинальной зоны. Наиболее вероятно ее поступление по Дербентскому разлому глубокого заложения, зона влияния которого распространяется на Берикейское поднятие.

В Горном Дагестане проявления углекислых вод отмечаются в виде естественных источников (Тиндинские, Инхокваринские, Сагадинские, Хвайнинские, Кадинские и др., всего по последним данным 8 участков). Изотопный состав углерода CO_2 Тиндинского и Инхокваринского источников определяется величинами $\delta^{13}\text{C} = -8,9$ и $-10,8\%$, которые укладываются в диапазон значений $\delta^{13}\text{C}$ углекислоты газов из районов современной вулканической деятельности. Следовательно, можно предположить, что основные количества двуокиси углерода в описываемых источниках имеют ювенильное происхождение. Веским доводом в пользу этого служит отмеченное ранее высокое отношение изотопов гелия Инхокваринского и Сагадинского источников ($^3\text{He}/^4\text{He} = 35 \cdot 10^{-8}$), которое, несомненно, указывает на примесь мантийных компонентов.

Следует отметить, что углерод CO_2 Тиндинского и Инхокваринского источников несколько облегчен по сравнению с углеродом магматической углекислоты, за которое большинство исследователей принимают значение $\delta^{13}\text{C} = -0,7\%$. Это обусловлено по-видимому, примешиванием вод неглубокой циркуляции, содержащих изотопно-легкий углекислый газ, связанный с окислением органического вещества. Этим же, вероятно, объясняется низкое, но отличное от воздушного, отношение изотопов аргона, которое при отсутствии подобного разбавления должно было характеризоваться гораздо более высоким значением.

Изотопный состав углерода углекислоты, содержащийся в виде примеси (0,2-9%) в метановых и азотно-метановых газах определяется значениями $\delta^{13}\text{C}$, изменяющимися от -19,0 до 19,4%. Основные количества этой двуокиси углерода образуются, вероятно, в результате смешивания CO_2 , генерирующейся одновременно с метаном при катагенезе органического вещества юрских отложений и углекислоты, связанной с его окислением.

В водах, циркулирующих в меловых горизонтах значения $\delta^{13}\text{C}$ CO_2 изменяются преимущественно в интервале от -2 до -10,7‰. Углекислота с таким изотопным составом формируется, вероятно, в результате смешивания CO_2 различного генезиса: образующейся в термокаталитических реакциях преобразования органического вещества и при гидролизе карбонатов.

Наиболее легкий в изотопном отношении углекислый газ ($\delta^{13}\text{C}$ от -18 до -24,8) характерен для вод кайнозойских отложений. Основные его количества образовались в результате биохимического окисления рассеянного органического вещества, на что указывают близкие к изотопному составу углерода последнего значения $\delta^{13}\text{C}$ CO_2 и одновременное обогащение метана этих вод легким изотопом ($\delta^{13}\text{C}$ CH_4 от -59,2 до -68,5‰).

На некоторых участках наблюдается утяжеление изотопного состава углерода CO_2 вод кайнозоя. Углекислый газ в воде неглубокой (300 м) скважины Каякент-600, естественных источников в сбросовом канале озера Адж и площади Дузлак характеризуется значениями $\delta^{13}\text{C}$ = -10,4; -11,7 и -4,6‰ соответственно, что не свойственно водам кайнозойских отложений. Это объясняется, по всей видимости, примешиванием к газам верхних горизонтов, метаморфической углекислоты, мигрирующей из глубоких горизонтов по тектоническим нарушениям Восточной антиклинальной зоны. Об участии высокотемпературных процессов в образовании этих газов свидетельствует и высокое отношение изотопов аргона (Каякент скв. 600 – $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ = 62500).

По изотопным данным углерода CO_2 можно ориентировочно оценить вклад метаморфической двуокиси углерода в формировании состава описываемых газопроявлений. Расчет производится исходя из уравнения:

$$\delta^{13}\text{C} = (1-P/100) \delta^{13}\text{C}_1 + P/100 \delta^{13}\text{C}_2,$$

где $\delta^{13}\text{C}$ – изотопный состав углерода смеси двух газов (в нашем случае $\delta^{13}\text{C} = -11‰$); $\delta^{13}\text{C}_1$ – изотопный состав углерода CO_2 , образующейся в кайнозойских отложениях (в среднем $\delta^{13}\text{C}_1 = -22,8‰$); $\delta^{13}\text{C}_2$ – изотопный состав углерода метаморфической CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_2 = +0,2‰$); P – содержание метаморфической CO_2 в газовой смеси.

Подставляя соответствующие значения и сделав расчеты получаем значение P = 50, т.е. вклад мигрирующей из глубоких горизонтов метаморфической CO_2 составляет 50%.

Мантийные компоненты в газах подземных вод

Для природных газов в настоящее время единственным надежным критерием присутствия в их составе мантийных компонентов является отношение изотопов гелия $^3\text{He}/^4\text{He}$. Это отношение в мантии составляет $\sim 10^{-5}$ и примерно в 1000 раз выше, чем в радиогенном гелии, образующемся в земной коре (Мамырин, Толстихин, 1981). Высокое отношение изотопов гелия отмечается в зонах современной вулканической деятельности и рифтогенеза. Повышенные значения $^3\text{He}/^4\text{He}$, а соответственно и измеримые количества мантийного гелия обнаруживаются в газах тектонически активных геосинклинальных областей, в частности, Северного Кавказа (Матвеева, Толстихин, Якуцени, 1978; Поляк, Каменский, Прасолов и др., 1988).

Представлялось интересным использовать изотопно-гелиевый критерий для выявления связи с мантией природных газов складчатых районов Дагестана. Эти районы, характеризуются рядом особенностей, свойственных зонам интенсивных проявлений современной складчатости: повышенной сейсмической активностью, неравномерным тепловым полем, высокими температурными градиентами, широким развитием тектонических нарушений, обуславливающих многочисленные выходы термальных вод со спонтанными проявлениями газов пестрого химического состава.

Первые сведения о наличии примеси мантийного гелия в природных газах Дагестана получены Газалиевым И.М. (1988) при обследовании газопроявлений складчатых районов Дагестана. В дальнейшем эти исследования были продолжены с отбором более представительного материала совместной экспедицией ГИН РАН и ИГ ДНЦ РАН (Поляк и др., 1988; Лаврушин, 2012).

На изотопные определения отобраны пробы свободно выделяющегося газа из естественных источников и скважин. При выборе объектов исследований учитывались их температура, газовый состав и приуроченность к тектоническим нарушениям, т.е. те параметры, которые могли бы указать на вероятную глубинную природу флюидов.

Как показывают данные изотопных определений (табл. 2), газовые струи Дагестана содержат в большинстве своем гелий со сравнительно низкими значениями $^3\text{He}/^4\text{He} = (3-7) \cdot 10^{-8}$, характерными для радиогенного корового гелия. На этом фоне выделяется несколько участков с аномальным распределением изотопов гелия.

Самое высокое отношение $^3\text{He}/^4\text{He} = (35-159) \cdot 10^{-8}$ обнаружено в газах углекислых источников верховьев реки Андийское Косу (Инхокваринский, Сагадинский) и Итум-Кале в Чеченской Республике, что, несомненно, указывает на присутствие мантийного гелия. На это указывает также и изотопный состав углерода CO_2 Инхокваринского источника, $\delta^{13}\text{C} = -10,8 \text{ ‰}$, укладывающееся в диапазон значений $\delta^{13}\text{C}$ углекислоты природных газов из тектонически активных регионов мира.

Указанные источники расположены в выделяемом Андийско-Аргунском районе углекислых вод, являющимся восточным окончанием разгрузки углекислых вод Большого Кавказа (Курбанов, Газалиев, 1988). Их формирование связывается с погребенными на значительных глубинах неинтрузивными очагами, газы которых по тектоническим разломам проникают в вышележащие водоносные горизонты. Описываемые источники носят название «Цумадинских нарзанов» и применяются местным населением как питьевые минеральные воды. По аналогии с рекламой воды Боржоми можно считать, что это воды из магматических глубин Дагестана.

Еще один очаг разгрузки мантийного гелия устанавливается в газопроявлениях, приуроченных к поднятиям Талги, Эльдама и Заузенбаш Дагестанского клина. Примесь мантийного гелия определяется величинами отношения $^3\text{He}/^4\text{He} = (16,8-48) \cdot 10^{-8}$ и связывается с наличием в глубоких частях геологического разреза неинтрузии, подпитываемой мантийными компонентами водоносные горизонты верхних отложений. На присутствие в данном районе интрузивного тела указывал в своих работах Васильев А.К. (1991, 2001), который по геоморфологическим признакам выделял в разрезе этой территории структуры центрального типа. Для подтверждения этих выводов необходимо провести специализированные геофизические работы по изучению глубинного строения территории Дагестана.

Несколько повышенное значение отношение изотопов гелия отмечается в составе газов источника Джани ($^3\text{He}/^4\text{He} = 14 \cdot 10^{-8}$), что также может указывать на незначительную примесь мантийного гелия. Его поступление в верхние горизонты, вероятно связано с миграцией по зонам разломов, осложняющим строение осадочной толщи в этом районе.

Литература

1. Алексеев Ф.А., Войтов Г.И., Лебедев В. С., Несмелова З.Н. Метан. М., "Недра", 1978.
2. Алексеев Ф.А., Готтих Р.П., Лебедев В.С. Использование ядерных методов в нефтегазовой геологии. М., "Недра", 1973.
3. Беляков М.Ф. Геотермические наблюдения в буровых скважинах и их интерпретация. Л. Гостоптехиздат, 1955
4. Васильев В.Г., Ермаков В.И., Елин Н.Д. и др. Перспективы поисков газовых месторождений в угленосных толщах Советского Союза. М., ВНИИЭ Газпром. 1971.
5. Васильев А.К. О тектонике Дагестанского клина // Труды ИГ ДНЦ РАН. Вып. 44.1991. С. 171-178.
6. Васильев А.К. О роли структур центрального типа в формировании Махачкала-Димитровского поднятия // Труды ИГ ДНЦ РАН. Вып. 47.2001. С. 46-47.
7. Войтов Г.И., Гречухина Т.Г., Лебедев В.С., Осика Д.Г., Сойфер В.Н., Теплинский Г.И. О некоторых особенностях химического и изотопного состава газов и вод Южного Дагестана // Докл. АН СССР. 1972. Т.205. № 5.
8. Войтов Г.И., Газалиев И.М., Шахпазов И.М. Отношения $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ в газовых струях Южного Дагестана и Дагестанского клина // ДАН. 1984. Т.276. № 2. С.464-468.
9. Газалиев И.М., Кравцов А.И., Кучер М.И., Фридман А.И. Изотопный состав углерода природных газов минеральных вод Центрального и Южного Дагестана // Известия ВУЗов. Геол. и разведка. № 9. 1979.

10. Газалиев И.М., Есиков А.Д., Фридман А.И., Кучер М.И. Изотопная характеристика углерода метана и уголекислоты минеральных вод Дагестана в связи с решением генетических и поисковых задач // Тр. ИГ Даг. ФАН СССР. Вып. 26. Махачкала. 1982.
11. Газалиев И.М. Об изотопных исследованиях уголекислых вод Дагестана // Тр. ИГ Даг. ФАН СССР. Вып. 31. Махачкала. 1984.
12. Газалиев И.М. Изотопно-геохимическая зональность природных газов складчатых районов Дагестана // Известия ВУЗов. Геол. и разведка. 1987. № 10. С. 1218-1221.
13. Газалиев И.М., Прасолов Э.М. О мантийной составляющей газовых струй Дагестана // ДАН. 1988. Т.298. № 5. С.1218-1221.
14. Газалиев И.М. Изотопные исследования природных газов и вод Дагестана // Тр. ИГ Даг. ФАН СССР. Вып. 55. Махачкала. 2009.С. 88-92.
15. Газалиев И.М. Изотопно-геохимические критерии формирования природных газов юрских отложений Горного Дагестана // Тр. ИГ Даг. ФАН СССР. Вып. 64. Махачкала. 2015.С. 65-70.
16. Галимов Э.М. Изотопный состав углерода газов земной коры // Изв. АН СССР, сер.геол. № 5. 1968.
17. Галимов Э.М. Изотопы углерода в нефтегазовой геологии. М., "Недра". 1973.
18. Галимов Э.М. Петерсилье И.А. Изотопный состав углерода метана, изолированного в порах и полостях некоторых изверженных минералов // Докл. АН СССР. 1976. Т. 176. № 4.
19. Герлинг Э.К. Современное состояние аргонного метода определения возраста и его применение в геологии. М.–Л., Изд-во АН СССР, 1961, 132 с.
20. Гецеу В.В., Осика Д.Г. Газифицирующие минеральные источники Дагестана // «Геология и закономерности размещения полезных ископаемых в мезо-кайнозойских отложениях Дагестана» Тр. Ин-та геологии Даг.ФАН СССР. Вып. 9. Махачкала. 1975.
21. Голубятников ВД. Природные газы Дагестана // Тр. геологоразведочного Бюро Газовых месторождений. Вып. 1. М.-Ш. 1932.
22. Дробышев Д.В., К исследованию месторождения газа в юрских отложениях Южного Дагестана // В сб.: За природные газы. 1932.
23. Курбанов М.К., Газалиев И.М. Изотопно-геохимические критерии выделения Андийско-Аргунского района уголекислых вод // Тез. докл XV симпоз. по геохимии изотопов. Москва. 1998. С.57.
24. Конюхов И.А. Опыт изучения мезозойских отложений Восточного Предкавказья. (В связи с перспективами нефтегазоносности). М., ГОСИНТИ. 1958.
25. Лебедев В.С. и др. Радиоизотопная характеристика газов и подземных вод Предгорного Дагестана // Советская геология, № 10, 1981. с. 99-106.
26. Мамырин Б.А., Толстихин И.Н. Изотопы гелия в природе. М., Энергоиздат. 1981. 221 с.
27. Матвеева Э.С., Толстихин И.Н., Якуцени В.П. Изотопно-гелиевый критерий происхождения газов и выявления зон неотектогенеза (на примере Кавказа) //Геохимия. 1978. № 3. С. 307-317.
28. Мирзалиев М.М. Изотопно-геохимическая характеристика газов и вод сейсмоактивных районов Предгорного Дагестана в связи с поисками нефти и газа. Кандидатская диссертация. Москва. ВНИИЯГГ. 1984
29. Мирзоев Д.А. Пирбудагов В.П., Саидова С.А. рассеянное органическое вещество и геохимические условия образования мезозойских отложений Предкавказья. «Органическое вещество нефтепроизводящих пород – основной источник углеводородов нефти и газа» Тр. САИГИМС. Вып. 17. Ташкент. 1975.
30. Поляк Б.Г., Каменский И.Л., Прасолов Э.М. и др. Изотопы гелия в газах Северного Кавказа: следы разгрузки тепломассопотока из мантии // Геохимия. 1988. № 4. С.383-397.
31. Прасолов Э.М., Лобков В.А. Об условиях образования и миграции метана (по изотопному составу углерода) // геохимия.. № 1. 1977.
32. Успенская Н.Ю. Ахтынское месторождение газа в Нагорном Дагестане // В сб.: Природные газы. №6, 1934.
33. Хитаров Н.И., Войтов Г.И., Каспаров С.А., Крылов Т.А., Лебедев В.С. Об изотопных сдвигах углерода уголекислоты и углеводородов в газах после афтершоков землетрясений. Докл. АН СССР. Т. 204 №5. 1972.

УДК 504.75

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПРЕДЕЛАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ С СОСТОЯНИЕМ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С.

Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук»,

В работе рассмотрена степень загрязнения территории Владикавказа тяжелыми металлами и их солями. Изучена заболеваемость новообразования населения г. Владикавказа за период с 2005 по 2010 годы. Для обработки и последующего анализа полученных данных по онкозаболеваемости населения была разработана специальная база данных. Составлена карта загрязнениями и заболеваемости новообразованиями по методу поликлинического районирования. Установлена взаимосвязь между заболеваемостью и расстоянием от источника загрязнения. Анализ данных показал, что области заболеваемости определенными видами локализаций и возраста, обусловлены преобладающим движением воздушных потоков. Изучено воздействие ряда метеорологических параметров (температуры воздуха и почвы, влажность воздуха, облачность, сумма осадков, продолжительность солнечного сияния, направление и сила ветра) на здоровье населения города Владикавказа. Для этого проведен анализ числа обращений на станцию скорой помощи города за 2016 год.

Ключевые слова: новообразования, окружающая среда, опасные природные явления, заболеваемость, экология

DISTRIBUTION OF VARIOUS CHEMICAL ELEMENTS AND PHYSICAL FIELDS ON URBANIZED TERRITORIES AND DETERMINATION OF ITS CORRELATION WITH POPULATION HEALTH

Beriev O.G., Zaks T.V., Kanukov A.S.

Geophysical Institute of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Russia,

Paper considers the degree of contamination of the territory of Vladikavkaz with heavy metals and their salts. The incidence of neoplasm in the population of Vladikavkaz for the period from 2005 to 2010 was studied. For processing and subsequent analysis of the received data on oncological diseases of the population special database has been developed. A map of pollution and incidence of neoplasms using the method of polyclinic zoning is made. The relationship between incidence and distance from the source of contamination is established. Analysis of the data showed that the incidence of certain types of localization and age is due to the predominant movement of air currents. The effect of a number of meteorological parameters (air and soil temperatures, air humidity, cloudiness, precipitation, duration of sunshine, direction and strength of the wind) on the health of the population of the city of Vladikavkaz has been studied. For this purpose, an analysis was made of the number of calls to the city's ambulance station for 2016.

Keywords: neoplasms, environment, dangerous natural phenomena, morbidity, ecology

Городские почвы - это антропогенно измененные почвы, имеющие созданный в результате человеческой деятельности поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный перемешиванием, насыпанием или погребением материала урбогенного происхождения, в том числе строительного-бытового мусора.

Общими чертами городских почв являются [Бериев и др., 2015]:

1. Материнская порода – насыпные, намывные или перемешанные грунты, или культурный слой.
2. Включения строительного и бытового мусора в верхних горизонтах.
3. Нейтральная или щелочная реакция (даже в лесной зоне).
4. Высокая загрязненность тяжелыми металлами и нефтепродуктами.
5. Особые физико-механические свойства почв (пониженная влагоемкость, повышенная объемная масса, уплотненность, каменистость).
6. Рост профиля вверх за счет постоянного привнесения различных материалов и интенсивного золотого напыления.

В почвенном покрове города преобладают урбаноземы – почвы с нарушенным строением профиля, несогласованным залеганием горизонтов с высокой степенью загрязнения тяжелыми металлами и органическими веществами, строительного и бытового мусора.

Мониторинг состояния почв урбанизированных территорий производится по следующим показателям:

1. Тяжелые металлы с обязательными к определению 15 элементами 1, 2, 3 классов опасности для почв (1 класс: ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, цинк; 2 класс: никель, кобальт, хром, молибден, медь, сурьма; 3 класс: марганец, ванадий, стронций, барий).

2. Приоритетные органические токсиканты (бенз(а)пирен, полихлорированные бифенилы, хлорорганические пестициды, нефтепродукты).

3. Агро-химические и агро-физические параметры грунтов (рН, содержание гумуса, показатели плодородия).

4. Показатели деградации почв (плотность почв, каменистость, засоленность).

5. Эпидемиологические показатели (индекс бактерий группы кишечной палочки, индекс энтерококков, наличие патогенных бактерий, яиц и цист геогельминтов).

Оценка степени загрязнения почв городских территорий определяется ПДК (предельно допустимая концентрация химического вещества), которая не должна оказывать прямого или опосредственного влияния на здоровье человека и самоочищающую способность почв и обуславливает переход нормируемого вещества в контактирующие среды и сельскохозяйственные растения в количествах, не превышающих ПДК нормируемого вещества для этих сред. ПДК основной критерий гигиенической оценки опасности загрязнения почв вредными веществами.

Большую опасность для почвенного покрова городской территории представляют загрязнители, выпадающие вблизи от источника загрязнения. Именно так проявляется загрязнение тяжелыми металлами, которые образуют техногенные геохимические аномалии, то есть участки повышенной концентрации металлов в почвенном покрове и растительности [Бурдзиева и др., 2016].

Содержание металлов в почве и растительности довольно быстро уменьшается от источника загрязнения к периферии. В пределах аномалии можно выделить две зоны. Первая, непосредственно примыкающая к источнику загрязнения, характеризуется сильным разрушением почвенного покрова, уничтожением растительности и животного мира. В этой зоне очень высокая концентрация металлов-загрязнителей. Во второй, более обширной зоне, почвы полностью сохраняют свое строение, но микробиологическая деятельность в них угнетена. В загрязненных тяжелыми металлами почвах, четко выражено увеличение содержания металла снизу вверх по профилю почв и наиболее высокое его содержание в самой наружной части профиля [Алборов и др., 2016].

Тяжелые металлы, поступая из почвы в растения и затем в организмы животных и человека, обладают способностью постепенно накапливаться. Наиболее токсичны ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, отравление ими вызывает тяжелые последствия. Менее токсичны цинк и медь, однако загрязнение ими почв подавляет микробиологическую деятельность и снижает биологическую продуктивность.

Существенное влияние оказывают метеорологические условия. В соответствии с направлением преобладающих ветров формируется ареал преобладающей части загрязнения почв. Чем больше скорость ветра, тем меньше загрязняются почвы ближних окрестностей предприятия, тем интенсивнее перенос загрязняющих веществ. Наибольшие концентрации загрязняющих веществ в атмосфере ожидаются для низких холодных выбросов при скорости ветра 1-2 м/сек, для высоких горячих выбросов – при скорости ветра 4-7 м/сек. Сказывается также влажность воздуха: при высокой влажности уменьшается рассеяние загрязняющих веществ, так как при конденсации они могут из газообразной формы переходить в менее миграционно способную жидкую фазу аэрозолей, далее они удаляются из атмосферы в процессе осаждения.

Вредное воздействие избыточного количества тяжелых металлов в окружающей среде на здоровье человека выявляется на основе анализа экотоксикологической обстановки в биогео-

химических провинциях и здоровья длительно проживающих здесь людей. Используются также результаты анализа закономерностей распространения профзаболеваний в областях производств, вызывающих загрязнение окружающей среды химическими элементами.

Для оценки загрязнения территории нами, в виде тесно связанного параметра, было изучено развитие новообразований у жителей урбанизированной горной территории на примере города Владикавказа [Бурдзиева и др., 2014]. Заболеваемость изучалась в зависимости от удаления от металлургических предприятий и хвостохранилища, расположенных в северо-восточной части города. Ореол рассеяния тяжелых металлов от предприятий выявляется на площади около 40 км², в пределах которого содержание металлов на порядок превышает среднюю концентрацию.

Для обработки и последующего анализа полученных данных о новообразованиях была разработана специальная база данных (рис. 1) [Заалишвили и др., 2012].

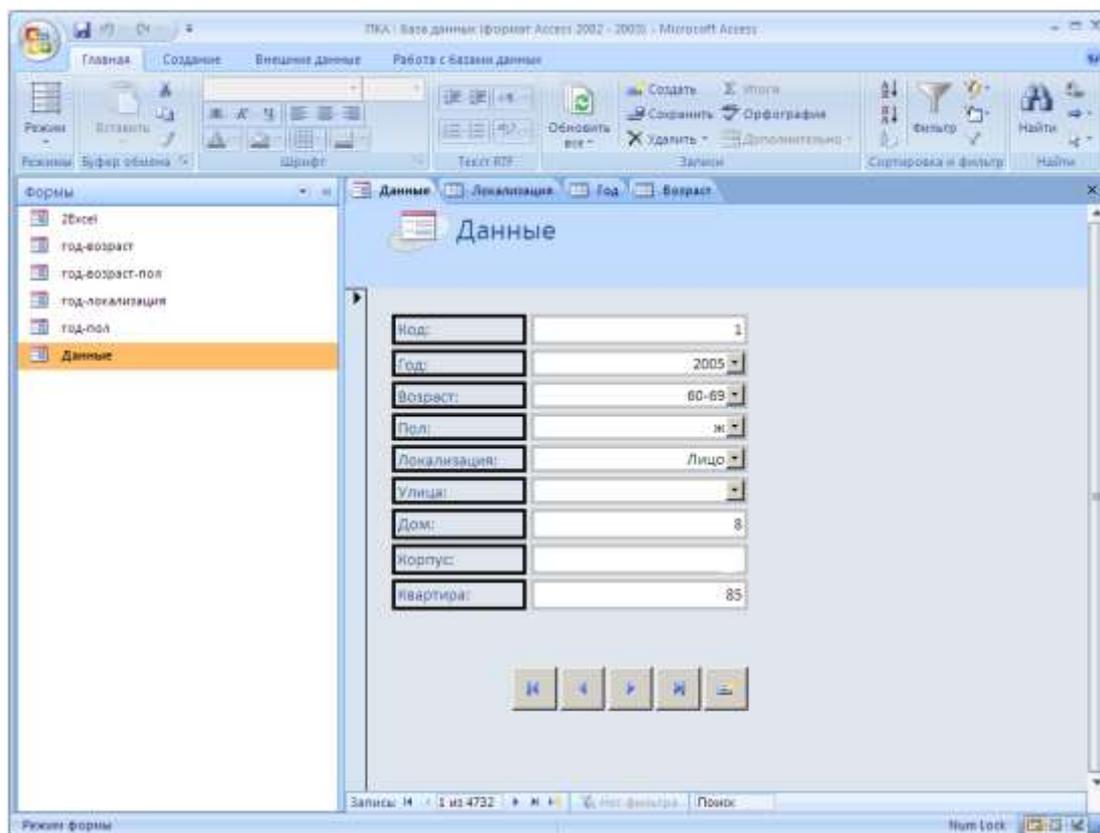


Рис. 1. Диалоговое окно базы данных новообразований населения г. Владикавказа

Формирующие параметры базы включали местожительство, пол, возраст больного, локализация поражения тела больного (головной мозг, гортань, желудок, щитовидная железа, кишечник, кожа, кровь, лимфоузлы, печень, почки, предстательная железа и т.д.), всего 17 наименований. Больные были разделены на несколько групп по возрасту 18-20 лет, 20-29 лет, 30-39 лет, 40-49 лет, 50-59 лет, 60-69 лет, 70 лет и старше.

Нами также учитывалось направление Розы ветров для исследования влияния воздушных потоков на распространение загрязняющих веществ и их возможное влияние на онкозаболеваемость населения.

Исследуя зависимость числа заболеваний от расстояния до источников загрязнений, можно заключить, что число случаев некоторых заболеваний на единицу площади уменьшается с увеличением расстояния от промышленных объектов и хвостохранилища (рис. 2) [Бурдзиева и др., 2016а].

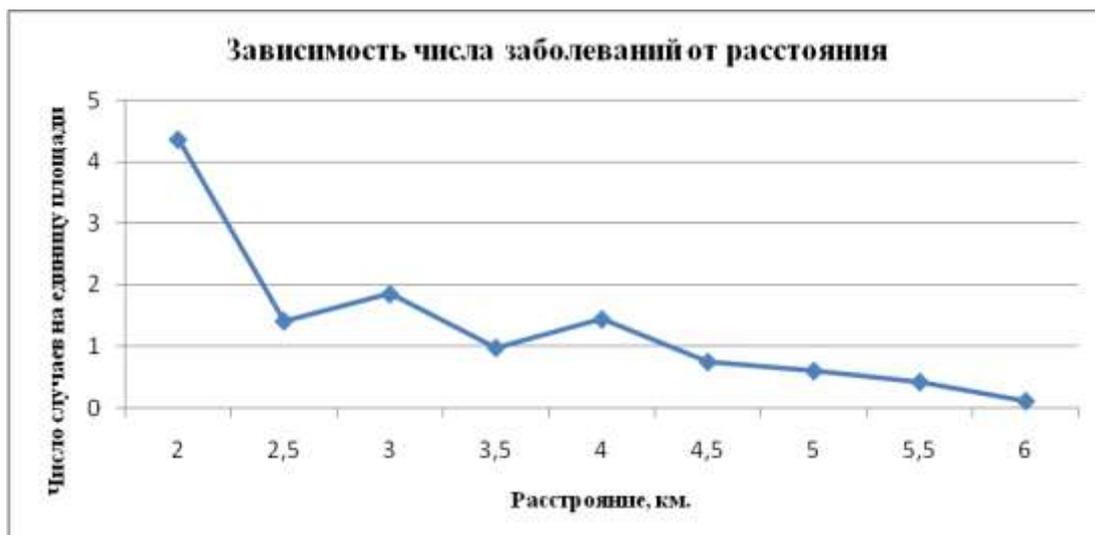


Рис 2. Зависимость числа заболеваний крови на единицу площади от расстояния от промышленных объектов.

По общепринятой методике поликлинического территориального районирования по границам обслуживания поликлиник были получены значения заболеваемости за разные годы [Заалишвили и др., 2013; Burdzieva et al., 2016], а также среднее значение за несколько лет, которое и было вынесено на карту (рис. 3.).

Анализ построенных карт для различных возрастных групп, а также видов локализаций, позволяет заключить, что особенности направлений воздушных потоков и непосредственная близость зданий и сооружений промышленных предприятий «Электроцинк» и «Победит», в том числе, хвостохранилища формируют наибольший негативный вклад для возрастной группы 18-20 лет [Заалишвили и др., 2010]. Необходимо отметить, что подобное воздействие также наиболее отчетливо проявляется для онкологических больных с вполне определенными локализациями (кровь, мочевого пузыря и).

Также было исследована корреляционная зависимость вызовов скорой помощи от метеорологических условий. С незапамятных времен наши предки знали о зависимости самочувствия от погодных факторов. Гиппократ за 400 лет до нашей эры выявил зависимость здоровья человека от климата и погоды. Великий врач XVI века Парацельс утверждал: «Тому, кто изучал ветры, молнию и погоду, известно происхождение болезней». Тибетская медицина до сих пор связывает болезни с определенными сочетаниями метеорологических факторов.

Несмотря на развитие цивилизации и современные научно-технические достижения, здоровье человека в значительной степени зависит от погоды и климата и сейчас. Погодные и климатические факторы оказывают заметное воздействие на психо-эмоциональное и физиологическое состояние человека [Бериев, 2009]. От них во многом зависит общее состояние здоровья.

Наиболее ощутимы для человека резкая смена погоды или возникновение необычных для данной местности или сезона погодных условий. На резкие изменения погоды реагируют не только больные или ослабленные люди, но и здоровые.

По данным различных авторов, метеочувствительность наблюдается у значительной части населения – от 25 до 70%. Также известно, что среди женщин таких людей в три раза больше, чем среди мужчин. Следует отметить, что около 60 лет назад, это явление метеочувствительности проявлялось лишь у 10-20% населения [Franke, 1986].

Нередко люди даже не осознают свою метеозависимость, потому что ухудшение самочувствия иногда предшествует изменению погоды. К примеру, электромагнитные предвестники прихода нового погодного фронта, опережая, собственно, видимые изменения метеорологических элементов, довольно часто сами по себе уже вызывают ухудшения в текущем состоянии человека.

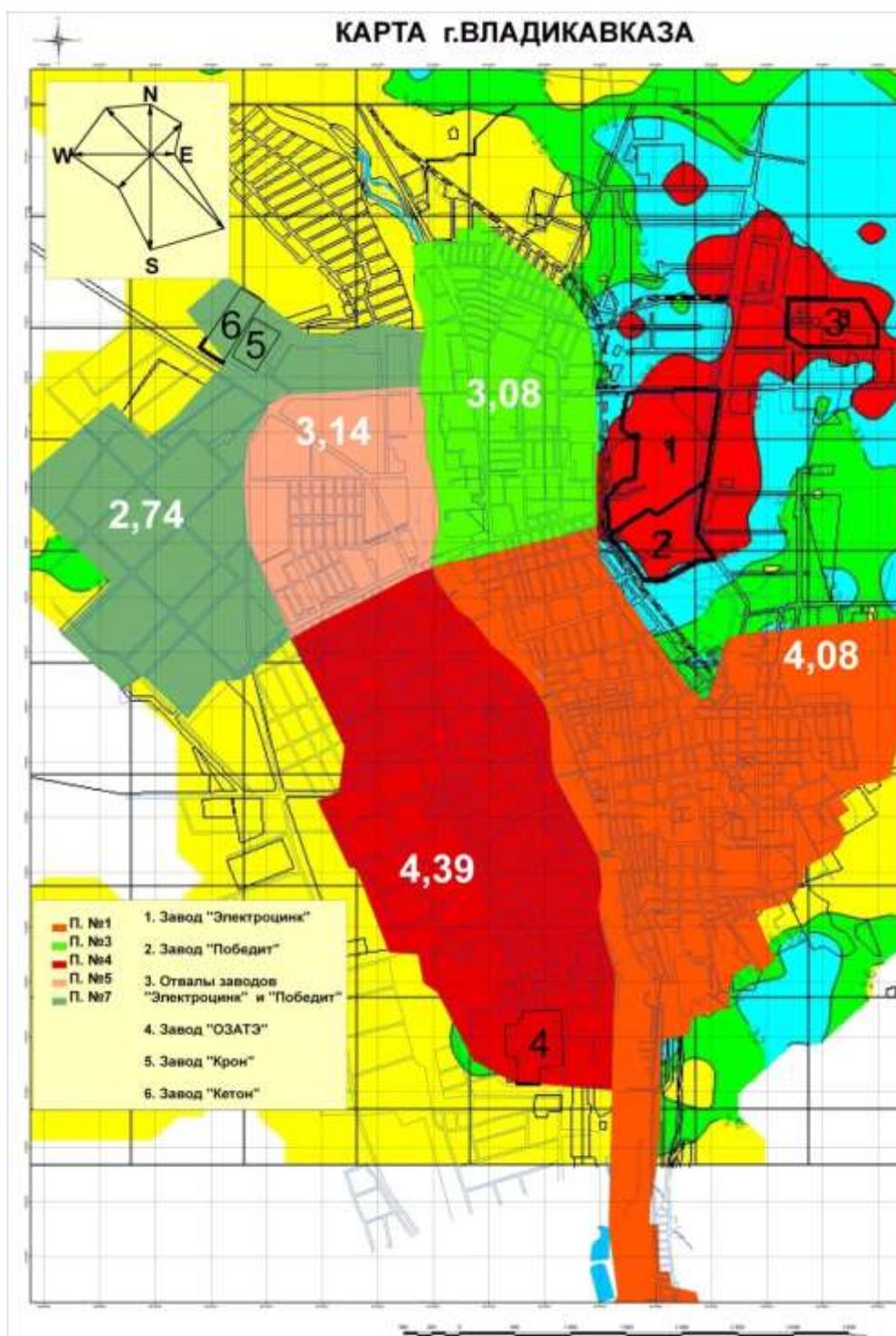


Рис 3. Заболеваемость новообразованиями по территории городских поликлиник

Обследования значительного количества людей показали, что у 64% самочувствие ухудшалось именно в день выраженного изменения погодных процессов, а у 36% - за один-два дня до смены погоды [Лапина, 1980; Мандрыкин и др., 1999].

Метеорологические факторы по-разному воздействуют на организм человека в условиях равнинной и горной территориях.

Целью нашего исследования было выявление воздействия ряда метеорологических величин (температуры воздуха и почвы, влажность воздуха, облачность, сумма осадков, продолжительность солнечного сияния, направление и сила ветра) на здоровье населения города Влади-

кавказ. Для этого нами был проведен анализ числа обращений на станцию скорой помощи города за 2016 год по следующим поводам для вызова: новообразования, психические расстройства, болезни нервной системы и органов чувств, болезни системы кровообращения, болезни органов дыхания, болезни органов пищеварения, болезни мочеполовых органов, несчастные случаи, осложнения беременности и родов, отравление алкоголем и наркотиками и др. Полученные данные были сопоставлены со сведениями Северо-Осетинского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за тот же временной период. Для статистической обработки полученных результатов применялся метод регрессионного анализа.

Установлено, что из всех изученных метеовеличин только температура воздуха, являющаяся одним из самых метеопатических факторов, оказывает заметное влияние на частоту вызовов скорой помощи. При этом влияние проявляется по убывающей – минимальные значения, средние значения и максимальные значения. Наиболее выражен этот эффект для классов инфекционные и паразитарные заболевания, болезни системы кровообращения, болезни органов дыхания (рис. 4-6). В то же время здесь также необходимо отметить, что ежедневные температурные данные не дают отчетливо выраженных результатов, поэтому мы брали средние показатели подекадно. 36 декад за год и по 9 декад по временам года.

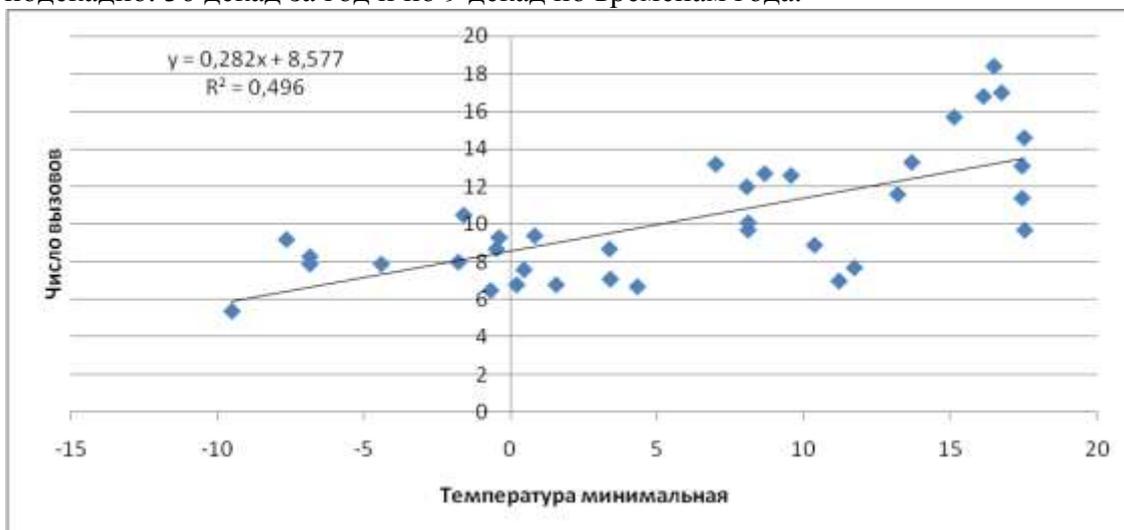


Рис. 4. Взаимосвязь числа вызовов Скорой помощи с инфекционными и паразитарными Заболеваниями

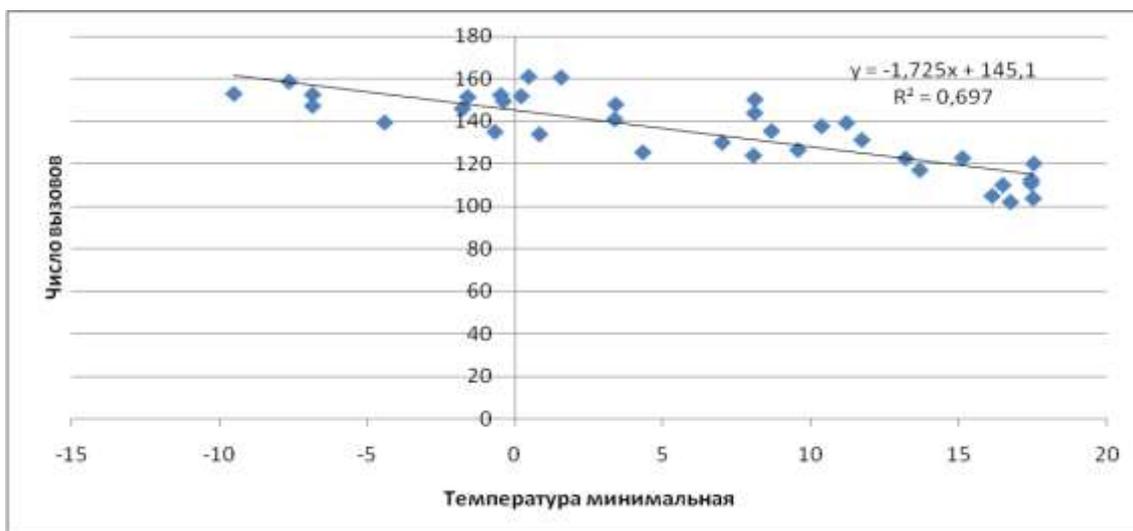


Рис. 5. Взаимосвязь числа вызовов Скорой помощи с болезнями системы кровообращения

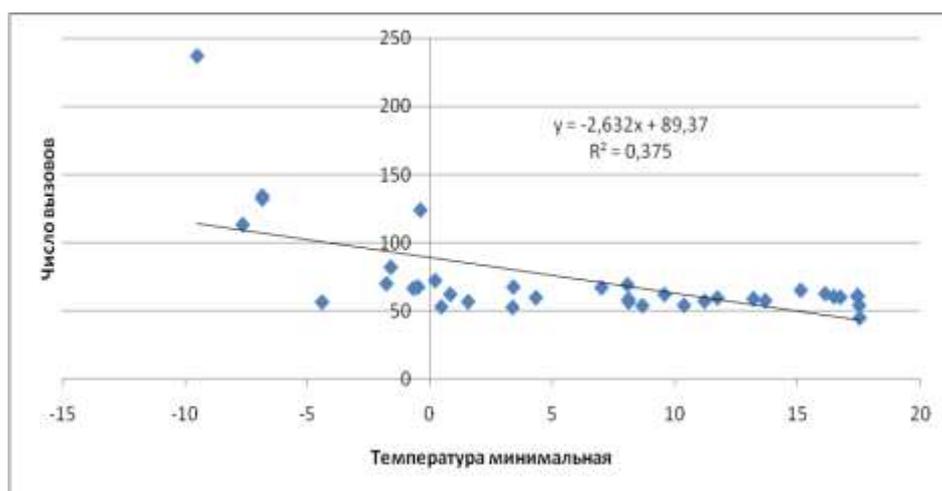


Рис. 6. Взаимосвязь числа вызовов Скорой помощи с болезнями органов дыхания

С целью определения наиболее «чувствительного» времени года на которое приходится наиболее большое количество вызовов по вышеуказанным классам заболеваний, нами были проанализированы изучаемые показатели по временам года (рис.7-9)

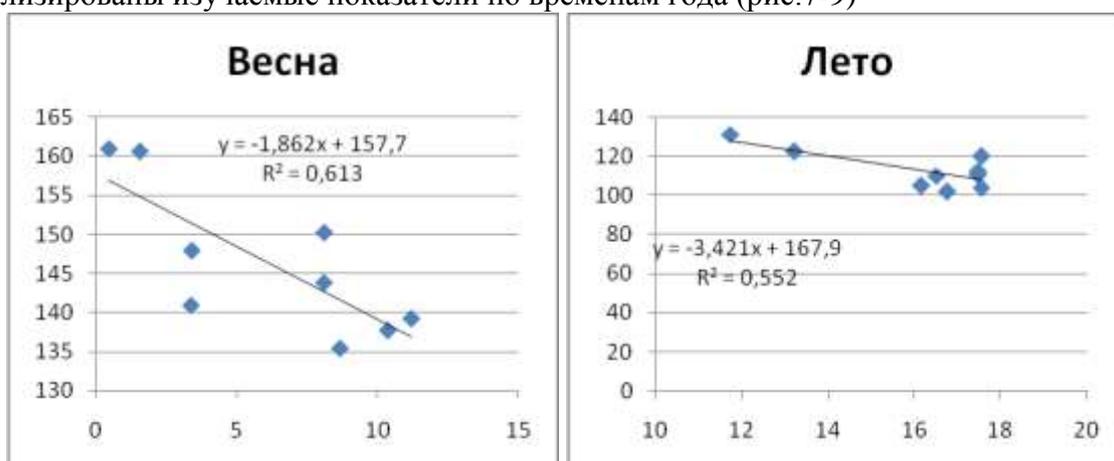


Рис. 7. Взаимосвязь числа вызовов Скорой помощи с болезнями системы кровообращения по временам года

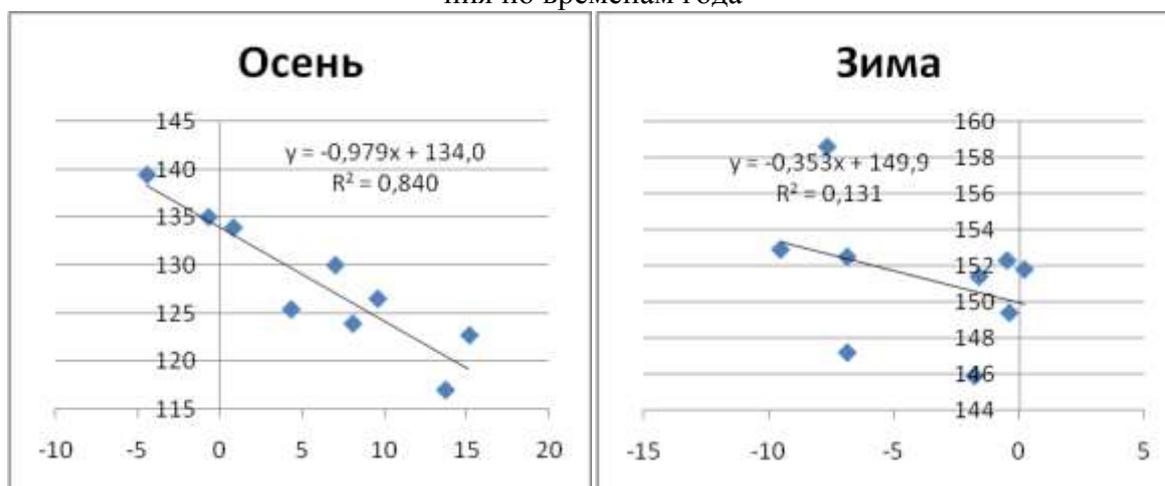


Рис. 7 (окончание). Взаимосвязь числа вызовов Скорой помощи с болезнями системы кровообращения по временам года

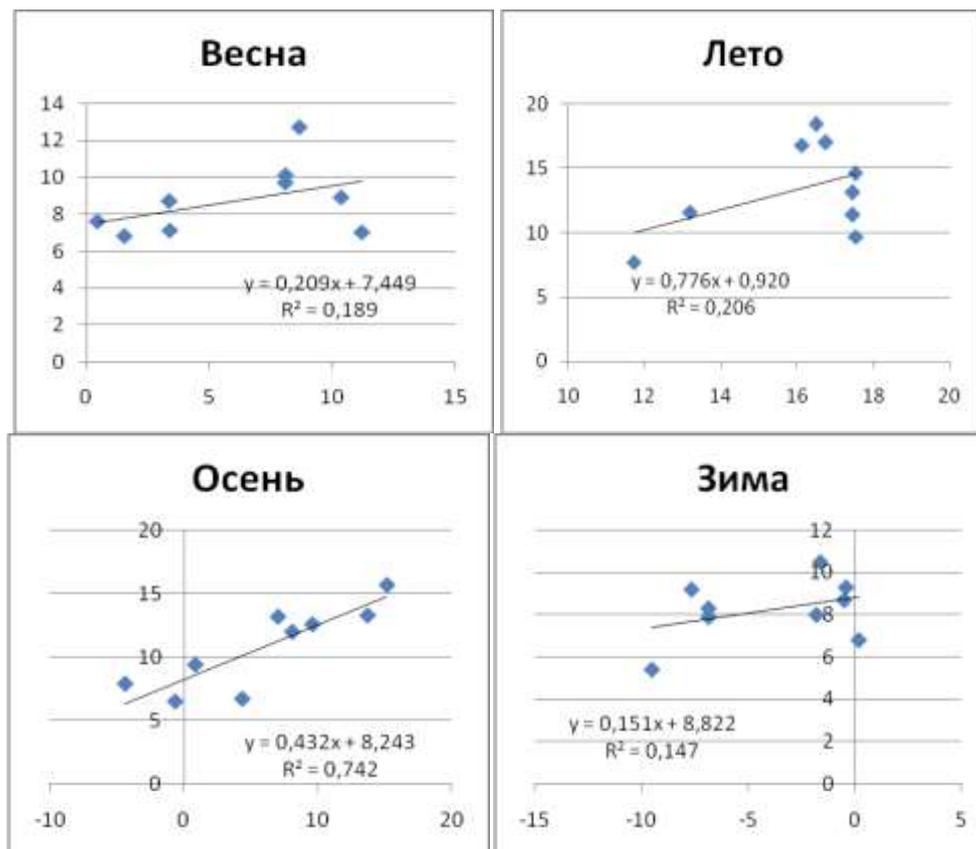


Рис. 8. Взаимосвязь числа вызовов Скорой помощи с инфекционными и паразитарными заболеваниями по временам года

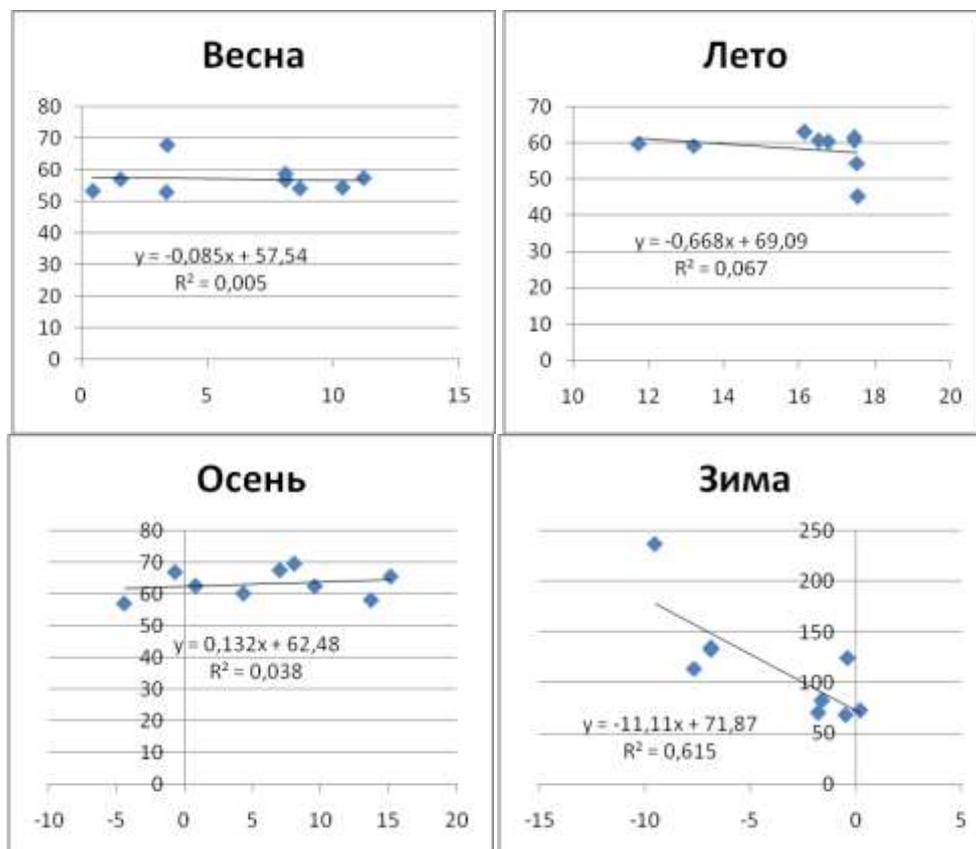


Рис. 9. Взаимосвязь числа вызовов Скорой помощи с болезнями органов дыхания по временам года

Анализ графиков корреляционных зависимостей отчетливо показывает, что наиболее выраженной зависимостью частоты вызовов скорой помощи наблюдается в осенний период, за исключением болезней органов дыхания, у которых этот эффект наблюдается зимой. На наш взгляд, это, очевидно, связано с сезонным ростом заболеваемости.

Таким образом, оценивая воздействие температуры воздуха на вызовы скорой помощи, следует отметить вариацию корреляционной зависимости ряда класса заболеваний от её изменения, что, несомненно, требует более детального изучения этой проблемы.

Полученные результаты можно использовать при разработке медицинского метеопрогноза и рекомендаций для практического здравоохранения.

Выводы

1. В почвенном покрове города преобладают урбаноземы – почвы с нарушенным строением профиля, несогласованным залеганием горизонтов с высокой степенью загрязнения тяжелыми металлами и органическими веществами, строительного и бытового мусора.

2. Тяжелые металлы, поступая из почвы в растения и затем в организмы животных и человека, обладают способностью постепенно накапливаться. Наиболее токсичны ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, отравление ими вызывает тяжелые последствия. Менее токсичны цинк и медь, однако загрязнение ими почв подавляет микробиологическую деятельность и снижает биологическую продуктивность.

3. Для обработки и последующего анализа данных по онкозаболеваемости населения, проживающего в регионе с интенсивной горнодобывающей деятельностью была разработана специальная база данных.

4. Построена карта заболеваемости новообразованиями для территории города Владикавказа.

5. Установлено, что наиболее тесная корреляция особенностей движения воздушных потоков, проникающих на хвостохранилище и расширяющих область загрязнения токсическими веществами на территории города, наблюдается с онкозаболеваемостью возрастной группы до 20 лет и онкозаболеваниями ряда локаций для всех возрастных групп (щитовидная железа, кровь, мочевого пузыря).

6. Было изучено воздействие ряда метеорологических параметров (температуры воздуха и почвы, влажность воздуха, облачность, сумма осадков, продолжительность солнечного сияния, направление и сила ветра) на здоровье населения города Владикавказа. Для этого проведен анализ числа обращений на станцию скорой помощи города за 2016 год.

7. Установлено, что из всех изученных метеопараметров только температура воздуха, являющаяся одним из самых метеопатических факторов, оказывает заметное влияние на частоту вызовов скорой помощи.

8. Оценивая зависимость вызовов скорой помощи от температуры воздуха, следует отметить вариацию корреляционной зависимости ряда класса заболеваний от её изменения, что, несомненно, требует более детального изучения этой проблемы.

Литература

1. Алборов И.Д., Бурдзиева О.Г., Тедеева Ф.Г. Формирование прошлого экологического ущерба при добыче и переработке руд цветных металлов // Экология урбанизированных территорий. 2016. № 2. С. 23-26
2. Бериев О.Г. Влияние климатических факторов на состояние здоровья чело-века. Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе // Отв. ред. А.В. Николаев, В.Б. Заалишвили. – Владикавказ: ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, 2009. – С. 449–453.
3. Бериев О.Г., Заалишвили В.Б., Гогичев Р.Р. Оценка состояния почвенного покрова территории Владикавказа. // Известия КБ НЦ РАН. Том II №6(68) 2015. С. 227-233

4. Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Кануков А.С., Майсурадзе М.В. Влияние горнодобывающей деятельности на загрязнение окружающей среды. // Гео-логия и геофизика Юга России. 2014. №4 т.2 . С. 8-13.
5. Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Закс Т.В. Экологический риск территории в условиях высокой сейсмической опасности // В книге: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА Абдулкаримова А.М., Абубакарова Э.А., Адилов З.А., Айдамирова З.Г., Алахвердиев Ф.Д., Александровская О.А., Алиев И.И., Алита С.Л., Андреев В.М., Антонов В.А., Архиреева И.Г., Асманов О.А., Ахматханов Р.С., Ахмедова М.М., Ащепкова Е.А., Бадаев С.В., Банкурова Р.У., Батукаев Н.С., Бачаева Т.Х., Беляев Е.В. и др. Коллективная монография. Грозный, 2016. С. 239-247.
6. Бурдзиева О.Г., Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Взаимосвязь между распределением тяжелых металлов по урбанизированной территории и заболеваемостью онкологией // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016а. № 6 (74). С. 102-108.
7. Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Закс Т.В. Медико-экогеофизический монито-ринг урбанизированной горной территории // В сборнике: Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений Материалы VII Международной научной конференции (Электронный ресурс, CD-ROM-диск). – Владикавказ. – 2010.
8. Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Об экологических аспектах современной урбанизированной территории при сильных землетрясениях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. - М.: ВНИИГПИ, №3. 2012. С.52-67.
9. 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. – 2013. – №4. – С. 8–16.
10. Закс Т.В., Кануков А.С., Малиев И.Н., Мельков Д.А., Туаев Г.Э., Тучашвили Д.Б. Мониторинг экогеофизических факторов окружающей среды г. Владикавказ // Геология и геофизика Юга России. – 2016. – №4. – С. 68–74.
11. Лапина С.Н. Влияние метеорологических факторов на здоровье человека. – Саратов: Изд-во Саратовского университета. – 1980. – 16 с.
12. Мандрыкин Ю.В., Замотаев Ю.Н., Уяпаева А.И. Подходы к объективизации метеочувствительности у больных с заболеваниями органов кровообращения // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – М.: 1999. – №3. – С. 16–19.
13. Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B., Beriev O.G., Kanukov A.S., Maisuradze M.V. Mining impact on environment on the North Ossetian territory // International Journal of GEOMATE. 2016. T. 10. № 1. pp. 1693-1697
14. Franke K. – AuArztzeitschrift fur Naturheilverfahren, 1986, 7, 451.

УДК 502.3:504.06:628.5

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК В ПРИРОДНО ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

*Алборов^{1,2} И.Д., Бурдзиева¹ О.Г., Тедеева² Ф.Г., Глазов² А.П.**¹ - Геофизический институт - филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр РАН», ² - Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет).*

В статье дана методика определения уровня истощения естественного наследия природной среды и дано ранжирование производственных объектов по комплексному показателю риска. Одновременно приведена оценка показателя вредного воздействия техногенных объектов на окружающую природную среду. Дается классификация, выражающая соответствие технологии современному научно-техническому уровню. Показатель оценки комплексного показателя риска является открытым, что позволяет вносить новые не учтенные в базовой части дополнительные слагаемые реального риска.

Ключевые слова: экологический риск, оценка риска, величина риска, категорирование производства по величине экологического риска, классификация технологических процессов.

ENVIRONMENTAL RISK IN THE NATURAL-TECHNICAL SYSTEM

*Alborov I.D.^{1,2}, Burdzieva O.G.¹, Tedeeva F.G.², Glazov A.P.²**1 - Geophysical Institute of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2 - North Caucasian Mining and Metallurgical Institute (State Technological University).*

Paper gives a technique for determining the level of depletion of the natural heritage of the natural environment and gives the ranking of production facilities for a comprehensive risk indicator. At the same time, assessment of the index of harmful impact of man-made objects on the surrounding environment is made. A classification is given expressing the conformity of technology to the modern scientific and technical level. The indicator of the complex risk score is open, which allows the introduction of new additional components of the real risk that are not included in the basic part.

Key words: ecological risk, risk assessment, magnitude of risk, categorization of production by the magnitude of environmental risk, classification of technological processes

Для оценки экологической составляющей технологий при хозяйственной деятельности необходимо значительно расширить номенклатуру технических нормативов выбросов или выделений загрязняющих веществ в атмосферу. В первую очередь это должно касаться основных загрязнителей и стойких органических загрязнителей (таких как диоксид серы, оксиды азота, летучие органические соединения (ЛОС), тяжелее канцерогены, диоксины) [6], по которым разработаны протоколы в рамках конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния.

Для действующих и разрабатываемых экологических технологий производств авторами проведена оценка ее соответствия передовому научно-техническому уровню как для действующего, так и для предлагаемого. В качестве исходной предложена классификация, выражающая соответствие научно-технического уровня предприятия передовому для конкретного производства, технологического процесса, оборудования с выделением следующих категорий:

- 0 - недопустимо низкий уровень;
- 1 - ниже среднего допустимого уровня в отрасли;
- 2 - средний допустимый уровень в отрасли;
- 3 - передовой достигнутый уровень в стране;
- 4 - выше передового достигнутого уровня в отрасли (устанавливается для проектируемых объектов);
- 5 - выше передового достигнутого уровня в стране (для действующих объектов);
- 6 - выше передового достигнутого уровня в стране (устанавливается для проектируемых объектов);
- 7 - передовой уровень в мире;

8 - выше достигнутого передового уровня в мире (устанавливается для проектируемых объектов).

К категории «0» относятся объекты, недопустимые для нового строительства, подлежащие скорейшему изъятию, закрытию, перепрофилированию. Существенное внимание надо уделять оценке экологичности используемого сырья, полупродуктов, продукции и отходов производства. Для этого необходимо проведение работ по классификации видов сырья (топлива и др.), продукции, а также отходов производства, которые:

- являются загрязняющими веществами, в процессе производства или сохранения постоянно или при определенных условиях попадающими в атмосферу;
- содержат в виде примесей загрязняющие вещества, выделяющиеся при производственных процессах или при хранении;
- содержат в виде примесей вещества, переходящие в загрязняющие вещества при технологических процессах, в том числе при сгорании топлива, горючего, агломерации руд, при длительном хранении и т.п.

В то же время, действующее законодательство предусматривает широкий спектр требований к экологической безопасности хозяйственной деятельности [1].

Оценка риска сводится к определению ущерба, нанесенного предприятием окружающей природной среде [2]. Такой подход не всегда оправдывает себя, так как на практике очень трудно оценить непосредственную связь между потенциальными экологическими опасностями технологий и фактическими экологическими последствиями. Для оценки возможного экологического ущерба авторы рекомендуют использовать критерий экологического риска. Он выражает вероятность и масштабы нарушения естественного функционирования экологических систем и объектов, включая объекты природной среды. Необходимо, при этом, отметить, что в условиях высокой сейсмической опасности характерной для Кавказа экологический риск повышается [5].

Величина риска зависит от вида и производственной мощности предприятия, характера используемых им технологий, и предопределяет размеры экологического ущерба от деятельности производства [3,4]. Риск, авторы предлагают рассчитывать по количеству факторов, создаваемых функционированием проектируемого или действующего по формуле:

$$\mathcal{E}_p = (n - \sum_{i=1}^n Z_i) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где: \mathcal{E}_p – экологический риск, %; n – количество факторов экологического риска, сопутствующих нормальному функционированию производства; Z_i – уровень i -го фактора экологического риска.

Объекты техносферы можно охарактеризовать рядом экологических факторов, позволяющих достаточно полно установить экологический риск как применимых технологий, так и предприятия в целом:

$$Z = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n \quad (2)$$

где Z_1, Z_2, \dots, Z_n - уровни оценивающих факторов риска по сравнению с экологически безвредными условиями (первоначальный уровень).

Для расчета уровней используются технико-экономические показатели и нормативные санитарно-гигиенические показатели, определяемые как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации предприятия.

В качестве факторов экологического риска для производства используются:

Z_1 – уровень сохранности естественного состояния территорий ландшафта;

Z_2 – уровень сохранности естественного состояния биотета ландшафта процессе функционирования объекта;

Z_3 – уровень системы очистки стоков на производстве;

Z_4 – уровень состояния безотходности производства; Z_5 – уровень безопасности перерабатываемых сырьевых и материальных ресурсов;

$$Z_1 = \frac{S_0}{S} = \frac{S-S_n}{S} \quad (3)$$

где S- площадь землеотвода, га; S_0 – площадь территории ландшафта, уменьшенная на величину площади территории производственной системы S_n , га;

$$Z_2 = \frac{B_0}{B} \quad (4)$$

где, B – базовый бонитет ландшафта или отдельных элементов (условные единицы); определяется качественной основой природных ресурсов до функционирования объекта; B_0 – фактический бонитет ландшафта на период оценки (определяется по той же методике, что и базовый бонитет);

$$Z_3 = \frac{B_0}{B} \quad (5)$$

где, B_0 – объем сточных вод, возвращенных в гидросферу и очищенных до уровня санитарных норм, м³/ч; B – объем водопотребления предприятием для производственных и хозяйственных нужд.

$$Z_4 = \frac{M_0}{M} \quad (6)$$

где M - суммарная масса основных и вспомогательных материалов, перерабатываемых предприятием в единицу времени (т/ч, т/сут, т/год); M_0 – суммарная масса товарной продукции (концентрата), выпускаемой в единицу времени (т/ч, т/сут, т/год):

$$Z_5 = \frac{C_0}{C} \quad (7)$$

где, C - объем выделяемой пыли от всех источников загрязнения (г/с, кг/ч, т/сут); C_0 – объем уловленной или подавленной пыли на организованные и неорганизованные источники загрязнения (г/с, кг/ч, т/год).

Для расчета экологического риска производства предлагается формула

$$\mathcal{E}_p = (5 - (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)) \cdot 100\% \quad (8)$$

Уровень каждого фактора экологического риска может изменяться от 0 до 1, а общий экологический риск – от 0 до 100 и более %. Однако на практике как максимальные, так и нулевые значения экологического риска являются исключением. Это дает основание категорировать производства по величине создаваемого ими экологического риска и разделить их в этом отношении на классы, характеризующих экологическую безопасность производства:

I – умеренный, экологический риск < 25%;

II – допустимое, экологический риск -25-50%

III – неблагоприятное, экологический риск -50-75%

IV – критический, экологический риск- 75-100%;

V – экстремальное (запрет производства), экологический риск >100%.

Негативное воздействие объектов техносферы распространяется на основные компоненты биосферы [4,7], поэтому экологическая оценка этого воздействия авторы предлагают оценивать по совокупному комплексному показателю. Иначе говоря, рассчитывается уровень вовлечения первичных компонентов биосферы для достижения требуемого качества окружающей среды.

Потребление этих компонентов зависит от уровня риска экологического воздействия предприятия на окружающую среду. Суммарный показатель вредного воздействия ($\Pi_{вв}$) любого объекта экономики определяется по сумме вредных воздействий отдельных его составляющих:

$$\Pi_{вв} = \frac{\sum_{i=1}^N \Pi_{амм.i}}{ПДК_i} + \frac{\sum_{i=1}^N \Pi_{е.i}}{ПДК_i} + \frac{\sum_{i=1}^N \Pi_{п.i}}{ПДК_i} \quad (9)$$

Показатель вредного воздействия выбросов:

$$\Pi_{амм.i} = \sum \left(\frac{m_1}{ПДК_1} + \frac{m_2}{ПДК_2} + \frac{m_3}{ПДК_3} \right) \quad (10)$$

где m_1, m_2, m_3 – количества конкретных вредных веществ (ВВ), выбрасываемых предприятием в атмосферу за год (в тоннах);

$ПДК_1, ПДК_2, ПДК_3$ – действующие предельно-допустимые концентрации соответствующих ВВ в атмосферном воздухе населенных мест ($мг/м^3$).

Показатель вредного воздействия сбросов:

$$P_{в.i} = \sum \left(\frac{m_1}{ПДК_1} + \frac{m_2}{ПДК_2} + \frac{m_3}{ПДК_3} \right) \quad (11)$$

где m_1, m_2, m_3 – количества конкретных загрязняющих веществ (ЗВ), сбрасываемых предприятием со сточными водами в речную сеть за год;

$ПДК_1, ПДК_2, ПДК_3$ – действующие предельно-допустимые концентрации соответствующих ЗВ в поверхностных водах ($мг/л$).

Показатель вредного воздействия твердых отходов:

$$P_{т.i} = \sum (m_I k_I + m_{II} k_{II} + m_{III} k_{III} + m_{IV} k_{IV}) \quad (12)$$

где $m_I, m_{II}, m_{III}, m_{IV}$ – количества образующихся за год накопленных на данной территории промышленных отходов соответственно I, II, III, IV класса токсичности (в тоннах); $k_I, k_{II}, k_{III}, k_{IV}$ – коэффициенты, пропорциональные размерам установленных платежей для твердых отходов соответствующих классов токсичности.

Выводы и предложения

Создана классификация категории производств, применяемого оборудования с выделением категорий, и дана оценка ее соответствия передовому научно-техническому уровню, как для действующего, так и для вновь создаваемого.

Предложена концепция категорировать производства по величине создаваемого ими экологического риска и разделить их в этом отношении на классы, характеризующих экологическую безопасность производства.

Установлена, что оценивать экологический риск следует оценивать по совокупному комплексному показателю, выражающий потребление первичных компонентов биосферы для достижения требуемого качества окружающей среды.

Литература

1. ФЗ "Об охране окружающей среды", 2006. - 64с. (Федеральный закон).
2. Азаров В.Н., Грачев В.А., Денисов В.В., Павлихин Г.П. Промышленная экология: учебник для вузов РФ // Под общ. ред. В.В. Гутенева. - М.-Волгоград: Прин Терра. 2009. 840 с.
3. Алборов И.Д., Заалишвили В.Б., Тедеева Ф.Г. и др.- Экологический риск, принципы оценки окружающей природной среды и здоровья населения. // Владикавказ: ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А, 2013. – 343 с.
4. Бадтиев Ю.С. Биомониторинг экологической обстановки // Владикавказ: ИП Цопановой. 2009. – 298 с.
5. Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Закс Т.В. Экологический риск территории в условиях высокой сейсмической опасности (коллективная монография). // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Грозный: Грозненский рабочий. 2016. С. 239-247.
6. Закс Т.В., Кануков А.С., Малиев И.Н., Мельков Д.А., Туаев Г.Э., Тучашвили Д.Б. Мониторинг эко-геофизических факторов окружающей среды г. Владикавказа // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 4. С. 68-74.
7. Чура Н.Н. Техногенный риск. Ульяновск: ОАО "Ульяновский дом печати". 2011. – 279 с.

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.

Правила оформления рукописи в журнале

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Технические требования

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

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

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

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

Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

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

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

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

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

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

Рукописи, оформленные с нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.

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

ISSN: 2541-9684

Научное издание

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

Ежеквартальный научный журнал
Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН
Выпуск № 4 (71) 2017

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 С.А., Магомедов Р.А., Ибаев Ж.Г., Идрисов И.А.
Набор – Гусейнова А.Ш.

Подписано в печать 01.12.2017 г.
Формат 60x84¹/₁₆. Печать ризографная. Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс». Усл. п. л. 6,5. Тираж 500 экз.



Отпечатано в типографии АЛЕФ, ИП Овчинников М.А.
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

ПЕЧАТНЫХ ЛИСТОВ 6,5
236309 ЗНАКОВ БЕЗ ПРОБЕЛОВ
269532...../...../..... С ПРОБЕЛАМИ