

ISSN: 2541-9684



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Институт геологии  
Дагестанского федерального  
исследовательского центра РАН

№ 3 (90), 2022  
Ежеквартальный  
научный журнал

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

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

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

**Научно-редакционный совет:**

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

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

**Редакционная коллегия:**

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

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

**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.igdficran.ru>, e-mail: [dangeogis@mail.ru](mailto:dangeogis@mail.ru)  
Тел. 8(8722)62-93-95; факс: 8(8722)62-06-82

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

## НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

### ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

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

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

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

#### Научное направление журнала - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

ISSN: 2541-9684

Журнал является рецензируемым.

Журнал выходит 4 раза в год.

Тираж - 200 экземпляров

<http://elibrary.ru/> (РИНЦ)

<http://www.igdficran.ru>

## СОДЕРЖАНИЕ

### О БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОМ РАСЧЛЕНЕНИИ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА

*Исаева Н.А.* ..... 5

### ПОКАЗАТЕЛИ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

*Газалиев И.М., Самедов Ш.Г., Юрченко Св.Ю.* ..... 15

### БАЗЫ ДАННЫХ СКВАЖИН ТЕРСКО-КУМСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА ДЛЯ 3-D МОДЕЛИРОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

*Мамаев С.А., Кондаков В.М., Газалиев И.М., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш.,  
Мамаев А.С., Ахмедов А.С.* ..... 19

### ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩ

*Залибеков З.Г., Абдуллаев М.Ш., Мусаев М.А., Мусалаева П.Д., Валиев З.В.* ..... 28

### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

*Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш.* ..... 39

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ У С. ТАШКАПУР ЛЕВАШИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

*Сулейманов В.К., Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Алимагомедов А.А., Ахмедов А.М.* ..... 47

### ИЗУЧЕНИЕ КРЕМНИСТЫХ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ДАГЕСТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛЛАСТОНИТСОДЕРЖАЩЕЙ КЕРАМИКИ И КАК МИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА В ЦЕМЕНТ

*Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К.,  
Мамаев А.С., Юсупов З.А.* ..... 52

### ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖАРОСТОЙКОГО БЕТОНА НА КРЕМНЕЗЕМИСТОМ ПОЛИСИЛИКАТНАТРИЕВОМ КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ

*Тотурбиев Б.Д., Тотурбиев А.Б.* ..... 57

### ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОМИНЕРАЛЬНЫЕ И ЖИВОПИСНЫЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ ПРЕДГОРНОГО, ТРЕТИЧНОГО ДАГЕСТАНА

*Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Юсупов З.А., Мамаев А.С., Алилова Г.А., Баркуева Л.С.* ..... 63

### ПОЛИСИЛИКАТНАТРИЕВЫЕ НАНОДИСПЕРСНЫЕ КОМПОЗИЦИИ

*Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиева У.Д., Журавлев М.М.* ..... 74

### СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮЖДЕНИЙ

*Мусаев М.А., Магомедов Р.А.* ..... 79

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МНОГОЛЕТНИХ ПРЕЦИЗИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ ПОРОД В СКВАЖИНЕ НА СТАНЦИЯХ МАХАЧКАЛА И ИЗБЕРБАШ (ДАГЕСТАН) <i>Децеровский А.В., Магомедов А.Г., Идармачев А.Ш.</i> .....	85
ХУНЗАХСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 28 ИЮЛЯ 2021 г <i>Асманов О.А., Адилов З.А.</i> .....	90
АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ПОВТОРНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВ <i>Таймазов Д.Г.</i> .....	97

УДК: 551.763.12

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-5-14

## О БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОМ РАСЧЛЕНЕНИИ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА

*Исаева Н.А*  
*Институт геологии ДФИЦ РАН*

В статье рассматриваются вопросы биостратиграфии верхнемеловых бассейнов, дается анализ вертикального распространения фораминифер, приводятся списки фораминифер по ярусам. Приводится краткая литологическая характеристика и обоснование геологического возраста верхнемеловых отложений Дагестана.

*Ключевые слова:* микробиота, биостратиграфия, детализация, микро фаунистический анализ, подъярус, мергель, глинистые известняки, литология.

## ABOUT THE BIOSTRATIGRAPHIC DIVISION OF THE UPPER-Cretaceous DEPOSITS OF DAGESTAN

*Isaeva N.A.*  
*Institute of Geology DFRC RAS*

The article deals with questions of biostratigraphy of the Upper Cretaceous basins, analyzes the vertical distribution of foraminifers, lists foraminifers by stages. A brief lithological description and substantiation of the geological age of the Upper Cretaceous deposits of Dagestan is given.

*Key words:* microbiota, biostratigraphy, detailing, microfaunistic analysis, substage, marl, argillaceous limestones, lithology.

Вопросы биостратиграфического расчленения верхнемеловых отложений Северного Кавказа и, в частности, Дагестана изложены в работах В.П. Ренгартена, Д.В. Дробышева, М.М. Москвина [5, 1, 2, 3]. В Дагестане с 1948-50г.г. проводятся работы кафедрой геологии нефти и газа геологического факультета МГУ по изучению мезозойских отложений Дагестана. Наиболее ценными в стратиграфическом отношении являются работы, проводимые М.М. Москвиным, которым производится описание меловых отложений. Затем следует отметить работы экспедиции, проводимые под руководством И.О. Брода. В отчетах данной экспедиции, при описании стратиграфии верхнемеловых отложений используются и данные микрофаунистического анализа впервые проведенные В.Г. Морозовой. В последующие годы результаты этой экспедиции были опубликованы в нескольких томах под редакцией И.О. Брода. В 1951г. вышла в свет монография Д.В. Дробышева, объединяющая в себе все исследования проводимые им ранее по Северному Кавказу.

М.М. Москвиным в 1959г. была опубликована более уточненная схема биостратиграфического расчленения верхнемеловых отложений Северного Кавказа. Верхнемеловые отложения М.М. Москвиным были расчленены на ярусы и подъярусы верхнего мела, в пределах подъярусов выделены макрофаунистические зоны с указанием фораминифер, определенных Маслаковой М.М.

Этими исследователями установлено наличие в дагестанских разрезах верхнего мела всех семи фаунистически охарактеризованных ярусов. В отдельных ярусах выделены более мелкие стратиграфические подразделения: подъярусы и зоны. Значительный вклад в изучение стратиграфии верхнего мела Дагестана внесли микрофаунистические исследования К.Г. Самышкиной [6, 9, 10].

Основой для детализации ранее разработанных биостратиграфических схем явилось изучение различных комплексов фауны: головоногих, двустворчатых, иглокожих, брахиопод, фо-

раминифер. В результате изучения вертикального распространения фауны, увязки естественных и скважинных разрезов уточнена унифицированная схема расчленения верхнемеловых отложений Дагестана. При детализации биостратиграфической схемы были использованы макро- и микропалеонтологические определения фауны, произведенные М.М. Москвиным, Д.П. Найдным, Р.А. Халафовой, К.Г. Самышкиной, М.А. Пергаментом, Д.А. Агаларовой, У.Т. Темирбековой, З.В. Кузнецовой. Специфика распределения фауны обусловлена особенностями развития бассейна. Своеобразие осадконакопления усугубляется структурной неоднородностью бассейна. Сложные фациально-экологические условия не могли не сказаться на распределении фауны (аммонитов, фораминифер) наиболее важных для стратиграфии групп [8].

Описание стратиграфии и микрофауны проводим в общем схематическом порядке, начиная от сеноманского яруса и кончая отложениями датского яруса. Ниже приводится краткая литологическая характеристика и обоснование геологического возраста верхнемеловых отложений Дагестана.

**Сеноманский ярус.** Отложения сеноманского яруса изучены в разрезах у с.с. Ансалта, Мехельта, Буцра, Чалда, по р. Кара-Койсу, у с.с. Леваши, Цудахар, Акуша, Хучни, Маджалис. Во всех изученных разрезах породы сеноманского яруса представлены известняками пелитоморфными, белыми, иногда с включениями дымчатых линзовидных кремнистых образований, между известняками прослой мергелей и глин, последние изменяют окраску от темно-серой в нижних слоях разреза до зеленоватой в верхних слоях, в темно-серых глинах часты включения мелких образований пирита.

Из анализа состава органических остатков видно большое разнообразие сеноманской фауны Дагестана. Здесь отмечаются, помимо двустворчатых и головоногих моллюсков, и морские ежи, и плеченогие. Головоногие отличаются богатым видовым и родовым составом. Сеноманские двустворчатые представлены в основном разными видами иноцерамов

В связи с начавшимся в среднем сеномане углублением морского бассейна увеличивается содержание планктона. Внезапное увеличение отношения планктон/бентос в середине сеномана получило наименование «среднесеноманского перелома» (mid-senomanianon-sequense) [4]. На основании фаунистической охарактеризованности сеноманский ярус подразделяется на два подъяруса: нижний и верхний.

**Нижнесеноманский подъярус.** Отложения этого подъяруса в полном своем объеме и повышенной мощности (30-45 м) распространены во внутренней зоне Известнякового Дагестана.

Рассматриваемые отложения содержат довольно богатую в количественном отношении фауну. В пачке известняков, залегающих в низах сеномана, обычно встречаются: *Rotalipora arreninica* Renz., *Anomalina senomanica* Brotz., *Spirillinamina* Schacko, *Globigerina portsdownensis* W. et M. Из песчаных форм большим распространением пользуются *Gaudryinagradata* Bertz., *G. suberrata* Vassil. и др. Следует отметить, что комплекс фораминифер сеномана, особенно в нижних слоях обогащен видами, перешедшими из отложений верхнего альба, из них наибольшей распространенностью пользуются представители из семейства лагенид, такие как *Astacolus harpa* (Rss.), *Lenticulina orbicularis* Rss., *L. gibba* Rss., *Lagenaglodosa* Rss., *Dentalina oligotegia* Rss. и др. Остальная часть нижнего сеномана сложена толщей ритмичного чередования серых глинистых известняков и зеленовато-серых мергелей.

**Верхнесеноманский подъярус.** В области раскрытого залегания верхнемеловых отложений описываемый подъярус имеет почти повсеместное распространение, за исключением разреза р. Ярыксу, где отмечается несогласное залегание нижнего турона на альбском ярусе. Во многих разрезах наблюдается неполнота объема подъяруса, обусловленная размывом или же перерывом в осадконакоплении. Наиболее полным объемом и максимальной мощностью подъяруса характеризуются разрезы внутренней зоны Известнякового Дагестана.

В литологическом отношении породы верхнего сеномана в основном представлены глинистыми (реже кремнистыми) известняками серого цвета и зеленовато-серыми мергелями.

В результате изучения микрофауны верхнесеноманских отложений выяснилось незначительное изменение видового состава фораминифер при переходе нижних слоев сеномана в верхние. Так, наряду с *Rotalipora arreninica* Renz. форм, широко распространенных в низах сеномана встречаются и *R. reicheli* Mornod., являющаяся характерной для верхних слоев сеномана. В большом количестве в слоях верхнего сеномана встречаются *Rotundina ordinaria* Subb., *Praeglobotruncanastephani* (Gand.), *Rotundina imbricata* (Mornod), *Rotundina marginata* (Rss.), *Cibicides vassilenkoae* Gorb. Перечисленные формы встречаются в основном в верхней части сеноманских отложений.

Таким образом, перечисленные представители фораминифер своим присутствием подтверждают сеноманский возраст вмещающих их отложений и позволяют делить сеноманские отложения на нижний и верхний подъярусы. В изучаемых разрезах сеномана определены также и остатки макрофауны, представленные аммонитами, пелециподами и реже морскими ежами.

**Туронский ярус.** Туронские отложения на территории Дагестана распространены повсеместно. Однако полнота разрезов турона не везде одинакова. Наиболее полные разрезы установлены в центральной и северо-западной частях Дагестана. В южных и юго-восточных областях изучаемой территории наблюдается перерыв в осадкообразовании, который хорошо подтверждается выделением в разрезе микрофаунистического комплекса, подтверждающего своим присутствием постепенный переход от сеноманских отложений к туронским. Наибольшая мощность турона отмечается в разрезе у с. Ансалта 71 м и наименьшая 13 м у с. Хучни. На рисунке 1 представлена схема литологического расчленения туронского яруса.

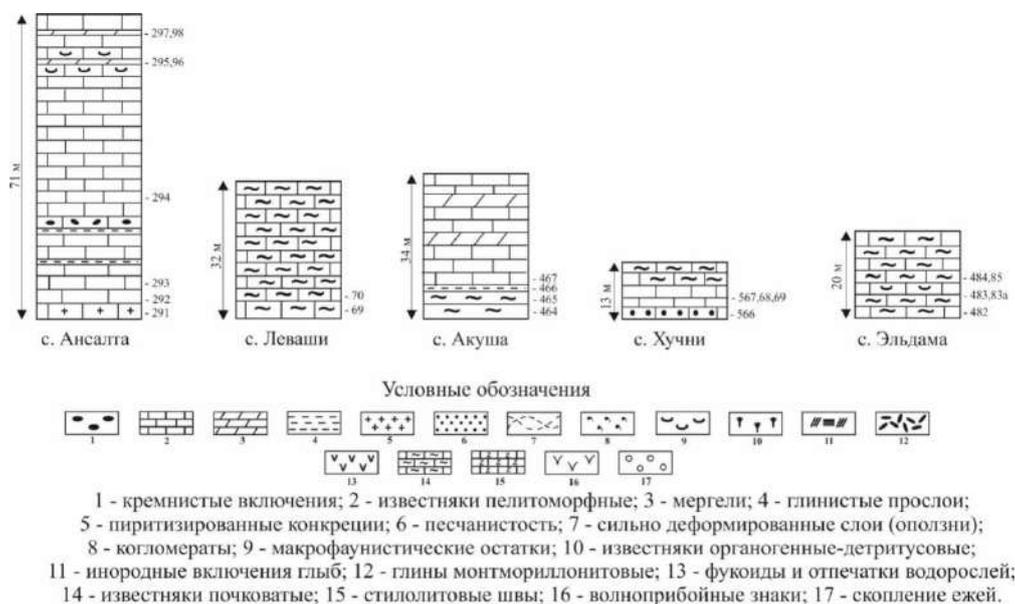


Рисунок 1.  
Отложения турона (Дагестан)

На основании детального изучения комплексов макро- и микрофауны в наиболее полных разрезах турона Дагестана представилось возможным выделить в туронских отложениях два подъяруса: нижний и верхний.

Нижнетуронский подъярус (зона *Inoceramus labiatus*). Сведения о нижнетуронских отложениях Дагестана появились в литературе, посвященной стратиграфическому изучению верхнемеловых отложений Кавказа, только после 1966 г. [6, 9].

Нижнетуронские отложения, как и верхнесеноманские, в подошвенной части сложены чередованием известняков и мергелей, но отличаются от них более темной окраской пород, содержанием пиритовых конкреций и прослоями бентонитовых глин. Верхняя часть подъяруса представлена белыми известняками с конкрециями черных кремней, а иногда с прослоями алевролитовых известняков. Ввиду плотности пород в данных отложениях микрофауны обнаружено значительно меньше, чем в сеномане. Здесь всего насчитывается 69 видов фораминифер. Для отложений нижнего турона (разрезы у с. Ансалта) характерными представителями фораминифер являются: *Rugoglobigerinaholzli* (Hag.), *Anomalinaberthelini* Kell., *A. ammonoides* Rss., *Valvulinaintermedia* Rss., *Globotruncanamontsalvensis* (Gand.).

Литолого-стратиграфическая корреляция естественных разрезов сеноман-нижнетуронских отложений приводит к выводу о наибольшей полноте нижнетуронского подъяруса в северо-западной части Известнякового Дагестана (разрезы рр. Акташ, Аксай, Ансалта, плато Бетли). Здесь можно предполагать непрерывный переход отложений от сеномана к нижнему, а затем к верхнему турону. Свидетельством этого является отсутствие признаков размыва в переходных слоях, постепенный характер изменения фауны, увеличение мощностей и приобретение более чистого карбонатного состава слагающих пород [11].

Верхнетуронский подъярус. Литологический состав верхнетуронских отложений резко отличен от сеноманских и нижнетуронских и обычно представлен крепкими известняками. В отложениях верхнего турона начинают свое развитие двухкилевые глоботрунканы: *Globotruncanaangusticarinata* Gand., *G. coronata* Bolli, *G. linneiana* Orb., продолжает развиваться *Stensioinapraexsculpta* (Keller), *Gyroidinanitida* Rss., появляются *Valvulinaintermedia* Rss., *Bolivinopsispraenlongus* Rss. и др. Из сеномана переходящими видами в турон кроме двух перечисленных видов являются *Anomalinaberthelini* Keller, *Marssonellaoxycona* (Rss.), *Textullariatrochus* Orb., *Praeglobotruncanastephani* (Gand.), *Rotundinaordinaria* Subb. и др. Комплекс фораминифер туронских отложений характеризуется значительным обеднением видового состава.

Изменение режима бассейна в эпоху турона обусловило гибель многих пышно развивающихся видов верхнего сеномана. Наряду с бентонными представителями фораминифер здесь появляются элементы микрофауны, являющейся характерной для Средиземноморской провинции.

**Коньякский ярус.** Породы коньякского яруса на территории Дагестана распространены повсеместно. Мощность их варьирует от 119 м в разрезе у с. Левашин до 18 м у поднятия Эльдама. В литологическом отношении породы коньякского яруса, в основном, представлены чередованием известняков различной степени глинистости и мергелей. Причем последние имеют подчиненное значение. Для всей этой дифференцированной пачки характерна зеленовато-серая (реже розовая) окраска и большая степень глинистости (рисунок 2).

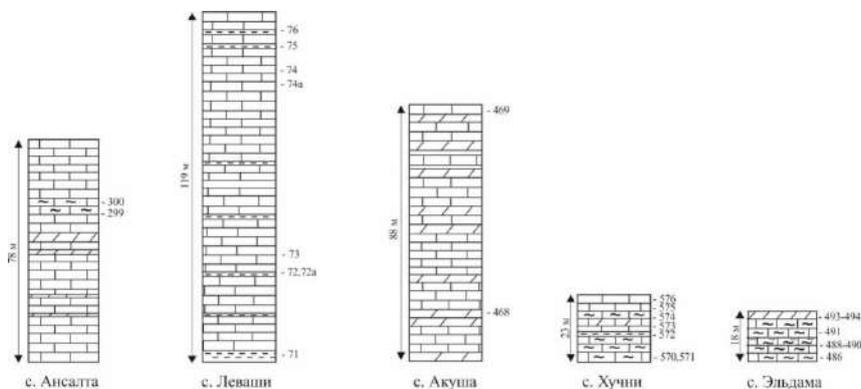


Рисунок 2.  
Отложения коньякского яруса (Дагестан)  
Условные обозначения на рисунке 1.

По фаунистическому составу отложения коньякского яруса подразделяются на нижний и верхний подъярусы.

Нижнеконьякский подъярус, характеризующийся более глинистым составом известняков, входит в единую литологическую пачку, объединяющую верхи турона и нижнюю часть верхнеконьякского подъяруса.

Подосва устанавливается по появлению *Inoceramus wandererabruptus*R. Chal., *In. schloenbachi*Boehm., *In. deformis*Meek, которые являются руководящими видами этого подъяруса.

Характерными представителями фораминифер для данных отложений являются глоботрунканиды. В нижних слоях коньяка наибольшей распространенностью пользуются: *Glodotruncanalinneiana*Orb., *G.coronata*Bolli, *G.angusticarinata*Gand., *Globigerinaaumalensis*Fr., из представителей песчанистых фораминифер следует отметить *Verneuilinabronni*Rss., редкие находки *Ataxophragmiumnonnautiloidessp.n.*, *A.crassum* (Orb.), *Gaudryinarugosa*Orb., *G.crassa*Marss. и др. Переходящими видами из отложений турона в коньяк являются: *Ammodiscusincertus*Orb., *A.gaultinus*Berth., *Textulariatrochus*Orb., *T.conulus*Fr., *T.turris*Orb., *Marssonellaoxycona* (Rss.), *Arenobuliminapresli*Rss., *Vernenilinabronni*Rss. и др. Переходящими видами из отложений турона в коньяк являются: *Ammodiscusincertus*Orb., *A.gaultinus*Berth., *Textulariatrochus*Orb., *T.conulus*Fr., *T.turris*Orb., *Marssonellaoxycona* (Rss.), *Arenobuliminapresli*Rss., *Verneuilinabronni*Rss.

Породы верхнеконьякского подъяруса сложены известняками более чистого карбонатного состава, чем в подстилающих породах. Руководящей фауной является *Inoceramusinvolutus*Sow., имеющей значение зонального вида. Мощности подъяруса непостоянны и меняются от 52 м до 1 м. Максимальные мощности приходятся на область Урминской синклинали. Максимальное значение отмечается в разрезе у сел.Касумкент, где мощность фаунистически охарактеризованного верхнеконьякского подъяруса составляет всего лишь 0,3 м.

В верхних частях коньякских отложений, помимо перечисленных фораминифер, появляются еще и такие виды, которые продолжают свое существование и в виде лежащих отложений сантона и достигают там наивысшего расцвета в своем развитии. К таким видам относятся: *Spiroplectamminaflexsuosa*Rss., *S.nonrosulasp.n.*, *Arenobuliminaorbignynaeformis*Mjatl., *Buliminapuschii*Rss., *Ataxophragmiumcompactum*Br., *Tritaxiapyramidata*Rss., *Tr.foveolata*Marss., *Stensioinaexsculpta*(Rss.) и др.

Сантонский ярус. Отложения сантонского яруса в Дагестане имеют повсеместное распространение. Они обычно стратиграфически согласно залегают на верхнеконьякском подъярусе. Отложения сантонского яруса изучены во многих разрезах Дагестана, их мощность варьирует в пределах от 148 м у с.Ванаша-Махи до 38 м в разрезе эльдамского поднятия (рисунок 3).

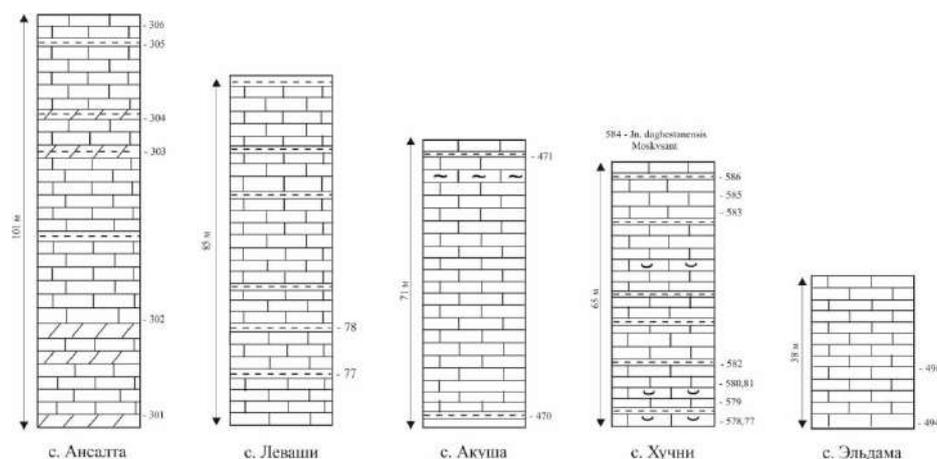


Рисунок 3.  
Отложения сантонского яруса (Дагестан)  
Условные обозначения на рисунке 1.

В литологическом отношении они представлены однообразными известняками плотными, крепкими с наличием стилолитов, секущих пласты известняка в вертикальном и горизонтальном направлениях. Известняки имеют светло-серые, розоватые и кремовые тона, в некоторых разрезах центрального и северного Дагестана они белого цвета и имеют мелоподобный характер. Пласты известняков мощностью в 20-30 см, а иногда и в 50-70см переслаиваются с мергелями и глинами чаще листоватыми, окрашенными в темно-зеленый и оливково-зеленый цвет. Мощность их незначительная, колеблется в пределах 3-5см, а в некоторых разрезах до 15см.

На основании различия литологического состава пород и фаунистической охарактеризованности сантонский ярус подразделяется на подъярусы: нижний и верхний. Нижнесантонский подъярус в литологическом отношении сохраняет облик пород верхнеконьякских отложений, граница с которыми приводится по появлению крупных раковин (*Inoceramus undulato-plicatus* Roemer). Наряду с ними встречаются: *Inoceramus cardisoides* Goldf., а несколько выше появляются *In. lesginensis* Pavl. Из них *In. undulato-plicatus* Roem. является зональным видом, на основании которого устанавливается нижняя зона нижнего сантона. Литологически эта часть разреза сложена светлыми тостослоистыми известняками [11].

Фораминиферы, извлеченные из сантона, характеризуются богатством и разнообразием видов и разновидностей. В сантоне наряду с мелкими раковинами появляются и крупные массивные раковины, относящиеся к семейству *Ataxophraginiidae*.

В сантонских комплексах фораминифер также как и сеноманских, туронских и коньякских комплексах отмечается преемственность видовых ассоциаций из нижележащих отложений. Нижние слои сантонских отложений характеризуются наличием следующих представителей фораминифер: *Gaudryina clava* Marss., *Bolivinaopsis embaensis* Vassil., *Plectinaruthenica* (Rss.), *Eggerella obesa* Rss., *Ataxophragmium orbignyanaeformis* Mjatl., *Anomalina umbilicifera* Vassil. et Mjatl., *Stensioina gracilis* Br., *S. stellaria* (Vassil. и др. Переходящими видами из нижележащих отложений в сантонские являются следующие: *Ammodiscus incertus* Orb., *A. gaultinus* Berth., *Textulariatrochus* Orb., *T. conulus* Fr., *Gaudryina rugosa* (Orb), *Marssonella oxycona* (Rss), *Verneuilinatriquetra* Fr., *Tritaxiaticarinata* (Rss) и др.

Четкой фаунистической границы нижнесантонского подъяруса с верхнесантонским не отмечается. Она проводится с некоторой условностью по подошве массивных известняков, в которых несколько выше встречена верхнесантонская фауна. Мощность нижнесантонского подъяруса меняется в пределах от 25 до 2м.

Верхнесантонский подъярус. Этот подъярус сложен массивными пелитоморфными известняками с крупными стилолитовыми трещинами. Основная масса известняков белая, реже розовая. В отдельных разрезах (Халагорк, Герга, Бетли) в нижней части подъяруса залегают тонкие прослойки (от 1 до 4 см) зеленовато-серых или розовато-коричневых мергелей с частыми ходами илоедов.

В отложениях верхнего сантона появляются такие представители фораминифер: *Anomalina infrasantonica* Balachm., *Spiroplectamina anceps* Rss., *Heterostomella convergens* Kell., *Bulimina obtusa* (Orb.), *B. obliqua* Orb., *Clavulina angularis* Orb., *Martinotiella communis* Orb. Виды *Globotruncana fornicata* Sigal., обладающая тонкой уплотненной раковиной, *G. globigerinoides* Br., *Anomalina infrasantonica* Balachm., появляются в сантоне и здесь же заканчивают свое развитие.

Таким образом, сантонские отложения по фораминиферам делятся на нижние и верхние слои, при этом учитывается наличие переходных видов из нижележащих отложений в нижних слоях сантона, и виды, которые появились в верхах сантона переходят в вышележащие отложения. Сравнивая комплекс фораминифер сантонских отложений с комплексом коньяка, следует отметить значительное увеличение числа представителей других видов, таких как: *Atax-*

*ophragmiumcompactum* (Br.), *At.Nautiloides* Br., *Clavulinaangularis* и т.д., тогда как глоботрунканы, изобилующие в коньяке, начинают терять свой приоритет в видовом отношении.

**Кампанский ярус.** Кампанские отложения на территории Дагестана распространены повсеместно и характеризуются сравнительно однообразным литологическим составом пород по всему вертикальному разрезу. Основной массой слагающих пород являются светло-серые и белые пелитоморфные известняки, почти лишенные примеси терригенного материала. Встречаются кремнистые стяжения и прослойки мергелей. В некоторых разрезах, например, у с.с. Ансалта, Леваши, Акуша, Буцра, Цудахар верхняя часть кампанских известняков в значительной степени опесчанена. В разрезах у с.с. Ансалта, Буцра и др. известняки в нижней части разреза с нарушенным напластованием и с включением кремнистых линзовидных образований. Нарушения в напластовании известняков по всей вероятности связаны с подводными оползновениями, имевшими место в период накопления кампанской толщи пород. Глинистые прослои известняков иногда представлены глинами вулканического происхождения, такие прослои имеют мощность от 3 до 10 см, микрофаунистические остатки в них отсутствуют. Отложения подобных глин происходило во время вулканической деятельности, имевшей место в близлежащих районах Кавказа [6].

Литологическая граница сантонских отложений совершенно не выражена. Определение нижней и верхней границы кампанского яруса проводится по макро и микрофаунистическим остаткам. Наибольшая мощность пород кампанского яруса известна по разрезу у с. Ансалта 419 м и наименьшая у эльдамского поднятия 27 м. Кампанские отложения содержат большое количество фораминифер, раковины которых в основном больших размеров, массивные и хорошей сохранности.

Нижняя часть кампана выделена под названием слои *sMicrasterschraederi*, которые соответствуют нижнекампанскому подъярису. Характерными видами подъяруса являются: *Inoceramusbalticus* Voehm. var. *sublevigata* Renng., *In.azerbajdjanensis* Aliev, *In.tausensis* Aliev и другие.

В нижнекампанских отложениях Дагестана выявлены следующие представители фораминифер: *Bathysiphonnodosariaformis* Subb., *B. tauriensis* Sacco., *Ataxophragmiumrimosum* Marss., *Beisselinaaeguisgranensis* (Beissel), *Buliminareussi* Rss., *Orbignynasimpler* (Rss.), *O.ovata* (Hag), *Clavulintrilaterall* Cuscm., *C.capitosa* (Cuscm.), *Trochamminaborcalis* Keller, *Anomalina gracilis* (Marn.), *A. menneri* Keller, *A. monterelis* (Marie.), *Cibicidesactulagaensis* Vassil., *Globotruncanaaraca* Cuscm. В нижнекампанских отложениях заканчивают свое существование следующие представители фораминифер: *Spiroplectamminaosula* Epr. и *S. anceps* Rss.

Верхняя часть кампана соответствует верхнему подъярису и характеризуется распространением: *Inoceramusbalticus* Voehm., *In. convexus* Hallet Meek. и другие. Фораминиферы, появившиеся в нижнем кампане переходят и в вышележащие отложения маастрихта. В отложениях верхнего кампана появляются следующие представители фораминифер: *Granmostomumincrassatum* Rss., имеющая короткий интервал существования включительно нижний маастрихт. Вид *Gauruinachapmani* Franke редко встречается в кампане и выше маастрихта не поднимается. *Orbignynainflate* (Rss.), появившись в верхнем кампане исчезает в маастрихте. *Trochamminoidesirregularis* White, вид характерный для верхнекампанских отложений. *Anomalina velascoensis* Cuscm. и *Cibicidesexscavatus* Brotz., появляются в верхнем кампане и исчезают в маастрихте. Всего в кампанских отложениях Дагестана обнаружено 112 видов и разновидностей фораминифер.

**Маастрихтский ярус.** Маастрихтские отложения на территории Дагестана распространены повсеместно. Граница их с породами кампанского яруса не выражена. Иногда в разрезах верхняя часть пород маастрихтского яруса развита и на размытой поверхности маастрихта несогласно залегают породы третичных отложений (разрез у с. Буцра). Полные разрезы маастрихтских отложений обнажаются у с.с. Ансалта, Леваши, Бурдеки, Ванаша-Махи, Дженгу-

тай и другие. Отложения маастрихтского яруса по сравнению с другими отличаются разнообразием литологического состава пород. Особенно интересными в этом отношении являются разрезы у с.с. Ансалта, Акуша и Хучни. Литология этих разрезов изменяется от пелитоморфных светло-серых известняков, переслаиваемых с редкими глинистыми прослоями (мощность от 3-5 см до 15-20 см) до известняков песчанистых, светло-серых, а в некоторых разрезах детритусовых. В известняках наблюдаются кремнистые линзовидные и шаровидные стяжения. В разрезе у с. Хучни в песчанистых известняках наблюдается косая слоистость.

Специфической особенностью маастрихтских отложений является обилие их фаунистического состава, как в видовом, так и в количественном отношении. На основании комплексов маастрихтский ярус подразделяется на два подъяруса – нижний и верхний.

Нижнемаастрихтский подъярус. Нижнемаастрихтские отложения литологически подразделяются на две части: нижнюю – мергельно-известняковую и верхнюю – известняковую. По подошве мергельно-известняковой пачки проводится граница с кампанским ярусом, которая подтверждается изменением состава фауны.

В нижних слоях маастрихта встречаются многочисленные ежи и иноцерамы: *Cyclasterin tegerSeunes*, *EchinocarysmendanensisLamb.*, *E.pyramidatusPortl.*, *Micrastercf.GoltscheiStoll.*, *StegasterchalmasiSeunes.*, *InoceramusbrightonensisRenng.*

Породы маастрихтского яруса содержат богатую и разнообразную фауну фораминифер. Наибольшее развитие здесь получили виды, которые единично появляются в отложениях кампана, из них следует отметить: *Heterostomellaconvergens Keller*, *ArenobuliminaAmericana Cuschm.*, *A. orbigny Rss.*, *Gaudryinarugosa (Orb.)*, *Vermeuilinabronni Rss.*, *V. triguetraFranke*, *Martiniatellacommunis (Orb.)*, *Orbignynainflate Rss.*, *O. orateHag.*, *O.sacheri(Rss.)*, *O.simplex (Rss.)*, *Ataxophragmiumrimosum (Marss.)*, *A.compactum (Brotz.)*, *Stensioinastellaria Vassil.*, *S.pommerana Br.*, *Anomalinamenneri Keller.*, *CibicidesaktulagaensisBrotz.* и другие.

В отложениях нижнего маастрихта с коротким интервалом существования встречаются: *Bolivinoidesdraco (Marss.)*, *B.chicoana (Zalicheri)*, *Anomalinacostulata (Maric)*, *Globigerinellaapera Cuschm.* и другие.

Верхнемаастрихтский подъярус в литологическом отношении характеризуется разнообразием состава пород: известняков различной степени глинистости, кремнистые известняки, брекчии подводного оползания и ископаемые глыбовые внедрения. Последние связаны с явлением подводного оползания, которые сильно развиты в разрезах Известнякового Дагестана. В некоторых разрезах (р. Ансалта, р. Герга, р. Халагорк, р. Рубасчай) эти отложения сильно деформированы процессами подводного оползания.

Отложения верхнего маастрихта характеризуются наличием следующих представителей фораминифер: *Grammostomum plaitum Carsey*, *Bulimina brevis Orb.*, *Cibicidesbembix (Marss.)*, *StensioinawhiteiMoroz.* и др. (рисунок 4).

**Датский ярус.** Отложения датского яруса на территории Дагестана представлены неравномерно. В одних местах наблюдается постепенный переход от нижележащих отложений маастрихта в датский ярус, в других они размыты до основания. Наиболее полные разрезы их представлены у с.с. Ансалта, Леваша, Хучни. В разрезах у с.с. Бурдеки, Маджалис, Ванаша-Махи, Дженгутай и Эльдама породы датского яруса имеют незначительную мощность. В литологическом отношении они представлены известняками серовато-зеленоватыми с глинистыми, мергелистыми, иногда опесчаненными прослоями мощностью от 2 до 30 см.

По литологическому составу слагающих пород отложения датского яруса подразделяются на две части – нижнюю и верхнюю.

Датская фауна в видовом и родовом отношении представлена более богато. Она подразделяется (в соответствии со схемой М.М. Москвина) на три зоны: *Cyclasterdanicus*, *Cyclastergin-drei*, *Corasteransaltensis*. Нижние слои пород датского яруса устанавливаются по смене фауни-

стических комплексов. Исчезают аммониты, белемниты и иноцерамы. Комплекс фораминифер сильно изменяется в сторону обогащения и большего разнообразия видов.

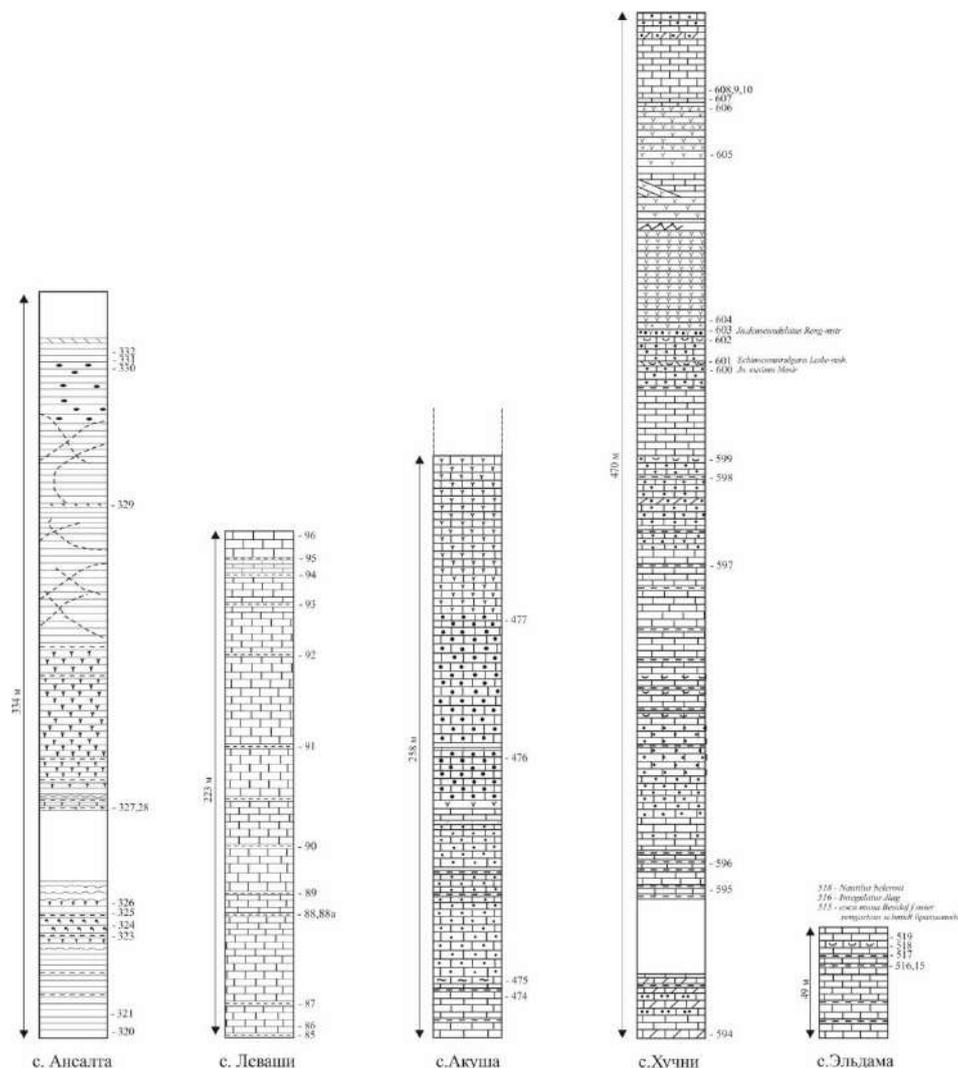


Рисунок 4.  
Отложения маастрихтского яруса (Дагестан)  
Условные обозначения на рисунке 1.

По фораминиферам отложения датского яруса подразделяются на три зоны: зону *Globorotaliapseudobulloides* (нижнедатская), зону *Globoconusadaubjergensis* и зону *Subbotinatriloculinoide* (верхнедатские).

Нижняя часть датского яруса характеризуется, в основном, мергельно-известковым составом пород. Наиболее отчетливо она выражена в аймакинском аркаском разрезе, сложена сильно глинистыми известняками и зеленовато-серыми мергелями.

Фауна нижней части датского яруса характеризуется преобладанием различных видов морских ежей, что позволяет выделить ее в отдельную биостратиграфическую единицу – зону *Cyclasterdanicus*, по М.М. Москвин [2]. Из фораминифер большим распространением пользуются: *Ammodiscusincertus* Orb., *Marssonellaindentata* (Cuscm. and Jarv.), *Bolivinopsis* ex. gr. *carinatus* (Orb), *Gaudryinaretusa* Cuscm., *Dentalinamonile* Hag., *D.angusticostata* Cuscm., *Gyroidina* *cucasicasica* Subb., *Gyroidina* *florealis* White., *Globigerinatriloculinoide* Plumm., *Pullenia* *Jarvisi* Cuscm. и др. Из нижележащих отложений маастрихта переходят: *Grammostomum* *crassatum* Rss. var.

crassum., *G. plaitum* Carsey., *Beisselina aeguisgranensis* (Beissel.), *Clavulina angularis* Orb., *C. parisiensis* Orb. и др.

Верхняя часть датского яруса, представлена кремнистыми известняками, в отдельных разрезах Известнякового и Предгорного Дагестана (р. Рубасчай, с. Аймаки-Охли, р. Акташ, р. Ансалта и др.) в самых верхах датского яруса залегают серые известняки глинистого состава, лишенные кремнистости, относится к зоне *Cyclastergindrei*, которой соответствует многообразный видовой состав морских ежей. Наиболее характерными для рассматриваемой части яруса являются: *Gaudryina retusa* Cuschm., *G. gigantea* Subb., *Brotzenella acuta* (Plumm.), *Cibicoides lectus* (Vass.), *C. proprius* (Brotz.), *Globorotalia compressapseudobulloides* (Plumm.), *Subbotinatriloculinoidea* (Plumm.), *Eponides sparski* (White), *E. megastomus* Mjatl., *E. umbonatus* (Reuss), *Pleurostomella octacamerata* Moroz. и др. Из нижнедатского подъяруса в верхнедатский переходят *Marssonella longa* Moroz., *Gaudryina gapilensis* Moroz., *G. gigantea* Moroz., *Clavulina parisiensis* Orb., *Gavelinella pertusa* (Marss.), *Brotzenella praecuta* Vass., *Cibicoides spiripunctatus* (Gall. Et Morr.), *Globorotalia pseudobulloidea* (Plumm.), *Subbotinatrivialis* (Subb.), *Stensioina whitei* Moroz., *Bolivinoidea delicatulus* Cuschm., *Coleites crispus* Vass.

Самые верхние слои верхнедатского подъяруса *Corasteransaltensis* характеризуются присутствием значительного числа экземпляров *Subbotinatriloculinoidea* Subb., *Coleites crispus* Vass., *Parella lens* (Brotz.), *Eponides praemegastomus* Mjatl., *Subbotinatrivialis* (Subb.), *Gaudryina gigantea* Subb. и др.

Определение границы датского яруса с палеоценом – вопрос дискуссионный. Во многих разрезах Предгорного Дагестана палеогеновые отложения залегают несогласно на датских и других ярусах верхнего мела. Все вышесказанное позволяет нам присоединиться к мнению исследователей, являющихся сторонниками отнесения датского яруса к палеогену.

В результате микрофаунистических исследований была в значительной степени детализирована биостратиграфическая схема верхнемеловых отложений Дагестана.

### Литература

1. Дробышев Д.В. Верхний мел и карбонатные отложения палеогена на северном склоне Кавказа. Гостоптехиздат, 1951.
2. Москвин М.М. Верхнемеловые отложения Северного Кавказа и Прекавказья.
3. Москвин М.М., Павлова М.М. Нижний турон на Северном Кавказе. В сб. Бюллетень Московского общества испытателей природы, отдел геологии, т. XXXV (5), 1960.
4. Найдин Д.П., Алексеев А.С. Значение данных океанического бурения для интерпретации обстановки накопления и условий обитания фауны сеномана Горного Крыма. // Эволюция организмов и биостратиграфия середины мелового периода. Владивосток. 1981. С.10-11.
5. Ренгартен В.П. Опорные разрезы верхнемеловых отложений Дагестана. Изд. «Наука», 1965.
6. Самышкина К.Г. Стратиграфия и фораминиферы верхнемеловых отложений Дагестана. Тр. Института Геологии МГ СССР, вып.7, 1968.
7. Самышкина К.Г. Фораминиферы и стратиграфия меловых отложений Восточного Кавказа. Изд. «Наука». Москва, 1983.
8. Темирбекова У.Т. Эволюция юрских экосистем на границе байос-бата в Восточном Предкавказье // Труды Института геологии ДНЦ РАН, выпуск №50, Махачкала. 2006. С.92.
9. Халафова Р.А., Шарафутдинов Ф.Г., Самышкина К.Г. К вопросу о возможности присутствия нижнего турона в Дагестанской АССР. В ж.: Известия высших учебных заведений, Нефть и газ, №8, 1966.
10. Шарафутдинов Ф.Г., Самышкина К.Г. К вопросу расчленения верхнемеловых отложений на промыслово-разведочных площадях Дагестана. Новости нефт. и газ. техники, сер. геология, №3, 1963.
11. Шарафутдинов Ф.Г., Халафова Р.А. О биостратиграфическом расчленении верхнемеловых отложений Дагестана. Геология и закономерности размещения полезных ископаемых в мезокайнозойских отложениях Дагестана. Дагкнигоиздат, вып.9, 1975.

УДК 556.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-15-18

## ПОКАЗАТЕЛИ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

*Газалиев И.М., Самедов Ш.Г., Юрченко Св.Ю.*  
*Институт геологии ДФИЦ РАН*

Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения качественными питьевыми водами района, в котором проживает значительная часть населения Республики Дагестан и развитым промышленным и сельскохозяйственным производством. Для анализа качества подземных вод использованы данные их мониторинга, полученные РЦ «Дагестангеомониторинг». Установлено, что загрязнение подземных вод региона связано с интенсивной разработкой их месторождений, вызывающих подтягивание ниже залегающих минерализованных вод, а также попаданием в питьевые воды продуктов хозяйственной деятельности (работа карьеров по добыче строительного сырья, функционирование АЗС и др.)

*Ключевые слова:* Терско-Каспийский артезианский бассейн, загрязняющие вещества, предельно допустимые концентрации, техногенное воздействие.

## INDICATORS AND SOURCES OF FRESH GROUNDWATER POLLUTION IN FOOTHILL DAGESTAN

*Gazaliev I.M., Samedov Sh.G., Yurchenko Sv.Yu.*  
*Institute of Geology DFRC RAS, Makhachkala*

The relevance of the study is due to the need to provide high-quality drinking water to the area in which a significant part of the population of the Republic of Dagestan lives and developed industrial and agricultural production. To analyze the quality of groundwater, the data of their monitoring obtained by the Republican Center "Dagestangeomonitoring" were used. It has been established that the pollution of the groundwater in the region is associated with the intensive development of their deposits, causing the pulling up of the underlying mineralized waters, as well as the ingress of products of economic activity into the drinking water (the work of quarries for the extraction of building raw materials, the operation of gas stations, etc.)

*Key words:* Terek-Caspian artesian basin, pollutants, maximum allowable concentrations, technogenic impact.

Главным источником коммунально-бытового водоснабжения в развитых странах Европы, Америки и Азии являются подземные воды. В условиях нарастающего ухудшения качества поверхностных вод использование подземных вод для водоснабжения имеет ряд неоспоримых преимуществ, обусловленных их большей устойчивостью к воздействию климатических факторов, защищенностью от загрязнения, относительной стабильностью качества и количества во времени, возможностью получения воды с меньшими затратами при расположении водозаборов вблизи потребителей.

Дагестан обладает достаточными прогнозными ресурсами пресных подземных вод хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения. В общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения по республике на долю пресных подземных вод приходится около 30 %.

В гидрогеологическом плане район исследований находится в пределах Терско-Каспийского и Кусаро-Дивичинского артезианских бассейнов (АБ) III порядка и представлен системой малых артезианских бассейнов IV порядка.

Для водоснабжения данного региона разведано 19 участков и месторождений пресных подземных вод (МППВ) в пределах Терско-Каспийского и Кусаро-Дивичинского АБ, из которых 16 эксплуатируется, в т.ч. 6 интенсивно – Дербентское, Северо и Центрально-сигнальное, Улучаевское, Буйнакское, Западно-Присамурское [2].

По данным ФБУ «ТФГИ по ЮФО» [2] в пределах Терско-Каспийского АБ ухудшение качества подземных вод отмечено в Дербентском районе РД, городе Дербенте и г. Буйнакске.

**В Дербентском районе** на водозаборе ООО «Водкан», расположенного в пределах Дербентского МППВ, отмечено превышение сухого остатка до 1,2-2,1 г/дм<sup>3</sup> и общей жесткости до 1,5-2,3 ПДК. Максимальное увеличение сухого остатка отмечено в северо-западной части месторождения по среднесарматскому II-му водоносному горизонту. Причина загрязнения связана с общей гидрохимической обстановкой в пределах месторождения, где отмечается подтягивание соленых вод в связи с интенсивной эксплуатацией. В связи с этим водоотбор в 2014 г. снижен до 6,3 тыс.м<sup>3</sup>/сут.

В единичных случаях отмечено превышение бора (1,1 ПДК), бария (1,4 ПДК), лития (1,3, ПДК) и нитратов (1,04 ПДК).

В целом месторождение функционирует по схеме саморегулирования, т.е. увеличение водоотбора приводит к подтягиванию некондиционных вод и заставляет снижать водоотбор.

Такая же картина наблюдается и **в Буйнакском районе**. В северо-восточной части Буйнакского МПВ в подземных водах среднемиоценового ВК зафиксирована повышенная величина сухого остатка (1,7 ПДК), жесткости (12,8 ПДК) и сульфатов (1,5 ПДК) [2]. По сравнению с предыдущими годами данные химического состава близки к первоначальным (в начале разработки месторождения). Это свидетельствует об улучшении экологической обстановки в пределах Буйнакского МПВ после снижения темпов его разработки.

**В Кизилюртовском районе** в пределах Сулакского МППВ в подземных водах аллювиального средне-верхнеплейстоценового водоносных горизонтов стабильно фиксируются повышенные содержания аммония 2,4-7,1 ПДК (составившее 13,6 ПДК в 2020г) и марганца 2,5ПДК. Ранее отмеченный бром до 2 ПДК, в 2021г не отмечен [1]

Площадь загрязнения в сравнении с 2020 г. уменьшилась на 4,1 км<sup>2</sup> и составила 30,9 км<sup>2</sup>. Источниками загрязнения являются селитебные территории населенных пунктов Кизилюртовского района, промышленность г. Кизилюрт, нефтепровод «Баку-Тихорецк». [4]

В пределах Кусаро-Дивичинского артезианского бассейна (КДАБ) для хозяйственно-питьевого водоснабжения наиболее широко используется аллювиально-пролювиальный средне-верхнечетвертичный ВК – водоотбор по которому в 2014 г. составил 12,7 тыс.м<sup>3</sup>/сут на 45 водозаборах и на 0,4 тыс.м<sup>3</sup> меньше, чем в 2013 г. Здесь также разведано 4 месторождения и участков пресных подземных вод: Присамурское, Тагиркентский участок, Самур-Гюльгерычаевского МППВ, АЭУ «Ново-Филя», УМПВ Самурскожелезнодорожный. Общие прогнозные ресурсы КДАБ составляют более 1 млн.м<sup>3</sup>/сут. Подземные воды используются двумя государствами Россией и Азербайджаном.

По результатам выполненного опробования подземные воды в пределах КДАБ в 2014 г. отвечали требованиям норм СанПиН 2.1.1074-01 для ХПВ. Только на Гюльгерычаевском посту ОАО «Черномортранснефть» отмечается незначительное превышение нефтепродуктов до 0,31 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0,3 мг/дм<sup>3</sup>).

В Кусаро-Дивичинском АБ по неоплейстоценовому аллювиально-пролювиальному ВК (арN<sub>2</sub><sup>3</sup>) выделена Нижняя Самурская площадь загрязнения в Магарамкентском и Дербентском районах.

### **Техногенная нагрузка на подземные воды**

В пределах Большекавказской гидрогеологической складчатой области основное техногенное воздействие связано с развитием инфраструктуры населенных пунктов и транспортных коммуникаций, сбросом твердых бытовых и других отходов в русла рек, ручьев, балок, поверхностные воды которых являются источниками питания подземных вод, частично – это район все увеличивающейся добычи подземных вод (рис. 1).

Добыча подземных вод на водозаборах приведшая к изменению состояния подземных вод отмечена в пределах Терско-Каспийского и Кусаро-Дивичинского АБ, где развита основная инфраструктура республики.

Здесь расположены города: Махачкала, где проживает более 700 тыс.чел., Дербент и Каспийск с населением более 100 тыс.чел. в каждом, г. Избербаш с населением более 55 тыс.чел., г. Дагестанские Огни более 30 тыс.человек, г. Буйнакск с населением более 60 тыс.чел. и другие крупные населенные пункты, промышленные предприятия.

Для водоснабжения г.г.Дербент, Даг.Огни, Избербаш, Буйнакск, н.п. Карабудахкент разведано 19 участков и месторождений пресных подземных вод (МППВ) в пределах Терско-Каспийского и Кусаро-Дивичинского АБ, из которых 16 эксплуатируется, в т.ч. 6 интенсивно – Дербентское, Северо и Центрально-сигнальное, Улучаевское, Буйнакское, Западно-Присамурское [2].

Используются подземные воды: аллювиального средне-верхне-неоплейстоценового ВК; морского эоплейстоценового; плиоценового, миоценового (сарматского, конско-караганского, тархано-чокракского) водоносных комплексов.

Интенсивная эксплуатация подземных вод на водозаборах Дербентского, используемого для ХПВ г. Дербент и Буйнакского МППВ используемого для ХПВ г.Буйнакск. привела к образованию депрессионных воронок и подтягиванию некондиционных вод с флангов. Подземные воды не защищенные. Периодически в них отмечается повышенное содержание нитратов до 1,04 ПДК и нефтепродуктов, бактериальное загрязнение, в последние годы отмечен барий 1,4 ПДК.

В пределах Кусаро-Дивичинского АБ основную техногенную нагрузку на ресурсы подземных вод оказывает водохозяйственная деятельность, связанная с регулированием стока р.Самур и не соблюдением норм экологического сброса (попуска).

Значительные ресурсы пресных подземных вод Кусаро-Дивичинского АБ связаны с аллювиально-пролювиальными отложениями конуса выноса р.Самур, образовавшимся на выходе его из предгорий на равнину и для которого основным источником питания являются поверхностные воды р.Самур, разбираемые на орошение и водоснабжение на Самурском гидроузле, построенном в головной части конуса выноса, где осуществляется водозабор в главную оросительную систему Южного Дагестана – Самур-Дербентский канал (СДК) и Самур-Апшеронский канал (САК) Азербайджанской Республики.

Взаимосвязь поверхностных и подземных вод прослеживается на всем протяжении реки от истоков до устьевой части.

Немаловажной причиной загрязнения подземных вод является разработка карьеров нерудного сырья. На территории республики разработка месторождений нерудных полезных ископаемых проводится на более чем 200 участках открытыми карьерами, что приводит к загрязнению первых от поверхности водоносных горизонтов, в некоторых карьерах, после их отработки, устраивают мусорные свалки. Наибольшую угрозу разрабатываемые карьеры представляют для подземных вод Сулакского и Дербентского МППВ, в границах которых сформировались целые горнодобывающие районы.

В пределах Терско-Каспийский АБ разработка карьеров пильного известняка первого от поверхности водоносного горизонта Дербентского МППВ, используемого для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения г. Дербент, увеличение селитебных площадей города без канализационной системы, свалки мусора в отработанных карьерах, строительство многочисленных АЗС и размещение складов ГСМ привело к ухудшению качества подземных вод месторождения. Периодически в подземных водах отмечается превышение по нитратам и нефтепродуктам. Так в подземных водах первого от поверхности водоносного горизонта Дербентского водозабора содержание нитратов составило в 2014 году 45-47 мг/дм<sup>3</sup>.

Для подземных вод Кусаро-Дивичинского АБ, широко используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения Дагестана и Азербайджана, наибольшую угрозу могут представлять рудничные отвалы и открытые не законсервированные штольни и скважины медно-колчеданного месторождения «Кизил-Дере» [2], откуда периодически в речные воды реки Самур поступают высокотоксичные элементы бериллий, кадмий, свинец, медь, марганец, бор, бром и попадая в подземные воды загрязняют около 500 км<sup>2</sup> площади в пределах распространения аллювиально-пролювиального ВК трансграничной Самур-Кусарской АПР, к которой приурочено крупнейшее Самур-Вельвеличаевское месторождение пресных подземных вод.

Площадь месторождения – 3720 км<sup>2</sup>, в том числе в пределах Азербайджана – 2900 км<sup>2</sup>. Утвержденные эксплуатационные запасы ППВ (ГКЗ СССР от 01.01.1986г.) по месторождению в целом составили 25,1 м<sup>3</sup>/сек – 2170,3 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в том числе на территории Дагестана Самур-Гюльгерычаевская аллювиально-пролювиальная равнина с прогнозными ресурсами 980,5 тыс.м<sup>3</sup>/сут, и утвержденными Присамурским МППВ с запасами 81 тыс. м<sup>3</sup>/сут, Тагиркентским УМПВ-100 тыс.м<sup>3</sup>/сут, АЭУ ГИС «Ново-Филя»-0,0083 тыс.м<sup>3</sup>/сут, Самурско-железнодорожным УМПВ - 0,125 тыс. м<sup>3</sup>/сут, Южнобелиджинским УМПВ - 0,002 тыс. м<sup>3</sup>/сут. [1].

Для повышения эффективности рационального использования ресурсов подземных вод необходимо проводить регулярные наблюдения за их гидродинамическим и гидрохимическим состоянием, собирать, обобщать и анализировать эти данные, расширять и оптимизировать наблюдательные сети, особенно локальные и территориальные. При этом в последние годы свертываются работы, связанные с ведением гидрогеологического мониторинга. Последний информационный бюллетень о состоянии недр территории Республики Дагестан выпущен в 2015 г.

### Литература

1. Газалиев И.М., Черкашин В.И. Перспективы освоения рудных месторождений Дагестана (Экологические аспекты) // Геология и геофизика Юга России. № 1. 2016. С. 132-140.
2. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Республики Дагестан за 2014 г. Даг. фил. ФБУ «ТФГИ по ЮФО», 2015.
3. Карпукович Т.П. Геологический отчет о результатах работ за 2021г. «Ведение наблюдений на пунктах наблюдательной сети за опасными экзогенными геологическими процессами и подземными водами, камеральная обработка и подготовка материалов оценки состояния недр территории Республики Дагестан». Махачкала, ИЦЦ «Даггеомониторинг», 2021. 264 с.
4. Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Гидрохимическое состояние подземных вод Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (в пределах Республики Дагестан). // Вода: химия и экология. №3. 2014, С 3-10

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-19-27

## БАЗЫ ДАННЫХ СКВАЖИН ТЕРСКО-КУМСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА ДЛЯ 3-D МОДЕЛИРОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Мамаев С.А., Кондаков В.М., Газалиев И.М., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш.,  
Мамаев А.С., Ахмедов А.С.  
Институт геологии ДФИЦ РАН

Обсуждается методика создания базы данных гидрогеологической информации Северо-Дагестанского артезианского бассейна. Предлагаемая база данных может быть использована для создания ГИС, которая позволит оперативно получать необходимую информацию для целей обоснования проектных работ в развитии территории бассейна. Приводится актуальное состояние базы данных, ее структура и примеры использования для инженерно-геологических работ. Построенные специальные карты обладают достаточной степенью детальности для принятия проектных решений на стадии ТЭО. Используя методы компьютерного моделирования, проводятся работы по созданию гидрогеолого-математической модели формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна.

*Ключевые слова:* базы данных, артезианский бассейн, ГИС-система, разрез 3D моделирование.

## DATABASES OF THE WELLS OF THE TERSK-KUMSK ARTESIAN BASIN FOR 3-D MODELING ON MODERN GEOINFORMATION SYSTEMS

Mamaev S.A., Kondakov V.M., Gazaliev I.M., Kurbanova L.M., Huseynova A.Sh.,  
Mamaev A.S., Akhmedov A.S.

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

The article discusses the methodology for creating a database of hydrogeological information for the North Dagestan artesian basin. The proposed database can be used to create a GIS that will allow you to quickly obtain the necessary information for the purpose of substantiating design work in the development of the basin. The current state of the database, its structure and examples of use for engineering and geological work are given. The constructed special maps have a sufficient degree of detail for making design decisions at the feasibility study stage. Using computer modeling methods, work is underway to create a hydrogeological and mathematical model for the formation and management of resources and quality of fresh groundwater in the Terk-Kuma artesian basin.

*Keywords:* databases, artesian basin, GIS system, sections 3D modeling

**Введение.** Стадии инженерно-геологических работ в пределах артезианского бассейна можно разделить на три основные категории: планирование; обоснование проекта (ТЭО); специальные инженерно-геологические работы под конкретные скважины. В период 2002 - 2008 годы были выполнены работы по созданию базы данных гидрогеологической информации, в которую было включено более 1600 скважин [1]. На этом материале могут быть построены специальные инженерно-геологические карты для разработки плана развития бассейна.

Оценка геологических условий территории в настоящее время невозможна без геоинформационных технологий [2,3]. Технологии ГИС широко используются для инженерно-геологического картирования, планирования развития территорий, прогноза опасных природных процессов, оценки различных рисков [3-5]. Все подобные работы основываются на системе управления базами данных геологической информации, которые позволяют получать новую информацию путем моделирования свойств горных пород [7-12].

Полноценная ГИС должна включать четыре основных компонента: ввод информации (табличный набор, сканирование картографического материала, дистанционные методы); хранение, оперативное использование и пополнение данных; обработка и моделирования полей геологических параметров; представление информации (карты, таблицы или отчеты). Наиболее мощными пакетами в этой области являются продукты фирмы ESRI. Использование этих тех-

нологий позволяет не только отражать имеющиеся данные в виде карт и различных полей свойств, но и проводить анализ данных, моделирование геологических полей во времени и пространстве, получать новую информацию. Предлагаемая база данных ориентирована на использование программных продуктов ESRI, которые полностью соответствуют поставленным задачам.

Целью работы является описание методики создания гидрогеологической базы данных Северо-Дагестанского артезианского бассейна и демонстрация возможностей ее использования для проектирования и инженерно-геологических работ. Рассматриваемая база данных является частью более общей базы гидрогеологической информации Теркско-Кумского артезианского бассейна. Результатом этих работ должно стать создание интегрированной ГИС для информационного обеспечения при обосновании проектов строительства конкретных скважин и планирования устойчивого развития территории бассейна.

Изучение условий формирования баланса подземных вод традиционно является одной из важнейших задач при решении проблем водохозяйственного освоения территорий. В настоящее время, при неуклонно возрастающем внимании к экологическим аспектам использования поверхностных и подземных вод, особую значимость приобретают прогнозные оценки антропогенного преобразования воднобалансовых условий территорий в целом, и элементов баланса подземных вод, в частности. Различные методы изучения баланса подземных вод не всегда обеспечивают равноценную количественную оценку всех его элементов, в связи с чем перспективным представляется комбинированный подход – на основе комплексного использования всех доступных методов оценки по фактическим данным и широкого применения методов гидрогеодинамического моделирования. Проведение **проблемы охраны окружающей среды**, оценка элементов баланса потока подземных вод с применением методов моделирования для гидрогеологических условий Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ), при бесконтрольном хищническом эксплуатации, архиважная.

#### **Разработка постоянно действующей гидрогеолого-математической модели ТКАБ**

Гидрогеологическое моделирование наиболее полно отвечает принципу системности в изучении природных объектов и процессов. Моделируя какой-то фрагмент природной среды, необходимо так или иначе задавать тенденции ее изменения, а также внешних факторов, воздействующих на нее. Поэтому чем выше требования к полноте, достоверности, заблаговременности и долгосрочности прогноза, тем более масштабным должен быть охват территории. Объектом изучения, оценки, контроля и прогнозирования при гидрогеологическом моделировании являются природные водообменные системы, включающие бассейн подземных вод или его часть, воздействующие на него, природные и техногенные системы и факторы, гидрогеологические процессы происходящие в нем.

В области гидрогеологического моделирования в последние годы вырабатываются принципы и методические основы построения региональных геофильтрационных моделей. Разработана машинная методика цифрового моделирования, базирующаяся на обобщенных моделях фильтрации, например на обобщенной модели фильтрации в многопластовых системах, модели пространственной фильтрации, что позволило разработать и широко применить специализированное программное обеспечение. Широкое развитие, приобрело направление, связанное с созданием систем моделей артезианских бассейнов и других типов водообменных систем для целей долгосрочного изучения и прогноза изменений гидрогеологических условий под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Разрабатываемые гидрогеологические модели определяют новый современный уровень познания гидрогеологических условий и процессов, протекающих в природных водообменных системах. Включая в себя информационную и математические модели водообменной системы, они являются основой для дальнейшего совершенствования знаний о гидрогеологических

условиях и процессах, а главное, для получения прогнозов о поведении системы под влиянием факторов хозяйственной деятельности (гидротехническое строительство, горнодобывающая промышленность, рост градопромышленных комплексов и др.).

Большая трудоемкость работ по созданию сеточных моделей природных водообменных систем, возможности их применения и совершенствования в течение длительного времени привели к идее создания постоянно действующих моделей (ПДМ). Эта же трудоемкость работ с моделями при существующей методике машинного моделирования и подготовки гидрогеологической информации показывает, что единственным путем создания ПДМ бассейнов подземных вод, которые можно было бы успешно совершенствовать и оперативно применять для прогнозов и исследований в течение длительного времени, является создание систем автоматизированных постоянно действующих моделей.

Однако основная причина возникновения направления, ориентированного на создание ПДМ природных водообменных систем, определяется именно системностью их представления в моделях. Информационная геолого-гидрогеологическая модель бассейна и система его математических моделей при их постоянном ведении являются по сути единственным в своем роде полноценным «инструментом», объединяющим информацию для изучения, оценки состояния и прогнозирования гидрогеологических процессов в геологической среде в результате природных и техногенных воздействий. В этом смысле именно развитие и совершенствование региональных моделей, переход к созданию и ведению ПДМ является главным направлением гидрогеологических исследований в современный период, в первую очередь для гидрогеологических регионов с интенсивной хозяйственной деятельностью.

Автоматизированные системы постоянно действующих моделей являются завершающими в большом цикле работ, общее целевое назначение которых – создание гидрогеологической базы для научно обоснованных проектных решений по рациональному использованию геологической среды, эксплуатации подземных вод, сохранению и восстановлению естественных гидрогеологических условий, созданию современной службы режима и контроля за их изменениями, службы оперативного прогнозирования и управления гидрогеологическими процессами. Производственное назначение этих работ - обеспечение оперативными прогнозами и рекомендациями по охране геологической среды директивных органов, водохозяйственных, сельскохозяйственных и других организаций для принятия необходимых природоохранных мер.

Применение ЭВМ для математического моделирования реальных гидрогеологических объектов - позволяет уточнить концепцию постоянно действующих моделей, как сложные человеко-машинные информационно-вычислительные системы, построение и эксплуатация которых требуют разработки и внедрения различных видов их обеспечения (научно-методического, информационного, программного, технического, кадрового и др.). Объектом изучения, оценки, контроля и прогнозирования автоматизированной системы постоянно действующих моделей (АС ПДМ) являются гидрогеологические процессы в геологической среде природной геосистемы, включающей бассейн подземных вод или его часть и воздействующие на него природные и техногенные системы и факторы.

АС ПДМ должна получать, обрабатывать и хранить информацию, характеризующую состояние природной геосистемы; моделировать механизм ее функционирования с целью изучения, оценки, контроля и прогнозирования изменений состояния геологической среды под влиянием природных и техногенных факторов. Конкретные цели и области применения АС ПДМ могут изменяться в зависимости от особенностей строения природных геосистем и хозяйственной деятельности в пределах этих районов.

Следует также отметить следующую важную сторону вопроса о целевом назначении и области применения АС ПДМ. Дело в том, что в большинстве случаев техногенного вмешательства человека в природу (гидротехническое строительство, мелиорация, горные работы,

крупное строительство и т. д.) развиваются широкомасштабные, непредсказуемые заранее негативные изменения геологической среды, и в первую очередь гидрогеологических условий. Анализ показывает, что одной из причин этого является использование при проектировании методов и моделей, неудовлетворительно и некомплектно отображающих строение природных геосистем и процессы, которые должны развиваться в геологической среде в результате техногенных воздействий. В итоге во многих случаях негативные изменения геологической среды и большой непредсказуемый заранее экономический и социальный ущерб, исправление которых или практически невозможно, или по стоимости сопоставимо со стоимостью проектов того или иного строительства.

АС ПДМ должны стать как раз таким современным «инструментом», который позволит существенно исправить это положение, они должны обеспечить получение необходимых оценок и прогнозов реального воздействия техногенной деятельности, и особенно крупномасштабных строительных проектов, на природные геосистемы, и в первую очередь, обеспечить оценку техногенных изменений гидрогеологических условий.

В соответствии со сформулированными концепцией и целевым назначением АС ПДМ в основу его разработки положены следующие общие принципы организации этой системы.

1. Принцип системности представления и описания природного объекта в АС ПДМ. Этот принцип подразумевает выделение в качестве объекта управления природной геосистемы, включающей гидрогеологическую структуру - бассейн подземных вод или его представительную часть; систему природных факторов, определяющих гидрогеологические процессы в нем и техногенные системы, обуславливающие изменение гидрогеологических условий. Этот же принцип, в сущности, определяет и подход к формированию состава и структуры математических моделей, созданию фактографического, информационного, программного, технического и других видов обеспечения системы. В частности, принцип системности требует объединения в рамках ПДМ различных по своей природе взаимосвязанных гидрогеологических процессов, создания ПДМ как комплексной системы, состоящей из взаимосвязанных моделей.

2. Принцип универсальности, требующий, чтобы АС ПДМ обеспечивала решение необходимого, достаточно широкого класса научно-исследовательских и производственных задач в различных отраслевых направлениях (водоснабжение, гидротехническое строительство, мелиорация, подтопление городских территорий и др.).

3. Принцип иерархии строения системы ПДМ, требующий построения взаимосвязанных моделей нескольких уровней детальности, что определяется в первую очередь различным масштабом распространения процессов, протекающих в природной геосистеме (от региональных на площадях в сотни и тысячи квадратных километров, до локальных на площадях в первые километры и десятки километров).

4. Принцип динамичности систем постоянно действующих моделей вытекает из требования их адаптивности и заключается в том, что они ориентируются на постоянное развитие, начиная от уточнения параметров моделируемого объекта и протекающих в нем процессов до изменения гидрогеологической схематизации этого объекта и его физико-математического описания на основе новых фактографических, методических и других данных. Таким образом, в процессе функционирования модель уточняется на базе последовательно поступающей информации.

Автоматизированная постоянно действующая модель гидрогеологического объекта является сложной человеко-машинной системой, которая обеспечивает решение научных и прикладных задач методами математического моделирования и в которую входят:

а) научно-методические материалы, используемые при построении сеточной модели и касающиеся методики схематизации гидрогеологического объекта, методики сеточного моделирования и его применения для решения прикладных задач (методическое обеспечение);

б) геологические, гидрогеологические, гидрологические и водохозяйственные данные (карты, разрезы, графики, таблицы, текстовые документы) на традиционных носителях, являющиеся основой построения гидрогеологических, геофильтрационных и геомиграционных схем моделируемого объекта, а также содержащие постановку прикладных задач моделирования (фактографическое обеспечение);

в) формализованная постановка краевых задач математической физики (системы дифференциальных уравнений, начальные и граничные условия), подлежащих решению при моделировании объекта (физико-математическое обеспечение);

г) цифровая вычислительная машина вместе с ее внешними устройствами, планируемая для проведения вычислительных работ, а также средства создания, размножения и хранения материалов, необходимых для построения и эксплуатации модели (техническое обеспечение);

д) операционные системы и другие стандартные программные средства ЭВМ, обеспечивающие трансляцию и редактирование программ, реализацию вычислительного процесса, диалоговый режим выполнения расчетов, автоматическое графопостроение и используемые для создания и эксплуатации модели (общее программное обеспечение);

е) прикладные программы, реализующие автоматическое или автоматизированное решение гидрогеологических задач методами сеточного моделирования, а также выполнение операций по управлению информацией и обработке результатов моделирования (специальное программное обеспечение);

ж) логическая, числовая и текстовая информация о параметрах моделируемого объекта и протекающих на его территории гидрогеологических процессах, подготовленная на машинных носителях данных в соответствии с принятым математическим описанием модели, а также в соответствии с требованиями, предъявляемыми специальным программным обеспечением (информационное обеспечение);

з) документация по используемым средствам программного обеспечения и по содержанию информационного обеспечения модели, необходимая для построения, эксплуатации и воспроизведения модели, а также отражающая историю работ по моделированию гидрогеологического объекта (документальное обеспечение);

и) специалисты необходимой квалификации, подготовленные для создания и эксплуатации модели (кадровое обеспечение);

к) документы и процедуры, регламентирующие сбор, подготовку и получение данных по моделируемому объекту, построение и эксплуатацию модели и внедрение результатов решения гидрогеологических задач, полученных в процессе ее эксплуатации (организационное обеспечение).

Следует подчеркнуть, что только комплексное решение вопросов, связанных с созданием и развитием всех перечисленных элементов специального обеспечения автоматизированных сеточных моделей реальных гидрогеологических объектов, может обеспечить их эффективное народнохозяйственное использование. Обращает на себя внимание и то, что большинство элементов специального обеспечения автоматизированных моделей, за исключением фактографического и информационного, могут быть общими для целого ряда моделей конкретных гидрогеологических объектов. Поэтому после выполнения большого объема работ по созданию основ специального обеспечения автоматизированных моделей построение автоматизированной модели каждого конкретного объекта может быть сведено к разработке фактографического и информационного обеспечения и непосредственной разработке систем сеточных моделей объекта с параллельным развитием и совершенствованием остальных видов специального обеспечения автоматизированных моделей.

Анализ особенностей постоянно действующих моделей показывает, что в жизненном цикле этих моделей можно выделить три основные стадии: создание модели; эксплуатация модели; консервация модели. На стадии создания модели можно выделить следующие этапы.

1. Предварительная постановка задания на построение модели (установление объекта, целей и задач моделирования, а также задание хронологических, кадровых, финансовых и материальных ограничений на выполнение работ).

2. Предварительная систематизация существующих сведений о моделируемом объекте (геологических, гидрогеологических, гидрологических, гидрогеохимических, водохозяйственных и др.) и их анализ для составления предварительной гидрогеологической схемы объекта, конкретизации заданий на подготовку фактографической основы сеточных моделей (выделение основных элементов гидрогеологического разреза, подлежащих картированию, определение масштаба, номенклатуры и содержания фактографических материалов).

3. Разработка исходного комплекса специального обеспечения моделей (конкретизация и совершенствование методического обеспечения; выбор и развитие технического обеспечения; создание и расширение программного обеспечения; создание документального обеспечения для описания используемой методики, технических средств и программ сеточного моделирования; подготовка кадрового обеспечения; разработка, согласование и утверждение организационного обеспечения; подготовка фактографического обеспечения).

4. Реализация модели и завершение разработки комплекса ее специального обеспечения (формализация постановки краевых задач и подготовка данных для моделей на машинных носителях; обнаружение и устранение формальных ошибок; отладка модели; определение оптимальных значений управляющих параметров вычислительных алгоритмов - настройка модели; уточнение и согласование параметров реализуемой системы моделей - калибровка модели; доказательство надежности реализованной системы моделей - аттестация модели).

На стадии эксплуатации модели периодически выполняется запланированный объем вычислений по прогнозированию и оптимизации изучаемых гидрогеологических процессов, а также подготовка отчетных материалов по результатам решения гидрогеологических задач. Конкретное выделение этапов жизненного цикла постоянно действующей модели на стадии ее эксплуатации полностью определяется целями и постановкой гидрогеологических задач, подлежащих решению с использованием этой модели. В соответствии с принципом адаптивности постоянно действующих моделей при их эксплуатации должна происходить периодическая модификация их специального обеспечения с повторением практически всех (но в гораздо меньшем объеме) этапов, выделенных выше для стадии создания модели. В связи с этим ключевым вопросом эксплуатации постоянно действующих моделей бассейнов подземных вод является продолжительность периода, в течение которого те или иные элементы их специального обеспечения остаются неизменными. Окончательное решение этого вопроса может быть получено на основе опыта практической эксплуатации постоянно действующих моделей реальных бассейнов подземных вод. Однако уже сейчас можно сделать некоторые предварительные выводы.

Методическое обеспечение постоянно действующих моделей должно совершенствоваться непрерывно путем издания соответствующих методических руководств, монографий, научных статей и научно-технических отчетов, отражающих новые достижения в области постановки и способов решения гидрогеологических задач с использованием автоматизированных сеточных моделей гидрогеологических объектов. Особенно интенсивное развитие методического обеспечения постоянно действующих моделей, исходя из потребностей практики, ожидается в решении задач геомиграции для изучения изменения качества подземных вод под воздействием антропогенных факторов.

Техническое обеспечение постоянно действующих моделей при ориентации последних на современные вычислительные машины является самым стабильным элементом специального обеспечения. Необходимость замены элементов технического обеспечения возникает по истечении нормативного срока их эксплуатации. Вместе с тем с целью улучшения технических ха-

рактических и расширения функциональных возможностей автоматизированных сеточных моделей в процессе их разработки и эксплуатации может возникнуть потребность в освоении новых элементов технического обеспечения (специализированные процессоры, средства графического доступа, средства автоматического графопостроения, устройства автоматизированного оцифровывания карт и др.).

Программное обеспечение постоянно действующих моделей, так же как и их методическое обеспечение, должно развиваться непрерывно. Однако, в отличие от последнего, фиксация изменений программного обеспечения происходит дискретно, путем периодического издания новых редакций и новых версий системы специального программного обеспечения.

### Методика работ по построению базы данных артезианских скважин

Гидрогеологическая информация обобщалась по районам республики. База данных создана в системе управления базами данных Microsoft Access.

Структура базы данных представлена на рис. 1 и включает общую информацию по скважине (координаты, глубина, уровень грунтовых вод, абсолютная отметка, и др.), а также ее характеристики с описанием разреза, литологии пород, возраста, физико-механических свойств.

Для построения карт использовалась программа ArcGIS 9.3, которая поддерживает несколько видов работы с информацией:

- создание пространственных баз данных в контексте общей модели данных ГИС (векторные объекты, растры, топология, сети и т.д.);

- набор интеллектуальных карт, которые показывают пространственные объекты и отношения между ними на земной поверхности;

- набор инструментов геообработки для получения новых наборов географических данных из существующих наборов данных.

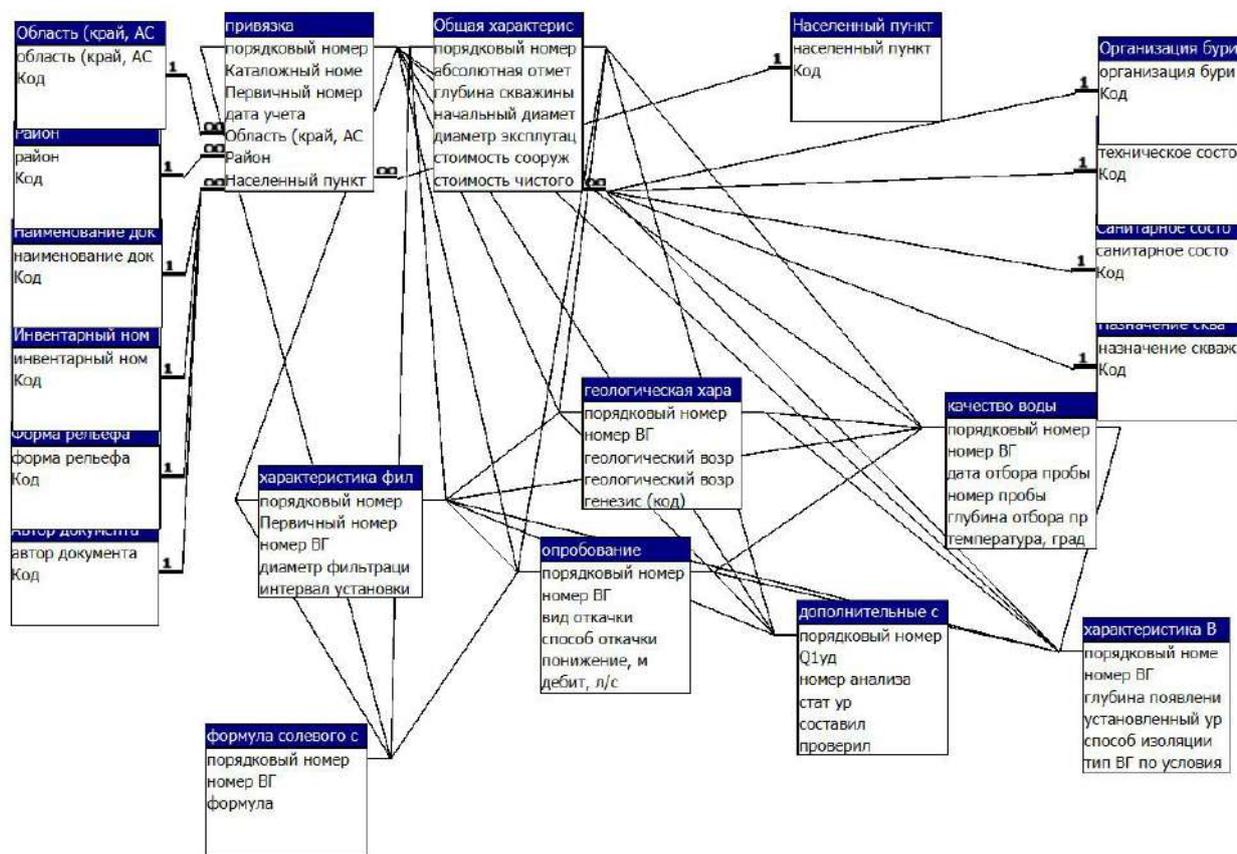


Рис. 1. Структура базы данных гидрогеологической информации.

ArcGIS может использоваться как "окно" в базу данных при помощи специальных скриптов (hotlink) для поддержки запросов, анализа и редактирования информации. База данных может извлекать информацию в виде окон (рис. 2), где содержатся подробные данные по каждой скважине.

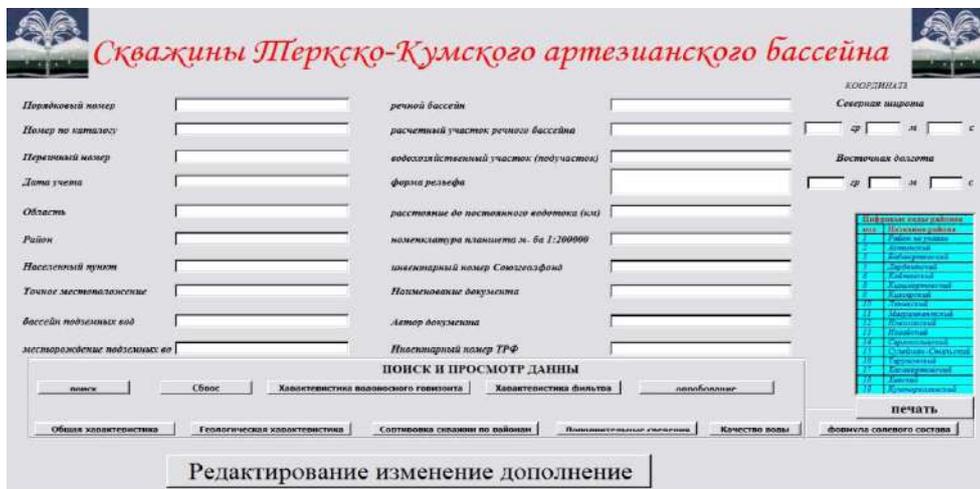


Рис. 2. Главное окно для работы с базой данных

### Результаты

Существующие скважины представлены на карте фактического материала (рис. 3) и в таблице 1. В настоящее время в базе данных собрано более 1,5 тыс. скважин. Их распределение по площади имеет неравномерный характер. Данный фактический материал будет использоваться для решения задач моделирования в гидрогеологии.

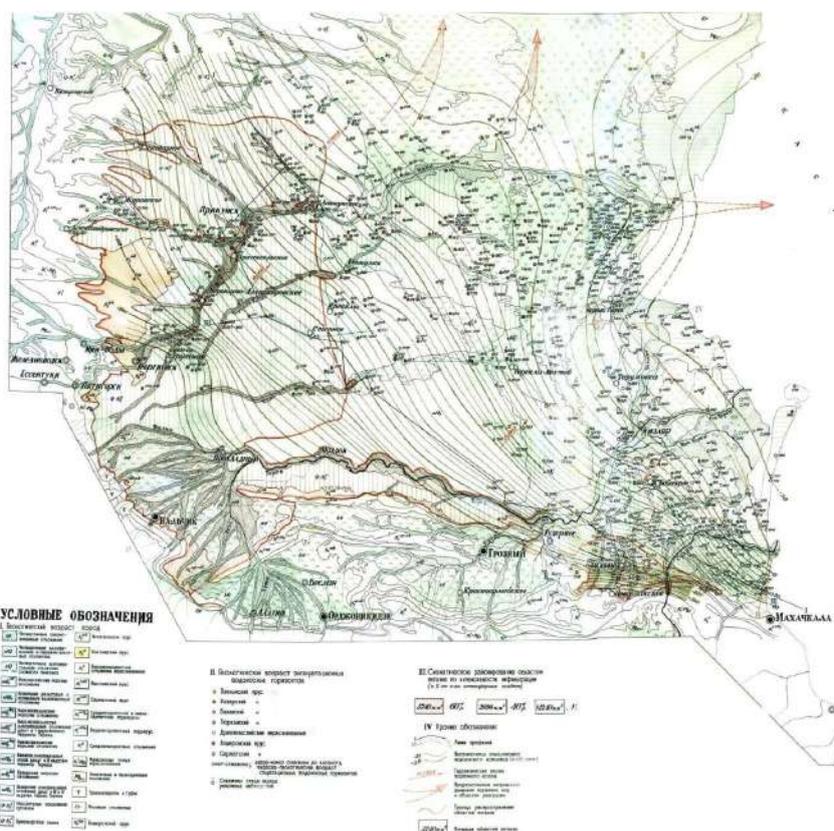


Рис. 3. Карта фактического материала

Таблица 1.

Данные о скважинах включенных в базу данных.

привязка							
№ п/п	Номер по каталогу	Первичный номер	дата учета	Обл	Район	Населенный пункт	точное местоположение
1	2			Р.Д.	Ногайский район	с. Терекле-Мектеб	3 км к северо - востоку
2	3			Р.Д.	Ногайский район	с. Кумли	4 км к западу
3	193			Р.Д.	Бабаюртовский	с. Адильянгиюрт	к-з Кирова

### Выводы

База данных гидрогеологической информации должна включать как можно более полную информацию о геологической среде бассейна. На его основе возможно моделирование полей геологических параметров и получение новой информации о геологической ситуации. Построение карт, разрезов 3D моделирование, методы геостатистики позволят прогнозировать развитие неблагоприятных геологических процессов. Предлагаемая база данных должна стать основой при создании интегрированной ГИС для целей проектирования в строительстве, прогнозирования устойчивого развития бассейна, оценки рисков от опасных геологических процессов, оптимизации инженерно-геологических работ. В итоге ГИС должна стать важным инструментом местных органов власти и бизнеса при региональном планировании. С другой стороны использование современных методов хранения и обработки информации позволит оптимизировать инженерно-геологические работы, что скажется на их качестве и стоимости.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 1021060808495-2-1.5.13.

### Литература

1. Klein H.K., Hirschheim R.A. A Comparative Framework of Data Modelling Paradigms and Approaches. The Computer Journal. Vol.30. № 1. 1987. Pp. 8-15.
2. Марков Б.Л. Проектирование систем регистрации и анализа данных //Сборник научных трудов ИМВС РАН за 2002 г. – М., 2003.
3. Марков Б.Л. Организация данных в системах мониторинга //Высокопроизводительные вычислительные системы и микропроцессоры. Сборник научных трудов ИМВС РАН за 2000г. – М., 2000.
4. IDEF1X. "FIPS Integration Definition for Information Modeling (IDEF1X)," Federal Information Processing Standards Publication 184, Computer Systems Laboratory, National Institute of Standards and Technology. – 1993.
5. Manna, Z., Pnueli A.: The Temporal Logic of Reactive and Concurrent Systems. Springer-Verlag, 1992.
6. Создание гидрогеологических карт с применением компьютерных технологий. – М.:ВСЕГИНГЕО МПР РФ, 2001. 196 С.
7. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Маммаев А.О.. Создание информационных электронных гидрогеологических карт с применением современных ГИС технологий мониторинг и анализ геоданных //Труды Института геологии ДНЦ РАН, выпуск №49, Махачкала 2003, С. 85-93.
8. Кондаков В.М., Курбанов М.К., Самедов Ш.Г. Ресурсы пресных подземных вод Дагестана и оценка их загрязнения //Труды института геологии ДНЦ РАН выпуск №49, Махачкала 2003, С. 12.
9. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Моделирование в геологии на основе картографирования // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 159-162.
10. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. Геоинформационные базы данных гидрогеологических параметров артезианских скважин Терско-Кумского артезианского бассейна //Геология и геофизика Юга России. 2018. № 3. С. 51-63.
11. Курбанов М.К., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Мамаева А.С. Методы составления и структура базы данных для создания геоинформационных систем (ГИС) Терско-Кумского артезианского бассейна //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2009. № 55. С. 46-49.
12. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях //Геология и геофизика Юга России. 2018. № 4. С. 104-116.

УДК 631.48 574.46

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-28-38

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩ

*Залибеков З.Г., Абдуллаев М.Ш., Мусаев М.А., Мусалаева П.Д., Валиев З.В.  
Институт геологии ДФИЦ РАН*

В решении проблемы продовольственной безопасности важное значение имеет рациональное использование почвенного покрова применением подземных пресных вод с учетом их качества, запасов и ареалов распространения. Исходя из этой концепции, нами проведены исследования по повышению плодородия почв и нетрадиционных источников воды, пригодных для орошения и находящихся в состоянии категории резервов, обладающих большими запасами. Это особенно важно для аридных регионов, где высокая степень обеспеченности солнечной энергией и светом остаются в тени среди ресурсов, используемых в отраслях, производящих биологическую продукцию. Для практического применения рекомендуется представить технологию использования подземных пресных вод в качестве альтернативы к общепринятой системе классических методов орошения.

*Ключевые слова:* подземные воды, почвы аридных земель, плодородие, гидрогеологические параметры, деградация почв, загрязнение, источники питания, защищенность, накопитель воды, ресурсоведческий потенциал, естественная возобновляемость, продовольственная безопасность.

## FEATURES OF THE USE OF UNDERGROUND FRESH WATER TO INCREASE SOIL FERTILITY OF DEGRADED PASTURES

*Zalibekov Z.G., Abdullaev M.Sh., Musaev M.A., Musalaeva P.D., Valiev Z.A.  
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

In solving the problem of food security, the rational use of soil cover by the use of underground fresh water, taking into account their quality, reserves and distribution areas, is important. Based on this concept, we have conducted research to increase the fertility of soils and unconventional water sources suitable for irrigation and in the category of reserves with large reserves. This is especially important for arid regions, where a high degree of provision of solar energy and light remain in the shadows among the resources used in the industries producing biological products. For practical application, it is recommended to present the technology of using underground fresh water as an alternative to the generally accepted system of classical irrigation methods.

*Keywords:* groundwater, soils of arid lands, fertility, hydrogeological parameters, soil degradation, pollution, food sources, protection, water storage, resource potential, natural renewability, food security.

Выявление изменений, происходящих в состоянии почвенного покрова и его ресурсоведческого потенциала, рассматривается не только как биологическая, географическая проблема, но и социальная, социально-экономическая. Это связано с тем, что почвенный покров, как объект многопланового использования в различных отраслях народного хозяйства является источником производства биологической продукции и регулятором процессов происходящих в биологическом круговороте веществ. В тоже время, почвы отдельных регионов характеризуются ограниченностью ресурсоведческого потенциала с тенденцией формирования отрицательного баланса круговорота веществ между отчуждаемой и синтезируемой массы органического вещества.

Главным фактором формирования негативных процессов является отсутствие научного подхода в осуществлении хозяйственной деятельности человека и ее интенсификация, направленная на максимальное извлечение сырьевых, пищевых, кормовых ресурсов. Учитывая ограниченность площадей плодородных почв в республике из-за отчуждения земли – с одной стороны, и растущих потребностей общества в продовольствии – с другой, необходимо выявить

современное состояние почв и перспектив их использования, как объекта многосторонних интересов человека.

В настоящей работе приводится краткий перечень мероприятий и прикладных исследований, посвященных освоению ресурсов подземных пресных вод на примере Терско-Кумской низменности (землепользования Кочубейской биосферной станции КБС).

Согласно приведенной почвенной карте (рис. 1.) рассматриваемая территория площадью более 1,2 млн. га представлена почвами аридного режима – светло-каштановыми карбонатными, слабо-среднезасоленными и лугово-каштановыми солонцеватыми. В прибрежной полосе распространены луговые слабо-среднезасоленные, солончаки луговые и пески бугристые, грядово-бугристые незакрепленные. Важной региональной особенностью является уменьшение глубины залегания подземных пресных вод (ППВ) с приближением к береговой линии Каспия. Особое значение имеет изучение почвенного покрова и географических закономерностей засоления, солонцеватости, гумусированности и плодородия.

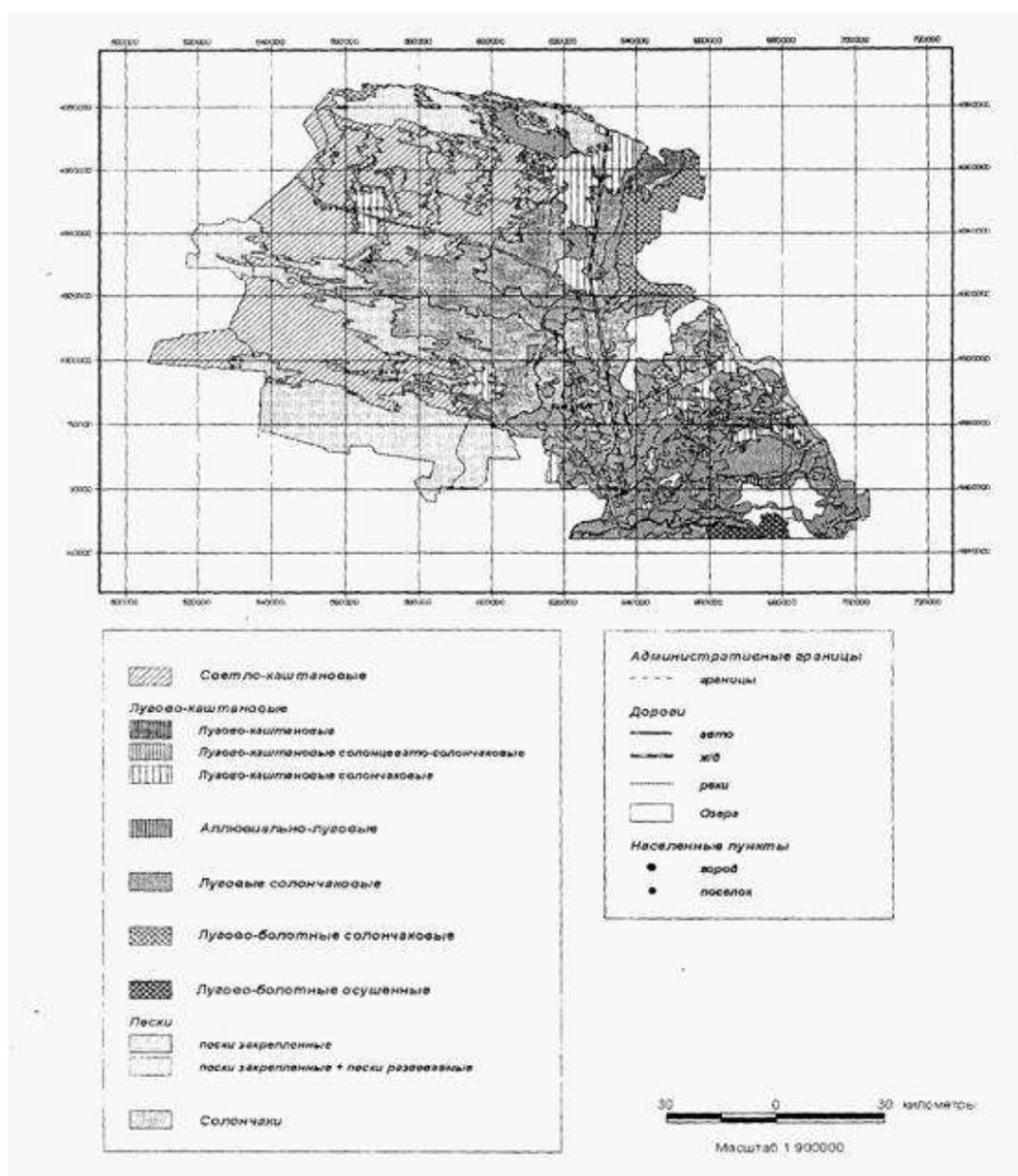


Рис. 1. Почвенная карта Терско-Кумской низменности

Значительный вклад в изучение почв Прикаспийской низменности внесли работы В.В. Акимцева (1957), С.В. Зонна (1940) с проведением фундаментальных и прикладных исследований по генезису, географии почв дельты Терека, Терско-Кумской низменности с разработкой практических мероприятий по мелиорации засоленных и солонцеватых почв. По исследованию региональных особенностей и проведению картографических работ, подверженных влиянию уровня режима Каспия на морских террасах разного геологического возраста, приведены в работах Г.В. Добровольского и др. (1966, 1990), С.У. Керимханова, (1972). В современных условиях аридизации, опустынивания почвенный покров региона испытывает радикальные изменения в свойствах и ареалах распространения. Формирующиеся изменения отражаются в пространственной структуре почвенного покрова, эволюции стадии засоления почв с тенденцией накопления легкорастворимых солей и расширения площадей сильнозасоленных почв и солончаков (Фридланд, 1965). Кроме того, автоморфные, полугидроморфные почвы фонового уровня подвергались сильной ветровой эрозии с потерей почвенного плодородия. Перечисленные изменения и прогнозируемые направления почвенных процессов отражены в прилагаемой почвенной карте Терско-Кумской низменности. В проведении картографических работ и составлении программы исследований значительный вклад внесли А.Б. Салманов (1977), З.Г. Залибеков (2018, 2019), М.А. Баламирзоев (1995) и др.

Терско-Кумская низменность является типичным регионом Прикаспийской низменности, где почвенный покров подвержен влиянию в сильной степени процессов аридизации, опустынивания в условиях прогрессирующей деградации почвенно-растительного покрова. Воздействие острозасушливого климата осложняется здесь отсутствием поверхностных источников воды и усыханием естественных водоемов и озер. В регионе практически нет воды для удовлетворения даже бытовых потребностей работников, кроме отдельных артезианских скважин. Территория региона площадью 1,2 млн. га расположена в пределах высотных отметок от минус 26 метров до плюс 10 метров, имеет вид слабоволнистой бессточной равнины, координаты региона расположены между  $44^{\circ}50'$  -  $44^{\circ}70'$  Северной широты и  $45^{\circ}07'$  -  $45^{\circ}16'$  Восточной долготы. На севере – граничит с республикой Калмыкии, на юге полосой, прилегающей к дельте Терека. Западная граница простирается до Прикумского вала, отделяясь от него слабоволнистым понижением. На востоке, начиная от правобережья реки Кумы до Аграханского залива, граница проходит от береговой линии Каспия, представляя равнину, где происходит смена выпуклых и вогнутых элементов на поверхности на общем фоне минусовых абсолютных отметок.

Исследования проведены на полигоне Кочубейской биосферной станции (КБС), расположенной в центральной части Терско-Кумской низменности. Эксперименты заложены вблизи действующей скважины с дебитом 60 литров воды в минуту. Методы исследования основаны на применении общепринятых лабораторных и биологических анализов почв, растений и горных пород.

Полевые исследования выполнялись с целью отбора первичного материала для выяснения вопросов генезиса, географии и перспективы использования отдельных типов почв с применением поливов пресными подземными водами. Для выполнения лабораторных исследований использованы общепринятые методы анализов в лаборатории кафедры почвоведения в химической лаборатории Института геологии ДФИЦ РАН.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Подземные пресные воды, залегающие в Хвалынском и Хазарском ярусах четвертичных отложений, выполняют роль фактора почвообразования, воздействие которого направлено на увеличение запасов влаги в почве в условиях прогрессирующей аридизации, опустынивания. Определяющим направлением почвенных процессов является иссушение почвенного профиля, усиление солонцеватости, увеличение щелочности почвенной среды, развитие ветровой эрозии и засоления (Докучаев, 1951). Негативное воздействие этих процессов может быть устранено

использованием нетрадиционных видов водных ресурсов и возможностей их использования. Одним из основных видов, недостаточно используемых для орошения, обводнения засушливых земель являются ППВ, обладающие большими запасами в условиях дельтово-аллювиальных и континентальных равнин. В решении вопросов рационального использования ресурсов ППВ разработки представлены коллективом ИГ по гидрогеологии одного из основных регионов аридных земель Терско-Кумской низменности.

К концу 20 века засушливые земли легкого гранулометрического состава, подверженные аридной деградации превратились в пустыни с расширением их площадей более 10 млн. км<sup>2</sup>. Интенсивной деградации подвергаются безводные территории Африки, (60%) американского континента и Австралии. Определенная их часть распространена в Евразии ареалы, которых испытывают прогрессирующее расширение площадей с переходом функционирующих почв к категории отложений литогенеза (Герасимов, 1954).

Количественный анализ распространения аридных земель показывает развитие процессов деградации в дельтово-аллювиальных областях с формированием засоленных, солонцеватых и эродированных почв. ППВ дельтовых экосистем характеризуются межрегиональной (планетарной) циркуляцией их потоков, обусловленных морскими течениями в пределах толщи геологических слоев: Хазарского, Бакинского, Апшеронского.

Региональные аспекты опустынивания земель и оценка роли ППВ в разработке мероприятий по борьбе с аридной деградацией рассматриваются на примере Терско-Кумской низменности. Почвенный покров региона однородный, где преобладают зональные почвы карбонатные и лугово-каштановые солонцеватые, разного гранулометрического состава. Определяющим природным фактором проявления деградационных процессов являются климатические условия, острый дефицит влаги и отсутствие поверхностных вод для применения орошения. Кроме того, в регионе часто повторяются сильные ветры и сопровождаются пыльными бурями. У движущихся песков в прибрежной полосе и отдельных участках внутри континента расширяются площади, где периодически песками засыпаются жилые дома и хозяйственные постройки (Керимханов, 1972).

Важное значение в эффективном использовании ППВ имеет определение местоположения скважин, учитывающее глубину залегания водоносных пород, координаты которых определяются при гидрогеологической съемке. Глубина водоносных горизонтов в изучаемом регионе составляет 280-350 м. Изменение глубины в большей степени зависит от интенсивности водообмена и периодичности затопления приморской полосы в результате трансгрессий Каспия. Недооценка роли ППВ в борьбе с опустыниванием объясняется отсутствием опыта, традиций и квалификации населения засушливых регионов в использовании подземных вод для полива.

Для сравнительной оценки региональных особенностей ППВ и разрабатываемой технологии проанализировано использование ресурсов, связанных с материальными и финансовыми затратами по отдельным регионам. В пустынных ландшафтах Алжирской Сахары, Эфиопии ППВ залегают на глубине более 1000 м с большой продолжительностью периодов самовозобновления. Затраты, необходимые для бурения одной скважины, здесь на порядок выше, чем в Терско-Кумской низменности. Полученные данные по Терско-Кумской низменности и материалы гидрогеологической съемки по другим регионам позволяют отметить, что фундаментальной основой освоения аридных земель и борьбы с опустыниванием является использование ППВ дельтово-аллювиальных областей (Солдатов, 1956).

Экологически важными свойствами ППВ является наличие возможностей дифференциации ареалов залегания, формирующихся в условиях отсутствия загрязнения без признаков содержания мышьяковистых и других вредных соединений. В качестве положительных качеств следует отметить так же отсутствие процессов ирригационной эрозии у водоносных горизонтов. Высокая экономическая эффективность применения ППВ объясняется несколькими при-

чинами, среди которых важными являются: - вовлечение почв в обработку и категории пахотных угодий, обладающих высоким природным плодородием, возникшим в процессе эволюционного развития естественной возобновляемостью запасов ППВ, за счет интенсивного водообмена между водоносными геологическими породами суши и акватории Каспия. Для оценки разрабатываемой концепции приводится характеристика качественных показателей поверхностных и пресных подземных вод (табл.1.)

По сравнительной оценке, качества используемых подземных пресных вод с поверхностными поливными водами, выделяются стабильность, защищенность от воздействий человека и оптимальная температура воды. Кроме того, при применении ППВ устраняются процессы ирригационной эрозии, уменьшается испарение и равномерно распределяется поливная вода по распределительным и водоотводящим каналам.

Таблица 1

Сравнительная оценка подземных пресных и поливных (поверхностных) вод, рекомендуемых для орошения почв Терско-Кумской низменности

Определяющие параметры	Единицы измерения	Типы потребляемой воды		Примечание
		Пресные подземные	Поверхностные поливные	
Глубина залегания	м	200-800	-	-
Защищенность от загрязнения	%	98-100	60-70	
Запасы	м <sup>3</sup>	Не ограничены	Отсутствуют	
Стабильность	циклы	Полувековые, вековые	Отсутствуют	
Источники питания	м <sup>3</sup>	Дренажные потоки вод морей, океановосадки	Речные воды, атмосферные осадки	
Экологическое состояние	Стандартная	Гарантированная	Условная	
Стоимость бурения 1 скважины	млн. руб.	3-4	-	Для данного региона
Затраты	руб./га	300-400	200-300	Денежные средства
На 1 га полива	м <sup>3</sup> /га	40-50	400-500	Воды
Испарение	%	<1	10-25	
Ирригационная эрозия	%	<1	10-20	На единицу площади
Продолжительность функционирования природных показателей плодородия	годы	3-4	-	Рекомендована ротация

В исследуемой территории КБС расположенной в центральной части Терско-Кумской низменности, использованы подземные пресные воды по технологии разработанной в Институте геологии ДФИЦ РАН с параметрами, использованными в начальном этапе проведения поливов (табл.2). Такие опыты по технологии применения ППВ ранее в аридных условиях не применялись.

Предварительное накопление воды в накопителе, заложенного на территории КБС, до величины необходимой для опытных полей составляет более 1500 м<sup>3</sup>. Данная величина позволяет обеспечить доступной для растений влагой в соответствии с технологическими (оптимальными) нормами с учетом потерь на испарение, глубинного и горизонтального подпитывания. Особое значение имеет определение показателей экономической эффективности. Оценка осу-

ществляется по величине общей фитомассы и урожайности испытываемых видов растений: люцерна полевая – 4,0 га, рапс озимый – 1,5 га, травосмесь (пастбищное разнотравье) – 1,5 га, арбуз – 2 га.

*Таблица 2*

Перечень мероприятий по подготовке технологии поливов подземными пресными водами почв деградированных пастбищ в Кочубейской биосферной станции

№	Мероприятия	Характеристики	Сроки выполнения
1	Подготовка артезианской скважины	Глубина 300 м дебит воды 1 л/сек	01.01.2021
2	Накопитель влаги	Емкость – 1500 м <sup>3</sup> размеры 30×40×1,5 м	20.08.2021
3	Водопроводные трубы	Диаметр – 65 мм Длина – 2000 м	15.07.2021
4	Распределитель воды по делянкам опыта	Установка на подставке высота – 4,5 м Емкость 5000 л	10.08.2021
5	Посадка защитной лесополосы	Площадь – 0,5 га Длина – 200 м	15.11.2021
6	Объем накопленной воды	1500 м <sup>3</sup>	31.03.2022
7	Приобретение семян	Люцерна – 30 кг Рапс яровой – 12 кг Травосмесь – 30 кг	03.02.2022
8	Экспериментальные посевы ком- вых культур	Люцерна – 4 га Рапс яровой – 1 га Травосмесь – 1,5 га	10.04.2022

На каждом варианте заложенных производственных опытов проводятся фенологические наблюдения, технологические приемы и учет динамики накопления биомассы. Динамика сезонных, годовых почвенно-агрохимических показателей определяется в качестве самостоятельного блока.

Поливная вода накапливается в накопителе самотеком из скважины, расположенной на расстоянии 200 м (рис. 2). Накопитель воды имеет конфигурацию параллелепипеда, борта засыпаны грунтом, имеет глубину 1,5 м.

Для профилактики и охраны боковых стен и донной поверхности накопитель облицован полиэтиленовой пленкой. Вокруг накопителя посажена защитная лесополоса, с ограждением. Наблюдения за динамикой накопления воды осуществляются измерением ее глубины через каждые 3 дня. Одновременно проводится учет потребляемой воды для полива по каждой культуре в отдельности.

Для культур сплошного посева – люцерна посевная, травосмесь рекомендуется мелко-дисперсное атмосферное увлажнение с нормой расхода поливной воды 120-130 м<sup>3</sup>/га. Широко-рядные культуры включают кормовых растений, районированных в регионе. Они имеют широкое распространение и отличаются высокой устойчивой продуктивностью к местным условиям (Баламирзоев и др., 1995). В эту группу включены рапс озимый, бахчевые, для их полива применяется капельное орошение, где расход поливной воды составляет 150-180 м<sup>3</sup> на 1 га.

Современная система использования засушливых территорий характеризуется прогрессирующим расширением площадей деградированных пустынных земель в условиях климатического потепления и сокращения дебита водных источников. Процессы таяния ледников, усыхания рек и озер, уменьшение количества осадков привели к дефициту почвенной влаги и продуктивности растительных сообществ. Актуальность проблемы обеспечения водными ресурсами засушливых земель и живущих там людей резко выросла. В решении этого вопроса в

сильной степени нуждаются регионы Прикаспийской низменности, включая равнинную зону нашей республики. Учитывая этого, проведены исследования источников, где запасы водных ресурсов неисчерпаемы. К категории таких источников, входят ресурсы пресных подземных вод, добываемых бурением скважин. Действующая артезианская скважина расположена на территории землепользования КБС и функционирование связано с областью питания, областью напора и разгрузки.



Рис. 2. Накопитель пресной подземной воды, поступающей самотеком из скважины на территории КБС

Область питания – площадь выхода воды на дневную поверхность водоносных пород, расположенных на повышенных гипсометрических отметках. Питание осуществляется просачиванием воды из акватории Каспия (Курбанова и др., 2018; Кондаков и др., 2019).

Область напора включает основную площадь распространения подземных вод, расположенную между областями питания и разгрузки. В области напора уровень подземных вод располагается в пределах, превышающих уровень водоносного горизонта.

Область разгрузки – места выхода на поверхность водоносного горизонта на более низких абсолютных отметках по сравнению с областью питания. Своеобразный режим формируется в Терско-Кумской низменности при односклонном в сторону Каспийского моря залегании водоносного горизонта, когда водопроницаемые горизонты вклиниваются по мере погружения водонепроницаемыми отложениями морского происхождения. Режим артезианских вод региона отличается стабильностью, пьезометрический уровень его практически не подвергается сезонным изменениям климатических условий. Эти качества и режим артезианских вод обуславливают в Терско-Кумской низменности благоприятные условия для круглогодичного накопления их запасов. Особое значение имеет определение качества ППВ по степени минерализации и динамика ее показателей во-времени и пространстве (Курбанов, 2001).

Общую минерализацию подземных вод составляет сумма растворимых в них веществ, формирование связано с 2-мя факторами:

- 1). Условиями их происхождения – морского генезиса;
- 2). Взаимодействием с геологическими породами четвертичного яруса, по которым движется подземная вода в условиях интенсивного водообмена. По принятой классификации подземные воды делятся по концентрации растворимых веществ с учетом использования в реше-

нии практических вопросов (табл.3). Основной химический состав ППВ определяется содержанием анионов  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$  и катионов  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$  (Плотников, 1969).

Особое значение имеет учет ареалов распространения ППВ по степени мышьяковистого загрязнения. ППВ приморских равнин Прикаспийской низменности на отдельных участках загрязнены мышьяковистыми соединениями.

Поэтому мы использовали гидрогеологическую карту, составленную ИГ ДФИЦ РАН, и на основании учета картографических данных отобрали земельные массивы, где отсутствуют мышьяковистые загрязнения.

Таблица 3

Классификация подземных вод по общей минерализации

Подземные воды	Общая минерализация, г/л
Пресные:	0,01-1,0
наиболее пресные	0,01-0,03
очень пресные	0,03-0,1
нормально пресные	0,1-0,5
пресноватые	0,5-1,0
Солоноватые:	1,0-10,0
слабосоленые	1,0-3,5
сильносолоноватые	3,5-10,0
Соленые:	10,0-50,0
слабосоленые	10,0-35,0
сильносолоноватые	35,0-50,0
Рассолы:	более 50
слабоконцентрированные	50-100
крепкие	100-270
очень крепкие	270-350
сверхкрепкие	более 350

Следует отметить, что из общей площади региона (1,2 млн. га) 60% территории представлено экологически чистой ППВ без загрязнений. Поэтому одной из главных задач являются анализ и использование площадей почв, находящихся вне зоны содержания загрязнителей. Исходя из этого принципа, наши эксперименты проводятся в ареалах, где залегает пресная незагрязненная вода, пригодная для использования в различных отраслях народного хозяйства. Характеристика химического состава подземных вод полигона приводится в таблице 4, где представлен полный список элементного состава.

Результаты анализов свидетельствуют о широком наборе элементов (щелочных, щелочноземельных), характерных регионам аридного климатического режима. Для орошения сельскохозяйственных культур и повышения плодородия деградированных почв лимитирующими элементами, включая и комплексные органические соединения, и токсические легкорастворимые соли, являются концентрация мышьяка и его соединений.

Таблица 4

Анализ химического состава подземной пресной воды из скважины, заложенной на территории Кочубейской биосферной станции

Компоненты	Содержание (мг/л)	ПДК (мг/л)
Натрий	562,4	
Магний	8,5	
Кальций	10,0	

Железо	0,07	0,3
Медь	0,002	1,0
Цинк	0,007	5,0
Мышьяк	0,023	0,05
Фториды	0,7	1,5
Хлориды	296,0	350
Нитраты	14,2	45
Сульфаты	2,4	500
Бикарбонаты	1037,0	-
Общая жесткость	1,2	7,0
Минерализация	1931,2	1000
Ph	8,7	-

По данным анализов воды, поступающей из скважины, общая минерализация характеризуется в пределах ПДК. Содержание мышьяка составляет 0,011 мг/л, тогда как ПДК < 0,01 мг/л. По остальным элементам различие в их содержании колеблется в пределах величин ПДК. Учитывая эти особенности, предлагается квалифицировать подземную пресную воду, добываемую из скважины пригодной для использования при орошении без ограничений. Это позволяет рекомендовать в качестве технологической основы использования подземных пресных вод в сельском хозяйстве в целях сохранения и развития благоприятных биосферных условий.

Большое значение имеет учет показателей динамики изменения химического состава подземных пресных вод при накоплении и хранении в специальном искусственно созданном земляном накопителе (водоеме) (табл. 5).

Таблица 5

Анализ химического состава подземной пресной воды, отобранной из накопителя, расположенного на территории Кочубейской биосферной станции

Компоненты	Содержание (мг/л)	ПДК (мг/л)
Натрий	340,0	
Калий	2,0	
Магний	20,8	
Кальций	29,8	
Мышьяк		
Хлориды	394,3	350
Нитраты	14,4	45
Сульфаты	40,3	500
Бикарбонаты	400,8	-
Жесткость	1,5	7,0
Минерализация	1242,4	1000
Ph	8,2	6 – 8

Как было указано выше, общий объем подготовленного накопителя составляет более 1,5 тыс. м<sup>3</sup> воды. К настоящему времени (за 5 месяцев) произошли некоторые изменения в химическом составе накапливаемой воды, где отмечается небольшое увеличение общей минерализации на 688 мг/л и увеличение хлоридов составляет 98 мг/л. Формирование указанных различий связано так же с переходом растворимых соединений донных отложений в водную среду создаваемую в искусственном накопителе.

Характеристика почвенных, гидрогеологических и агробиологических особенностей полигона представляется отдельной работой. В данном случае ограничиваемся описанием мор-

фологии поверхности светло-каштановых карбонатных почв, подверженных аридной деградации, в условиях эолового рельефообразования. В Терско-Кумской низменности значительная роль принадлежит геологической деятельности ветра, суховеев и пыльных бурь, что проявляется в эоловом рельефообразовании. Здесь развиваются элементы ветровой эрозии – обтачивание песком и пылью ветрового потока всех препятствий, состоящих из уплотненных пород. Будучи одним из проявлений ветровой денудации, коррозия перерастает здесь в дефляцию – выдуванием и развеванием рыхлого грунта. В легкосуглинистом и супесчаном составе пород возникают мелкие борозды, разделяющие их острые гребни. При условии развевания рыхлой породы и отсутствии растительного покрова в очагах опустынивания формируются ячеистые углубления глубиной 0,5 – 1,0 м. Эти процессы объединяются под общим понятием эолового переноса, создаваемого большой скоростью ветра и суховеев. При эоловом процессе вовлекается главным образом песчаная и пылеватая фракция. Песок переносится в самом нижнем воздушном слое на высоте 20-30 см, образуя аккумулятивные образования. Пыль может накапливаться в северо-западной части полигона на больших площадях, образуя пыльные бури, барханы и дефляционные понижения. Описанная динамика эолового рельефообразования является характерной особенностью региона.

### Заключение

Разработаны технологические основы использования пресных подземных вод с определением качественных показателей и степени пригодности для практического использования в Прикаспийской низменности. Представлены данные по гумусированности почв, динамике ее изменения во времени и пространстве, включая способы накопления и формирование запасов в доступных условиях для применения передовых методов орошения подземными пресными водами. Такой подход является основой радикальных изменений, направленных на повышение плодородия деградированных почв.

1. Установлено, что наиболее важными из региональных факторов улучшения безводных острозасушливых земель является использование нетрадиционных видов водных ресурсов. К такой категории ресурсов относятся пресные подземные воды, залегающие относительно на небольшой глубине и обладающие способностью самовосстановления запасов.

2. Выявлены качественные показатели ППВ, результаты которых использованы при разработке инновационного проекта. Обсуждена и рекомендована для применения новой технологии полевых работ по накоплению добываемой пресной воды. Приобретены технические средства для организации поливов, охраны опытного полигона с набором кормовых растений для обогащения видового разнообразия пастбищной растительности. Составлена инструкция проведения поиска нетрадиционных видов водных источников, и регламент выполнения технологических приемов.

3. Приобретено необходимое количество инвентаря – водопроводных труб и прилагаемых запасных частей, переносная емкость с подставкой для подачи воды в вегетационный период, накопитель влаги емкостью более 1,5 тыс. м<sup>3</sup> воды, установка для капельного орошения и воздушной мелкодисперсной подачи воды, созданы бытовые условия для сотрудников в целях выполнения полевых работ.

4. Применяемая технология и способы ее использования обеспечивают защиту накапливаемой воды от пыльных бурь, суховеев, испарения с поверхности воды в летний период, а также просачивания воды в глубокие слои грунта накопителя и др. Эти мероприятия осуществляются в вегетационный период в режиме проведения полевых экспериментов, одновременно с фенологическими наблюдениями и отбором образцов почв, породы, и проб поливной подземной воды.

5. Создан переносной накопитель воды и установлен на подставке высотой 4,5 м для подачи самотеком воды к местоположению опытных делянок. Он приспособлен для переноса в разные участки опытного полигона с дифференциацией норм подачи воды. Это позволяет определить объемы потребляемой воды в разные периоды вегетации растений.

б. Выявленные ресурсы необходимые для поливов в регионе – подземные пресные воды являются нетрадиционными и их пригодность для орошения доказана экспериментальным путем. Отличительной чертой использования выявленных ресурсов является то, что затраты, произведенные для рекомендуемой технологии, первые 2 – 3 года окупаются полностью, а в последующие годы – коммерческие операции с получением экономического эффекта.

*Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР1021060808477-6-1.5.6*

### Литература

1. *Акимцев В.В.* Почвы Прикаспийской низменности Кавказа. Ростов на Дону, 1957. 282 с.
2. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 261 с.
3. *Добровольский Г.В.* Значение биосферы в сохранении биоразнообразия //Почвоведение, 1966. № 6. С. 694 – 699.
4. *Герасимов И.П.* Коричневые почвы Средиземноморских областей. Доклад на V Международном конгрессе почвоведов // Наука. АН СССР, 1954. С. 181 – 192.
5. *Докучаев В.В.* К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны. Соч. Т. 4. М – Л, 1951. С. 398 – 414.
6. *Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., Асгерова Д.Б.* Об использовании пресных подземных вод засушливых регионов мира // Аридные экосистемы. Т. 25. № 2, 2019. С 3-12.
7. *Залибеков З.Г., Биарсланов А.Б.* Методы изучения разнообразия почв западного Прикаспия по космическим снимкам //Исследование земли из космоса. 2018. № 5. С. 162 – 166.
8. *Залибеков З.Г.* Типы опустынивания почв и критерии оценки деградационных процессов. Изв. вузов. Северокавказский регион, естественные науки, 2017. № 2. С. 50 – 56.
9. *Зонн С.В.* Почвы Дагестана. Сб. «Сельское хозяйство Дагестана». Т. 1. Изд. АН СССР, 1940. С. 43 – 56.
10. *Керимханов С.У.* Почвенно-эрозионное районирование территории Дагестана //Вопросы рационального использования и повышения плодородия почв Дагестана. Махачкала, 1972. С. 18 – 35.
11. *Кондаков В.М., Газалиев И.М., Курбанова Л.М., Ибаев Ж.Г.* Геологические аспекты формирования макро – микрокомпонентного состава подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна //Геология и ресурсы Кавказа. Махачкала, 2019. С. 5 – 21.
12. *Курбанова Л.М., Меликов М.М, Гусейнова А.Ш.* Геолого-экономические аспекты контаминации использования подземных вод Северо-дагестанского бассейна //Горный журнал. № 3, 2018. С. 77 – 81.
13. *Баламирзоев М.А., Мирзоев Э. М-Р.* О современном состоянии почвенных ресурсов Дагестана и способах их улучшения //Биологические проблемы и перспективы их изучения в регионах Каспийского моря. Махачкала, 1995. С. 112 – 120.
14. *Курбанов М.К.* Северно-дагестанский артезианский бассейн. Махачкала. Даг. книгоиздательство. С. 92 – 105.
15. *Плотников П.А.* Оценка запасов подземных вод. М.: ГосТехГеоиздат, 1969. 112 с.
16. *Фридланд В.М.* О структуре (строении) почвенного покрова //Почвоведение. № 4. 1965. С. 16 – 28.
17. *Солдатов А.С.* Каштановые почвы //Тр. Отдела почвоведения Даг. филиала АН СССР, Махачкала. 1956. С. 40 – 52.

УДК 911.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-39-46

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

*Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш.*  
*Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала*

Восточный Кавказ является регионом с развитой и древней традицией сооружения земледельческих террас в горах. Составлена уточненная карта распространения земледельческих террас Восточного Кавказа. Выявлена существенная географическая неоднородность в распределении террас в регионе. Изучены особенности распространения террас на различных горных породах. Реконструировано соотношение естественной эрозии и искусственно созданного мелкозема террас для региона. Установлено что антропогенное воздействие на горные породы региона в течение последнего тысячелетия существенно превосходит масштабы природных эрозионно-аккумулятивных процессов.

## GEOLOGICAL ROLE OF AGRICULTURAL TERRACES OF THE EASTERN CAUCASUS

*Idrisov I.A., Huseynova A.Sh.*  
*Institute of Geology DFRC RAS, Makhachkala*

The Eastern Caucasus is a region with a developed and ancient tradition of building agricultural terraces in the mountains. An updated map of the distribution of agricultural terraces in the Eastern Caucasus has been compiled. Significant geographical heterogeneity in the distribution of terraces in the region is revealed. The features of the distribution of terraces on various rocks are studied. The ratio of natural erosion and artificially created fine earth of terraces for the region has been reconstructed. It has been established that the anthropogenic impact on the rocks of the regions during the last millennium significantly exceeds the scale of natural erosion-accumulation processes.

### Введение

**Район исследований.** Исследован горный регион Восточный Кавказ. Территория занимает часть горной страны Кавказ в основном в пределах Республики Дагестан (Россия). Протягивается с северо-запада на юго-восток на 250км, а с юго-запада на в северо-восток на 150км. Характеризуется ассиметричным строением с сильно смещенным к югу водоразделом, что приводит к тому что более 95% площади относится к бассейнам рек стекающим на север и небольшим участкам имеющим сток на юг. Соответственно большая часть региона относится к бассейнам рек Терек, Сулак и Самур. Характерной особенностью является абсолютное господство осадочных пород юры и мела в высокогорной и среднегорной части и палеоген-неоген-четвертичных пород в предгорьях и равнинах. В тектоническом отношении яркой особенностью является наличие области Известнякового Дагестана с многочисленными крупными антиклиналями и синклиналями. Это определяет многократное появление на поверхности одних и тех же горных пород, что существенно отличает Восточный Кавказ от других его частей.

Рельеф Восточного Кавказа обусловлен влиянием тектонических процессов и интенсивной эрозии. Характеризуется значительной расчлененностью с амплитудой от 4450 до 350м. Вдоль долин крупных рек расположено множество крутостенных ущелий глубиной 1-1,5км. Широко развиты складчатые хребты и плато. Поверхности которых бронируются известняками нижнего и верхнего мела. В зонах пересечения антиклиналей крупными реками образованы глубокие котловины на дне которых вскрываются терригенные породы нижней и средней юры. Широко развиты хребты в виде куэст представленные сохранившимися от эрозии крыльями антиклиналей. К югу от области среднегорного Дагестана протягивается зона котловин выработанных эрозией в аргиллитах средней юры, которая является аналогом Северо-юрской депрессии Центрального и Западного Кавказа. Высокогорная зона Восточного Кавказа полно-

стью сложена терригенными породами нижней и средней юры, что существенно отличает ее от других частей Кавказа.

В биоклиматическом отношении Восточный Кавказ также отличается спецификой. Она обусловлена его значительной аридностью относительно других частей Кавказа. Например, высота снеговой линии здесь превышает 4100м, в сравнении с 2700м на западном Кавказе. Количество осадков на восточном Кавказе значительно меньше чем в остальных частях и на высоте около 1000м снижается от 800мм на западе в бассейне р.Андийское Койсу до 350мм на юго-востоке в бассейне р.Самур. Также характерным является «зимняя засуха» когда количество осадков холодного периода в горах составляет 10-20% от годовой суммы осадков. Подавляющая часть осадков приходится на интенсивные летные осадки, часто кратковременные и ливневые.

### Методы

Террасы региона исследуются путем составления ГИС в программной среде ArcGIS11.0. Террасы показаны в виде контуров (полигонов). Конфигурация полигонов соотносилась с геоморфологической картой, ранее подготовленной в Институте геологии ДФИЦ РАН. Непосредственные контуры полигонов устанавливались по итогам анализа космоснимков региона. Также использовались данные полевых исследований террас в 2015-2021гг.

Всего было выделено 210 полигонов. Для всех полигонов рассчитана площадь в гектарах, данные представлены в таблице 1. При этом площадь рассчитана на основе картографической проекции Гаусса-Крюгера, зона 8. Для расчета площади принималось что поверхность полигона соответствует поверхности геоида. Учет реальной площади террасовых комплексов с учетом рельефа требует дальнейших существенно более детальных исследований. По предварительным данным реальная площадь террасовых комплексов может на 10-30% превышать данные представленные в таблице 1.

Для всех созданных полигонов созданы дополнительные поля в таблице атрибутов которые показывают площади, тип горных пород. Имеется возможность дальнейшего развития ГИС и внесения новой информации как по выделенным контурам террас, так и по внесению новых.

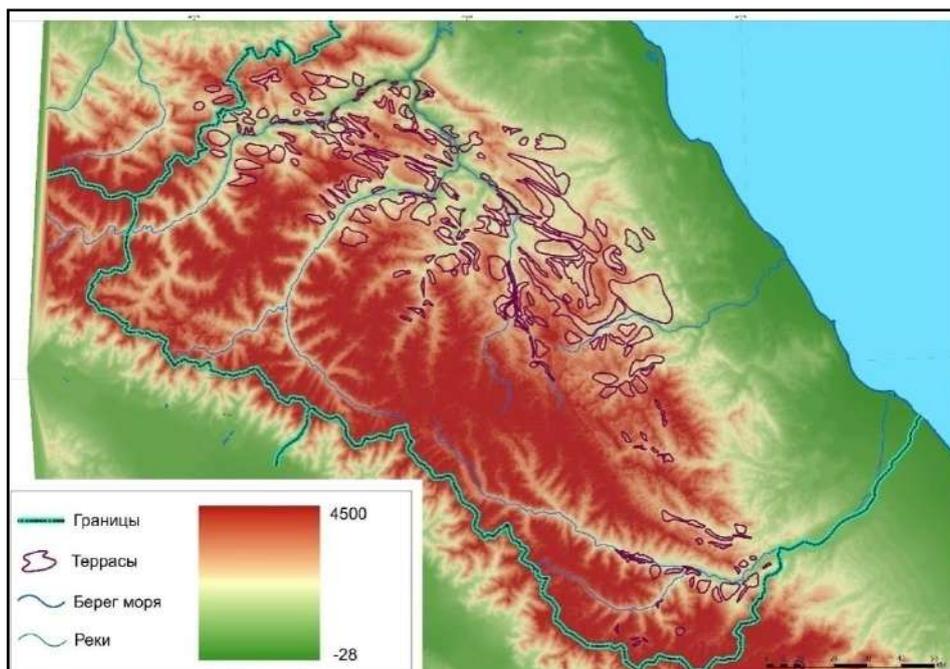


Рис. 1. Земледельческие террасы и рельеф

Для выделенных контуров террас проведено исследование распределения по высоте, экспозиции склонов, типам горных пород. Эти материалы позволяют в общих особенностях установить масштабы и специфику земледельческих террас региона, а также особенности их пространственной дифференциации. Эти материалы получены на основе составленной в Институте геологии ДФИЦ РАН ГИС Топографическая карта Республики Дагестан в масштабе 1:500000.

### Результаты

Террасы Восточного Кавказа располагаются в диапазоне высот от 400 до 2400м (рис.1). На высотах 500-1000м расположена лишь небольшая часть террас (менее 5%) в основном в пределах аллювиальных породах конусов выноса и на речных террасах. Подавляющая часть площади террас приурочена к территориям выше 1000м. На высотах выше 2000м террас занимают отдельные участки преимущественно на юге региона, а также на периферии крупных массивов террас.

Для отдельных ареалов амплитуда распространения террас достигает нескольких сотен метров. При этом высота отдельных террас может сильно варьировать, но медианные значения для крупных ареалов достигают 5-7м.

При определении приуроченности террас к различным почвообразующим породам применен авторский подход к выделению типов горных пород региона. Нами для Восточного Кавказа выделены следующие типы: сланцы нижней-средней юры, песчаники нижней-средней юры, известняки верхней юры-нижнего мела, известняки верхнего мела, сланцы нижнего мела, песчаники нижнего мела, аллювий высоких и древних речных террас ориентировочно ране и средне четвертичного возраста, голоценовые конусы выноса и аллювий.

Точное разделение распространения горных пород в условиях горной местности сильно затруднено. В частности широко развиты небольшие эрозионные формы со специфическими отложениями, также широко развиты мелкоконтурность залегания различных горных пород и их быстрое чередование в разрезах. Наиболее четко это проявляется для юрских пород, где разделение слоев песчаников и сланцев требует детальных полевых исследований. Нами проводилось такое разделение лишь для районов в которых нами проводились такие исследования. В остальных случаях участки объединялись и отмечены как сланцы J2.

*Таблица 1.*

Площади земледельческих террас на различных породах

Горная порода	Количество полигонов	Площадь в гектарах
Аллювий голоцен	14	5124
Аллювий Q	13	10932
Известняк K2	19	15970
Песчаник K1	22	33166
Сланцы K1	4	3436
Известняк K1	36	45837
Песчаник J2	12	9796
Сланцы J2	90	77533
Всего	210	201794

На карте (рис.2) представлены контуры террас и их приуроченность к основным типам горных пород развитым в регионе.

Ранее нами было показано что в зависимости от горных пород на которых сформированы террасы их конфигурация существенно меняется. В частности в ряду известняк K1, сланцы K1, песчаник K1 более чем на порядок возрастает объем мелкозема вовлеченного в создание террас. Это связано с различной устойчивости горных пород к разрушению при распашке. Также меняются и другие конструктивные особенности террас, в частности их высота, уклоны полей и т.д.

Определяющее значение различные горные породы играют в физико-химических свойствах как почвообразующих пород. В этом отношении можно выделить карбонатные породы (известняки K1, известняки K2, аллювий и практически весь аллювий Q). Суммарная площадь таких пород 75,0 тыс.га (37%). Вторую группу составляют терригенные породы (песчаники и сланцы, частично аллювий). Площадь террас на таких породах порядка 125,0 тыс.га (63%).

Важное значение имеет выделение преимущественно аллювиальных голоценовых отложений приуроченных к низким террасам рек и к конусам выноса малых рек, временных водотоков и т.д.

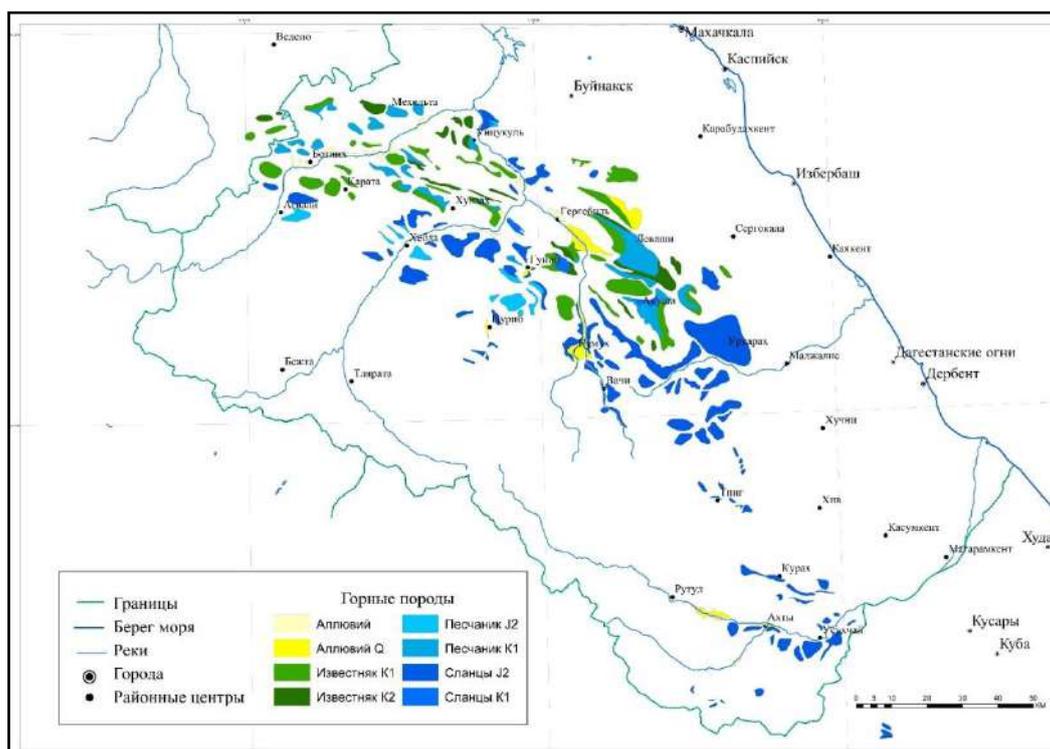


Рис. 2. Земледельческие террасы Восточного Кавказа и горные породы

Анализ локализации участков развития земледельческих террас на восточном Кавказе показывает наличие крупного северного ареала в основном в пределах бассейнов рек Сулак, Манас-озень, Уллучай и второго на порядок менее крупного южного ареала в пределах бассейна р.Самур и прилегающих территорий.

Основной (северный) ареал имеет овальную, слегка изогнутую форму и вытянут с северо-запада на юго-восток на 140км в ширину достигает 50км. Здесь расположено около 94% всей площади террас Восточного Кавказа. При общей площади данной территории в 7 тыс. кв. км. площадь террас здесь достигает практически 1,9 тыс. кв. км. Соответственно на антропогенные террасы приходится около 25% всей площади этого региона.

Южный ареал представлен контурами террас в бассейнах рек Курахчай, Самур, Ахтычай, Кусарчай. Здесь расположено порядка 6% всей площади террас. При общей площади около 2,5 тыс. кв. км. Площадь террас порядка 0,15 тыс. кв. км. Соответственно площадь террасирования здесь около 7%. При этом в пределах ареала расположены высочайшие вершины Восточного Кавказа высотой более 4000м.

### Обсуждение

Локализация террас в различных природных обстановках имеет большое значение для понимания специфики создания террас и их особенностей.

Специфической группой террас Восточного Кавказа являются террасы на аллювиальных отложениях голоцена приуроченных к конусам выноса сезонных водотоков и речным террасам. Для подобных объектов и для террасовых полей на них предполагается широкое развитие орошения (Агларов, 2016). Общая площадь таких отложений по нашим данным составила порядка 2,5% от всей площади сельскохозяйственных террас Восточного Кавказа. Для всех остальных террас по нашим данным поливное орошение не применялось. Данная группа террас во многом сходна с террасами аридных регионов юго-западной Азии, где также широко развито орошение сельскохозяйственных террас расположенных в долинах временных водотоков и рек. На Восточном Кавказе все подобные комплексы террас сконцентрированы на дне котловин и крупнейших долин региона. Для этих участков характерны максимально аридные для региона условия, а также имеются относительно доступные источники поливной воды.

Однако подавляющая часть сельскохозяйственных террас Восточного Кавказа (97,5%) приурочена к склонам и относительно повышенным элементам рельефа. Верхний предел распространения террас достигает 2400м. Также следует отметить, что на значительных территориях террасы после прекращения распашки зарастают древесно-кустарниковой растительностью. По нашим данным создание террас приводит к коренному изменению водного режима склонов (Идрисов и др., 2019). Например, практически полностью перехватываются атмосферные осадки. Для Восточного Кавказа в целом имеются данные о поверхностном стоке в объеме 300-700мм в год, при количестве осадков 550-1000мм. Соответственно для террасированных участков количество доступной влаги может возрастать в два-три раза, относительно фонового состояния. Соответственно потребность в орошении подавляющей части террасовых полей Восточного Кавказа отсутствует.

Важной особенностью комплексов террас является также их значительная эрозионная устойчивость. Террасы практически в первозданном виде могут сохраняться многие сотни лет, для отдельных участков тысячи лет. Это обусловлено самим фактом создания террас когда полностью прерываются линейные эрозионные формы и принципиально сокращается поверхностный сток.

Еще одним важным фактором создания террас является вовлечение огромных масс горных пород в активные ландшафтные процессы. Ранее было показано что при создании террас, в частности при их распашке человек проводит значительную работу по разрушению горных пород и формированию значительных объемов мелкозема, который идет на создание террасовых насыпей и пахоты на поверхностях террас (Идрисов, Борисов, 2017). Также было установлено что для различных горных пород объемы воздействия существенно отличаются: максимальные для песчаников нижнего мела, минимальные для известняков нижнего мела близки к ним известняки верхнего мела, промежуточное значение занимают песчаники средней юры и сланцы средней юры и нижнего мела (Идрисов и др., 2019). Относительно детально исследованы влияние создание террас на увеличение объема мелкозема на склонах для сланцев средней юры. Здесь предполагается что осредненная мощность мелкозема возрастает ориентировочно со слоя 0,3м до слоя 0,8м. Схожие значения характерны и для песчаников средней юры и сланцев нижнего мела. В ходе полевых работ 2019 г показано, что для известняков нижнего мела объем мелкозема возрастает ориентировочно с 0,2м до 0,4м, для известняков верхнего мела объем возрастает ориентировочно с 0,2 до 0,5м. По предварительным данным для песчаников нижнего мела увеличение объема мелкозема составит с 0,3м до 1,5м и более. Для аллювиально-проллювиальных отложений отделить природные объемы мелкозема, от созданных хозяйственной деятельностью очень сложно. По предварительным данным все голоценовые аллювиально-проллювиальные отложения на террасированных участках Дагестана представляют собой в той или иной степени отложения сельскохозяйственных террас (Борисов и др., 2018). Мощность таких отложений может достигать 2-5м. Для аллювия раннего плейстоцена мощность террасовых отложений в среднем порядка 1,0м.

На основе полученных данных о площади террас на различных горных породах можно ориентировочно рассчитать объем мелкозема созданного человеком при оформлении террас. Эти данные представлены в таблице 2.

Полученные данные показывают, что в ходе создания террас было сформировано порядка 1,2 кубических километров мелкозема или примерно 2,5 млрд тонн. В среднем на 1 га террас приходится более 10000 тонн антропогенно созданного мелкозема в террасах (в зависимости от горных породы как показано выше масса меняется). Соответственно на 1 кв.км. приходится порядка 1 миллиона тонн антропогенно разрушенных и трансформированных горных пород в составе сельскохозяйственных террас.

Для сравнения суммарный твердый сток основных рек Восточного Кавказа составлял (до перекрытия их плотинами в 20 веке): для р.Сулак 15 млн тонн в год, для р.Самур 10 млн тонн в год (Общая гидрология, 1984). Суммарный объем стока остальных рек стекающих с Восточного Кавказа в Каспийское море (Манасозень, Уллучай, Рубас, Гюльгерычай и др.) более чем в десять раз меньше стока этих двух основных рек региона.

В ходе исследований террас региона было показано что они создавались крайне неоднородно. Были периоды максимально интенсивного создания террас, которые сменялись периодами их забрасывания и резкого снижения антропогенного воздействия, далее вновь могли отмечаться периоды повторного использования террас (Борисов и др., 2018; Идрисов и др., 2018). При этом в однозначно установленные периоды максимального развития создания террас в 9-13 вв или в 19-середине 20 вв практически все террасовые поля вновь вовлекались в интенсивный пахотный оборот, активно создавались новые террасы и перестраивались старые. Первоначальное террасирование региона началось значительно раньше и в предыдущие эпохи также были периоды значительной активности создания террас. Представленные данные являются предварительными и требуют уточнения. Однако они в целом отражают соотношение антропогенных и природных факторов воздействия на эрозию горных пород Восточного Кавказа.

Таблица 2.

Объем сельскохозяйственных террас на различных породах

Горная порода	Площадь в гектарах	Объем мелкозема в млн.м <sup>3</sup>	Объем мелкозема в террасах в млн.м <sup>3</sup>	Прирост объема мелкозема в млн.м <sup>3</sup>
Аллювий голоцен	5124	-----	128,1	128,1
Аллювий Q	10932	-----	109,3	109,3
Известняк K2	15970	31,9	79,9	48,0
Песчаник K1	33166	99,5	497,5	3980,0
Сланцы K1	3436	10,3	27,5	17,2
Известняк K1	45837	91,7	183,4	91,7
Песчаник J2	9796	29,4	78,4	49,0
Сланцы J2	77533	232,6	620,3	387,8
Всего	201794	495,4	1724,2	1228,9

Как следует из сравнения данных, количество мелкозема в телах террас более чем в сто раз превосходит объем эрозионного размыва региона. Следует отметить, что Восточный Кавказ по темпам эрозионного размыва практически на порядок превышает Центральный и особенно Западный Кавказ. В частности для рек Сулак и Самур (Восточный Кавказ) модуль твердого стока составляет 1160 и 1190 тонн с км<sup>2</sup>, для рек Терек и Риони (Центральный Кавказ) модуль твердого стока 710 и 600 тонн с км<sup>2</sup>, для реки Кубань (Западный Кавказ) модуль твердого стока 180 тонн с км<sup>2</sup> (Общая гидрология, 1984). Это обусловлено повсеместным распространением на Восточном Кавказе осадочных пород, в особенности сланцев и песчаников юры, слагающих практически всю высокогорную зону. Также приводятся данные о сопоставимом модуле стока наносов (>1 000 т·км<sup>-2</sup>·год<sup>-1</sup>) «в степях Дагестана (восточная часть Кавказа)» (Цыпленков, 2019).

Таким образом заметно, что даже на Восточном Кавказе с его экстремально высокими значениями эрозионного размыва масштабы антропогенного разрушения горных пород значительно выше. Соответственно общее влияние террасирования на процессы разрушения горных пород региона сложно переоценить.



Рис. 3. Склон без террас. Известняки верхний мел. Гимринский хребет.



Рис. 4. Склон с террасами. Склон без террас. Известняки верхний мел. Хребет Дубурлабаг.

В ходе создания сельскохозяйственных террас в горах Кавказа необходимо было решить четыре основные задачи: создание плоских участков, получение мелкозема для выращивания растений, сохранение мелкозема от эрозии, обеспечение растений водой. Все эти задачи успешно решались при создании террас в ходе реализации описанного ниже алгоритма.

Создание террасы предполагает вскрытие горных пород склона и преобразование их в мелкозем, так собственно сооружается терраса, дополнительно вносятся объемы удобрений с поселений и загонов скота. После создания террас полностью прерывается сеть мелких и средних эрозионных форм, наглядно видно при сравнении рисунков 3 и 4. Это обусловлено тем, что террасы создавались массово с площадным охватом склона целиком. Это снижает водный

сток и соответственно эрозию на террасированном склоне. Снижение водного стока для горной зоны восточного Кавказа обеспечивает зерновые достаточным количеством воды. Следует отметить, что исследованные нами террасы всегда имеют определенный уклон как по направлению склона так и вдоль тела террасы, это обеспечивает равномерное распределение ливневых осадков и препятствует локализации стока по линейным эрозионным формам в пределах террас. Соответственно для подавляющей части террас региона атмосферные осадки полностью обеспечивают их влагой достаточной для выращивания зерновых. Более того по предварительным данным для почв значительной части террас отмечается переувлажнение вплоть до образования крупных железистых новообразований (ортштейнов размеров до 1 см), что не типично для фоновых горно-луговых (темногумусных) почв.

**Выводы.** Площадь сельскохозяйственных террас на Восточном Кавказе по нашим данным составляет 2018 кв. км.

В течение длительного времени как минимум за последнюю тысячу лет объем мелкозема создаваемого человеком при постройке террас в десятки и сотни раз превышал объем эрозионного размыва. При этом террасированию подвергалась лишь ограниченная часть Восточного Кавказа в пределах двух выделенных крупных ареалов. Причины подобной неравномерности создания террас как в регионе, так и на Кавказе в целом, не установлены.

Террасирование склонов приводит к существенному снижению поверхностного (жидкого и твердого) стока. Соответственно для региона широкий ряд природных процессов в значительной степени трансформирован антропогенным влиянием. В частности на склонах появились грандиозные объемы антропогенно созданного и находящегося в террасах мелкозема в голоцене. Для отдельных участков мощность мелкозема достигает 5-15 м. Это необходимо учитывать при анализе развития природы Восточного Кавказа как минимум для всего позднего голоцена. Вероятно, что и для других регионов с развитым террасированием необходимо учитывать масштабное влияние террасирования на эрозионно-аккумулятивные и гравитационные процессы.

Террасы распространены в различных природных обстановках. Они встречаются в значительном диапазоне высот (от 400 до 2400 м), на различных типах горных пород (известняки, песчаники, аргиллиты, аллювий), на склонах всех экспозиций. Основная часть террас Восточного Кавказа приурочена к высотам от 1000 до 1500 м. Подавляющая часть террас расположена на склонах хребтов и подвергалась орошению лишь атмосферными осадками.

Террасовые отложения являются широко распространенным видом голоценовых отложений Восточного Кавказа, которые часто имеют покровное залегание и могут быть рекомендованы для геологического картирования.

### Литература

1. Агларов М.А. Еще раз о сельскохозяйственных террасах Дагестана // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2016. №62. С.30-53.
2. Борисов А.В., Коробов Д.С., Идрисов И.А., Калинин П.И. Почвы сельскохозяйственных террас с подпорными стенками в горном Дагестане // Почвоведение. 2018. №1. С.26-37.
3. Идрисов И.А., Борисов А.В. Сельскохозяйственные террасы окрестностей села Джаба. В сборнике Палеопочвы, палеоэкология, палеоэкономика. Пушино. 2017. С.79-83.
4. Идрисов И.А., Борисов А.В., Каширская Н.Н. Почвы сельскохозяйственных террас Гунибского плато // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. № 2. С.41-50. DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12-2-41-50.
5. Идрисов И.А., Борисов А.В., Муртазалиев Р.А. Сельскохозяйственные террасы как фактор изменения экосистем Восточного Кавказа. Материалы V Всероссийской конференции «Динамика экосистем в голоцене». М., 2019. С.120-123.
6. Общая гидрология (гидрология суши) Богословский Б.Б., Самохин А.А., Иванов К.Е., Соколов Д.П. Ленинград. 1984г. 426с.
7. Цыпленков А.С. Формирование стока взвешенных наносов в бассейнах малых горных рек: общие закономерности и региональные особенности. Дисс. канд. геогр. наук. 2019. 160с.

УДК: 551.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-47-51

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ,  
ПРОТЕКАЮЩИХ У С. ТАШКАПУР ЛЕВАШИНСКОГО РАЙОНА  
РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

*Сулейманов В.К., Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Алимагомедов А.А., Ахмедов А.М.  
Институт геологии ДФИЦ РАН*

В статье охарактеризованы экзогенные геологические процессы, протекающие у с. Ташкапур, вследствие геологической деятельности речки Барчума. Рассмотрено развитие речной (боковой) эрозии. Оценена степень опасности для населения.

*Ключевые слова:* экзогенные геологические процессы, боковая эрозия, эрозионные процессы, р. Барчума, с. Ташкапур, обвалы, осыпи.

SOME FEATURES OF EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES OCCURRING AT THE S.  
TASHKAPUR LEVASHINSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN

*Suleimanov V.K., Yusupov A.R., Mamaev S.A., Alimagomedov A.A., Akhmedov A.M.  
Institute of Geology DFRC RAS*

The article describes the exogenous geological processes occurring in the village of Tashkapur, due to the geological activity of the Barchuma river. The development of river (lateral) erosion is considered. The degree of danger to the population has been assessed.

*Keywords:* exogenous geological processes, lateral erosion, erosion processes, Barchuma river, Tashkapur village, landslides, scree.

На территории Республики Дагестан отмечается высокая пораженность экзогенными процессами. Наибольшей интенсивностью их развития характеризуется горная часть республики, где помимо оползней широко развиты сели, обвально-осыпные и другие процессы [1].

Экзогенным геологическим процессам, протекающим в Дагестане, посвящены многочисленные научные статьи, которые в основном исследуют оползневые процессы [3].

В данной статье рассматриваются эрозионные процессы, обусловленные геологической деятельностью речки Барчума у с. Ташкапур Левашинского района Республики Дагестан. Объект исследований – левый бортр. Барчума протяженностью до 400 м у с. Ташкапур. Целью исследований являлось оценка степени опасности для жителей с. Ташкапур со стороны размывающего борта реки. Выбор конкретного участка в качестве объекта исследований обусловлен опасным характером размыва берега у данного населенного пункта. Этот процесс остается наименее исследованным и специальных работ по его изучению ранее не проводились.

Среди экзогенных геологических процессов, приуроченных к долинам рек, выделяется боковая эрозия и тесно связанные с ней различные склоновые процессы: овражная эрозия, обвалы, осыпи. Боковая эрозия приводит к увеличению крутизны склона, снижению местных базисов эрозии и является основной причиной активизации склоновых процессов.

Речка Барчума протяженностью до 22 км относится к бассейну реки Казикумухское Койсу, являясь его правым притоком. Долина реки располагается в пределах абсолютных высот 880–1470 м. Высота у места впадения в Казикумухское Койсу – 880 м. Сток в речке наблюдается только в результате выпадения дождей и таяния снежного покрова. Большую часть года естественного стока в речке нет.

Как известно, различают эрозию донную и боковую, ведущую к подмыву берегов, а, следовательно, к расширению долины. На различных стадиях развития долины реки соотношения

донной и боковой эрозии изменялись. Донная эрозия преобладала на начальных стадиях, которая стремилась выработать профиль равновесия применительно к базису эрозии. Базис эрозии у р. Барчума совпадает с уровнем р. КазикумухскоеКойсу в месте его впадения.

Помимо развития донной эрозии в результате выработки профиля равновесия проявляется боковая эрозия по мере ослабления донной эрозии, усиливается боковая, направленная на подмыв берегов и расширение долины. Особенно сильно боковая эрозия проявляется во время паводков и паводков, когда скорость течения реки и турбулентность движения потока, являющийся основной причиной размыва дна и стенок русла, существенно увеличиваются. В результате боковой эрозии происходит образование и развитие излучин. Вблизи излучин поток существенно неоднороден. Возникший изгиб русла в дальнейшем растёт, увеличивается в высоту, его вогнутый берег подмывается во время каждого паводка. Разрушительная сила потока прямо зависит от средней скорости течения и степени турбулентности [4]. Активную разрушительную работу р. Барчума производит главным образом во время паводков после продолжительных, а также сильных атмосферных осадков, когда несет от средней до сильной мощности потоки водокаменного и грязевого составов. Питание р. Барчума полностью зависит от количества выпадающих атмосферных осадков.

Наиболее неустойчивым является левый борт р. Барчума (рис.1) у с. Ташкапур протяженностью до 400 м и в 230 м от базиса эрозии, представляющий собой первую надпойменную террасу реки.

Терраса представляет ступенчатую форму рельефа, протянувшуюся вдоль левого склона долины р. Барчума. У каждой террасы различают: площадку, уступ, бровку и тыловой шов. Тыловой шов террасы примыкает к основанию антиклинального поднятия, расположенного с северной стороны с. Ташкапур. Террасовая площадка застроена жилыми домами и простирается до бровки, представленная резким обрывом-уступом высотой 20-50 м и длиной 350-400 м (рис.1).



Рис. 1. Вид на левый борт р. Барчума у с. Ташкапур

В геологическом строении (рис.2) исследованного объекта принимают участие коренные породы нижнего мела ( $K_1$ ), представленные отложениями готерива, перекрытые сверху аллювиально-делювиальными слабо сцементированными осадочными образованиями четвертично-

го времени (Q). Здесь четко видна граница между отложениями: верхний - четвертичный, представленный довольно монотонной толщей щебнисто-галечниковых отложений с супесчаным заполнителем и нижний – меловой, представленный аргиллитами с прослойками алевролитов и песчаников.



Рис. 2. Геологический разрез объекта исследования

По своему строению террасу можно отнести к цокольному (эрозионно-аккумулятивному, смешанному) типу, состоящему из коренных пород, сверху прикрытых маломощным аллювием, поверхность цоколя – горизонтальная.

В тектоническом плане исследованный участок расположен на юго-западном крыле Хаджалмахинского синклиналиного прогиба [2].

В результате эрозионной деятельности речки в рыхлых аллювиально-делювиальных отложениях, перекрывающих коренные породы нижнего мела, образовался почти вертикальный обрыв, который со временем постепенно обрушивается. За счет плоскостного стока дождевых и талых вод с поверхности террасы, а также стоков хозяйственно-бытовой жизнедеятельности жильцов на поверхности склона-обрыва образовались эрозионные борозды и рытвины (рис.3).

Значительный уклон склона-обрыва, почти вертикальный, обуславливает высокую энергию потоков, стекающих по нему, которые по пути движения подхватывают значительное количество обломочного материала и дополнительно подтачивают склон-обрыв.

Интенсивность боковой эрозии зависит от угла подхода стержня потока к берегу. У исследованного борта р. Барчума отмечается наибольшая скорость размыва берега, где к нему прижимается стрежень паводкового потока.

Размываемость толщ горных пород является важнейшим фактором, определяющим интенсивность эрозионных процессов, которую принято оценивать по допускаемым неразмывающим скоростям (ДНС) для каждой разновидности пород в зависимости от их физико-механических свойств. Согласно СП 100.13330.2016. Свод правил. Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85 «за ДНС потока принимается

наибольшее значение средней скорости течения воды, при котором поток не может вызвать недопустимого для нормальной эксплуатации сооружения размыва (разрушения) русла». Как отмечалось выше большую часть года естественного стока в речке нет. Свою разрушительную деятельность она проявляет только во время паводков после ливней и интенсивных продолжительных атмосферных осадков. Гидрологических исследований на речке во время пика паводка и его затухания не проводились и характеристики (скорость течения, уровни воды, ширина потока) не измерялись, что весьма затрудняет определение величины размыва горных пород на данном участке. Этому же способствует сползание обвально-осыпных масс в русло реки в процессе выветривания, их скапливание там и последующий размыв потоками паводка. Косвенным критерием для оценки скорости боковой эрозии может являться высота эрозионно-обвального уступа (20-50м) на исследованном участке (скорость размыва выше, чем выше уступ).



Рис. 3. Эрозионные борозды и рытвины на склоне-обрыве

Эрозионные (обвально-осыпные) процессы, развивающиеся на хозяйственно освоенной территории, приводят к различным неблагоприятным последствиям. В зоне активного взаимодействия обвально-осыпных процессов с руслом р. Барчума, распространяющихся вдоль уступа надпойменной террасы, расположены жилые дома (рис.1,2,3). После обильных продолжительных дождей в марте 2019г. произошла активизация эрозионных процессов в виде обвала, вследствие чего образовался субвертикальный обрыв с захватом легких построек, примыкающих к домостроениям (рис.4).

Подмыв подошвы уступа в коренных породах, вследствие боковой эрозии, и переувлажнение поверхностных четвертичных отложений нарушало динамическое равновесие склона и способствовало продвижению основной стенки срыва в сторону домостроений.

Эрозионная деятельность в геологическом времени р. Барчума привело к образованию U-образной долины с. Ташкапур с крутым склоном-обрывом, на котором активно проявляются обвально-осыпные процессы.



Рис. 4. Вид на обвалившиеся постройки

Возникновение обвалов происходит по причине нарушения баланса между удерживающими силами и силой тяжести в результате эрозионных процессов, факторов жизнедеятельности проживающих людей (утечки из водонесущих коммуникаций). Становится актуальным и проявление площадной эрозии за счет планировки и застройки территории. Свое влияние оказывают неотектонические подвижки.

Прослеживается зависимость процессов боковой эрозии от климатических факторов, влияющие на активизацию склоновых процессов на исследованном участке у с. Ташкапур.

### Литература

1. Шамурзаева Д.А. История изучения и основные особенности развития оползневого процесса на территории Республики Дагестан. Разведка и охрана недр. 2012. № 10 С. 10-14.
2. Акаев Б.А. и др. Геология и полезные ископаемые Дагестана. Махачкала, Даг. кн. изд-во, 1976. С. 87.
3. Акаев Б.А., и др. Геология и полезные ископаемые Дагестана. Махачкала, Даг. кн. изд-во, 1976. С. 87.
4. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Магомедов Р.А. Оползневые процессы в Дагестане в 21 веке. Труды института геологии ДНЦ РАН, 2015. № 64. С. 155-159.
5. Ларионов Г.А., Гендугов В.М., Добровольская Н.Г., Литвин Л.Ф. Механизмы боковой эрозии в склоновых ручьях. Почвоведение. 2008. № 3. С. 330-337.

УДК: 553.57

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-52-56

## ИЗУЧЕНИЕ КРЕМНИСТЫХ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ДАГЕСТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛЛАСТОНИТ СОДЕРЖАЩЕЙ КЕРАМИКИ И КАК МИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА В ЦЕМЕНТ

*Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К.,  
Мамаев А.С., Юсупов З.А.*

*Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала*

Кремнистые цеолитсодержащие породы Дагестана, в соответствии с результатами лабораторно-технологических исследований, рассматриваются как сырье для производства строительных материалов. Цеолитсодержащие породы пригодны для использования в качестве добавки в портландцемент, что позволит экономить цементный клинкер в процессе производства и улучшить качество цемента; Эти породы также пригодны для использования в качестве добавки в монтмориллонитсодержащую глину для получения керамики и улучшения его физико механических свойств. Аналитические исследования цеолитсодержащих пород (рентгенографический количественный фазовый анализ; химический анализ с определением аморфного SiO<sub>2</sub>; дифференциально-термический анализ и лабораторно-технологические испытания выполнены ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»

Опал-кристобалит-тридимитовая фаза наряду с цеолитами являются природными сорбентами и характеризуются физико-химическими свойствами, которые существенно дополняют и расширяют спектр физико-химических показателей породы и, в конечном итоге, определяют технологические свойства, качество цеолитового сырья и возможные области его применения

*Ключевые слова:* Кремнистые породы, карбонатные породы, глины, ОКТ, цеолиты, цемент, керамика, Левашинская площадь, Рубасчайская площадь.

## STUDY OF SILICIAN ZEOLITE-CONTAINING ROCKS OF DAGESTAN FOR OBTAINING WOLLASTONITE-CONTAINING CERAMICS AND AS A MINERAL ADDITIVE TO CEMENT

*Yusupov A.R., Cherkashin V.I., Mamaev S.A., Ibaev Zh.G., Suleimanov V.K.,  
Mamaev A.S., Yusupov Z.A.*

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

Siliceous zeolite-containing rocks of Dagestan, in accordance with the results of laboratory and technological studies, are considered as raw materials for the production of building materials. Zeolite-containing rocks are suitable for use as an additive in Portland cement, which will save cement clinker during production and improve the quality of cement; These rocks are also suitable for use as an additive in montmorillonite-containing clay to produce ceramics and improve its physical and mechanical properties. Analytical studies of zeolite-containing rocks (X-ray quantitative phase analysis; chemical analysis with the determination of amorphous SiO<sub>2</sub>; differential thermal analysis and laboratory and technological tests were carried out by the Federal State Unitary Enterprise "TsNIIgeolnerud"

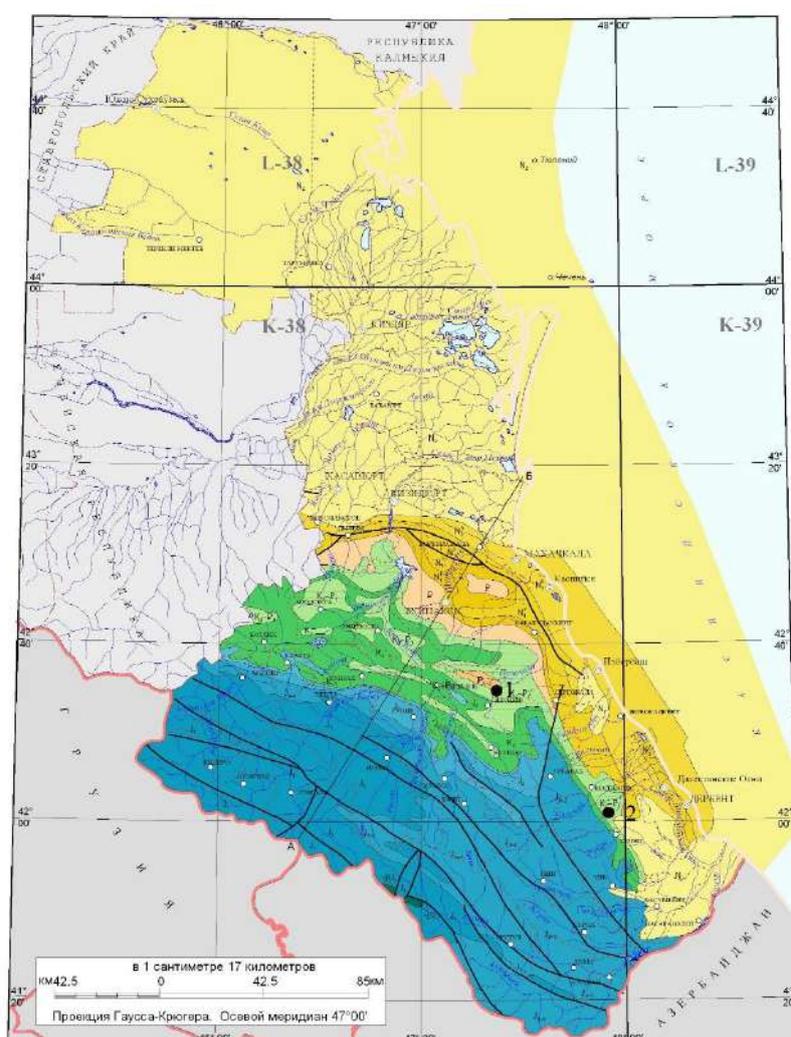
*Key words:* siliceous rocks, carbonate rocks, clays, OCT, zeolites, cement, ceramics, Levashinsky area, Rubaschay area.

Широкое распространение на территории Республики Дагестан имеют *кремнисто карбонатные породы*, в которых суммарное содержание цеолитов и ОКТ (Опал-кристобалит-тридимит) превышает 45%, а содержание кальцита выше 30%. Породы, слагающие полезную толщу (по крайней мере, ее большую часть), литологически соответствуют известнякам опоконидным и сильно кремнеземистым, цеолитсодержащим (10-15% цеолитов) и цеолитовым (40% и более), слабо окварцованным и слабоглинистым. Однако от чистых известняков их отличает низкое значение собственно кальцитовой части - зачастую менее 50%. Поэтому в данном случае разрез полезной толщи определяется как «сложенный кремнисто-карбонатными цеолитсодержащими породами» [12, 13].

На других участках региона такие породы проявлены в ограниченном объеме. Впервые эти породы Дагестана нами рассматриваются как сырье для получения керамики и добавки в портландцемент. Это имеет большое значение для республики и других регионов России при современном растущем объеме строительства разных зданий и сооружений [10].

Подсчитанные прогнозные ресурсы, их лабораторно-технологические свойства свидетельствуют о возможности создания прочной минерально-сырьевой базы и строительства крупных комплексов по добыче и переработке цеолитов и кремнистых пород в Левашинском (Левобережный и Правобережный участки) и Табасаранском (участок Дюбек) районах Республики Дагестан (рис. 1).

Вопрос создания минерально-сырьевой базы цеолитов в европейской части России является весьма актуальным. Одной из наиболее перспективных с геологической точки зрения является территория Северного Кавказа и юга Русской платформы [1, 8, 9, 11, 14].



- 1. Участок Леваша
- 2. Участок Дюбек

Рис.1. Геологическая карта Дагестана

Для проведения лабораторно-технологических испытаний предоставлены четыре пробы кремнистого сырья данных участков (№№1, 2, 3, 4) для определения возможности их применения в качестве активной минеральной добавки в цемент.

Содержание ОКТ-фазы цеолитов составляют, соответственно, 39%; 41%; 59%; и 31%.

Для проведения лабораторно-технологических испытаний пробы были предварительно раздроблены на щековой дробилке ДГЩ100×60 до размера частиц менее 5 мм, усреднены и высушены в сушильном шкафу марки СНОЛ 2,5×2,5×2,5/2 при температуре 100-105°C в течение 12 часов. Последующее тонкое измельчение (помол) производилось в центробежном истирателе ЦИ-200 до полного прохождения частиц через сито № 008.

Подготовленные пробы кремнистых пород вводились в товарный бездобавочный портландцемент марки «400» в количестве 10%, 20% и 30%. По стандартной методике изготавливались лабораторные цементные образцы и определялись прочностные характеристики. Наибольший прирост прочности для проб №№ 1 и 2 достигается при содержании добавки 10% (прочность при сжатии увеличилась соответственно на 10,6% и 6,6%); для проб №№ 3 и 4 – при содержании добавки 20% (прочность при сжатии увеличилась, соответственно, на 11,8% и 7,2%). Добавка в цемент материала пробы № 3 увеличивает его марку с 400 до 550. Таким образом, наибольшее повышение марочности цемента до значения «550» достигнуто при добавлении в него породы с наибольшим значением кремнеземистости (59% у пробы № 3) в количестве 20%. Добавка материала проб №№ 1, 2 и 4 с суммой цеолиты и ОКТ 31–41% позволяет получить цемент с наибольшей маркой «500». Результат испытаний закономерен, поскольку марка цемента напрямую зависит от содержания вводимой в него добавки активных фаз – опалкристиобалит–тридимита.

Таким образом, кремнистые породы участка Леваша пригодны для использования в качестве добавки в портландцемент, что позволит экономить цементный клинкер в процессе производства и улучшить качество самого цемента.

Современные технологии применения цеолитсодержащих пород для получения волластонитсодержащей керамики, в основном заключаются в измельчении этих пород совместно с глинами различного состава и дальнейшей термической обработке [4, 5, 6, 7].

Работы по получению облицовочной плитки, отвечающей требованиям ГОСТ 6141-91 «Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен», ГОСТ 6787-2001 «Плитки керамические для полов. Технические условия», ГОСТ 13996-93 [2, 7] «Плитки керамические фасадные и ковры из них», проводились на материале проб №2, 3, 4. В связи с этим испытания проводились в варианте возможного использования этих пород в качестве добавки в керамическую шихту для облицовочной керамики. В качестве глинистого компонента в шихту добавлялась среднепластичная полиминеральная глина Дарвагчайского месторождения Республики Дагестан.

Цеолитсодержащая порода исследовалась как технологическая добавка при получении керамического кирпича способом пластического формования. В полиминеральную кирпичную глину Дарвагчайского месторождения Республики Дагестан порода вводилась в количестве 10, 20 и 30%.

Глина Дарвагчайского месторождения имеет следующий химический состав: SiO<sub>2</sub> – 64,62% (в том числе кварца 27,91%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 13,60%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,59%, CaO – 2,61%, MgO – 2,05%, Na<sub>2</sub>O – 1,20%, K<sub>2</sub>O – 1,82%, SO<sub>3</sub> – 0,07%, ппп – 6,92%. Содержание монтмориллонитового компонента составляет 35%. Глина является умереннопластичной (число пластичности равно 14,0), среднедисперсной (содержание частиц размером менее 1 мкм составляет 46,1%), высокочувствительной к сушке [3].

Лабораторные образцы-балочки размером 160×40×40мм формовались путем набивки в специальную форму. Высушенное глинистое сырье после дробления на дробилке ДГЩ-160×100 замачивалось до необходимой формовочной влажности (22,9-25,8%). После 1-суточной выдержки из глиномассы формовались образцы. Сушка образцов осуществлялась в помещении лаборатории на стеллажах, затем в сушильном шкафу при температуре 35–100°C. Режим обжига был аналогичен режиму обжига образцов полусухого прессования.

При этом физико-механические характеристики волластонитсодержащих керамических материалов несколько улучшаются. Заметно возрастает значение прочности при изгибе (с 2,0МПа до 5,7 – 10,4МПа), снижается воздушная (с 10,4% до 8,0–9,5%) и общая (с 11,7% до 8,9 – 10,5%) усадка. Водопоглощение незначительно увеличивается (с 9,5% до 11,3 – 14,9%), что является следствием повышенной пористости образцов.

Низкая прочность при изгибе образцов, отформованных из исходной глины Дарвагчайского месторождения, объясняется наличием в образцах обжиговых трещин. Одной из причин их образования может быть повышенное содержание в глине монтмориллонитового компонента.

Прочность образцов при сжатии при применении добавок уменьшается (с 42,2 до 22,5–35,9МПа). Следует отметить, что керамические образцы из исходной глины имеют высокое значение прочности при сжатии. При добавке 10-30% исследуемых пород в Дарвагчайскую глину значение прочности остается достаточно на высоком уровне и из такой двухкомпонентной смеси можно прогнозировать получение стандартного кирпича марки 100 и выше.

Результаты исследования сырья проб №№2, 3 и 4 показали, что оно также может применяться в качестве технологической добавки при производстве керамического кирпича методом пластического формования.

Глина Дарвагчайского месторождения относится к группе неспекающегося сырья. При температуре обжига 1150<sup>0</sup>С образцы вспучиваются и их средняя плотность снижается до значения 1,81г/см<sup>3</sup>. Добавка в глину цеолитсодержащих пород позволяет устранить явление вспучивания и двухкомпонентные смеси классифицируются как сильноспекающееся сырье. В зависимости от температуры спекания исследуемое сырье относится к группе сырья среднетемпературного спекания.

Керамические лабораторные образцы, полученные из двухкомпонентных сырьевых шихт, имеют удовлетворительный внешний вид, в то время как керамика из исходной глины имеет обжиговые трещины. Формование и обжиг изделий проводились по вышеописанной методике.

Физико-механические характеристики образцов приведены в таблице 1. Полученные данные свидетельствуют об положительном влиянии сырья проб №№2, 3 и 4 используемых в качестве технологических добавок, на свойства керамики.

Также значительно возрастает значение прочности при изгибе (с 2,0МПа до 4,7–11,5 МПа), снижается воздушная (с 10,4% до 7,8–11,3%) и общая (с 11,7% до 8,7–12,3%) усадка. Водопоглощение незначительно увеличивается (с 9,5% до 10,75–15,44%).

Прочность образцов при сжатии при применении добавок уменьшается (с 42,2 до 19,6–37,3 МПа). Исключение составляет проба №3. При ее 10% добавке прочность при сжатии незначительно возрастает (на 1,4 МПа).

Таблица 1

Физико-механические свойства обожженных образцов

№ п/п	Природа и содержание добавки	Линейная усадка, %		Водопоглощение, %	Прочность, МПа	
		Воздушная	Общая		При сжатии	При изгибе
1	-	10,4	11,7	9,57	42,2	2,0
2	10% 2	9,3	10,2	11,56	36,8	6,8
3	20% 2	8,7	9,5	13,10	29,4	7,9
3	30% 2	8,2	9,0	15,44	19,6	9,3
4	10% 3	9,9	10,8	11,27	37,5	6,4
5	20% 3	8,1	9,6	12,95	30,1	8,0
5	30% 3	7,8	8,7	15,10	26,4	11,9
6	10% 4	11,3	12,3	10,75	43,6	4,7
7	20% 4	9,9	11,0	12,51	37,3	7,2
7	30% 4	8,7	9,4	14,07	26,2	11,5

Таким образом, кремнистые цеолитсодержащие породы Дагестана пригодны для использования в качестве добавки в портландцемент, что позволит экономить цементный клинкер в процессе производства и улучшить качество самого цемента, а также для получения волластонитсодержащей керамики путем их добавления в монтмориллонитсодержащую глину.

### Литература

1. Гусейханов С.М., Юсупов А.Р., Абдуллаев М.Ш., Черкашин В.И. Геологическое строение юго-восточной части Горного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 34-40.
2. Конюхова Т.П., Дистанов У.Г. Технологическая классификация смешанных кремнистых цеолитсодержащих пород. // Разведка и охрана недр. – 2000. – №9. – С. 45–46.
3. Куковский Е.Г. Особенности строения и физико-химические свойства глинистых минералов. – Киев: Наукова Думка, 1966. – 132 с.
4. Мороз И.Н. Технология строительной керамики. – Киев: Виша школа, 1972. – 416 с.
5. Наумов М.М., Кашкаев И.С., Буз М.А., Шейнман Е.Ш. Технология глиняного кирпича. – М.: Стройиздат, 1959. – С. 16.
6. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. – М.: Стройиздат, 1977. – С. 19, 58.
7. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. – М.: Стройиздат, 1974. – С. 41, 228.
8. Талпа Б.В., Агарков Ю.В., Бардин Ю.Ю. Кремнистые породы – новая сырьевая база стройиндустрии Северного Кавказа //Разведка и охрана недр. – 1992. – №11. – С.12–14.
9. Хардигов А.Э. Цеолиты Северного Кавказа. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2005. – 224 с.
10. Экономическая энциклопедия регионов России (том Дагестан) /Авторы [Х. У. Абасова и др.]; Гл. ред. Шамхалов Ф. И. [и др.]; Редкол. тома: Ю. Н. Сагидов (гл. ред.) [и др.]. Твёрдые полезные ископаемые – рудное, нерудное сырьё. Издательство-Экономика. Коллективная монография. Махачкала. 2009. 551 с.
11. Юсупов А.Р., Мацапулин В.У., Гладких Н.А., Исаков С.И. Урминская синклиналь: вопросы происхождения и полезные ископаемые // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск 52. 2008. С. 40-43.
12. Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Алхулаев К.Г. Геолого-генетическая и прогнозно-поисковая модель месторождения цеолитов и цеолитсодержащих пород Нагорного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск 64. Махачкала, 2015. С.132-137.
13. Юсупов А.Р. Черкашин В.И., Мацапулин В.У. Экспозиция кремней музея Института геологии ДНЦ РАН //Альманах-7, Музеи Российской академии наук, М., «Научный мир», 2007, С.23-28.
14. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Юсупов З.А., Мамаев А.С. Исследование цеолитсодержащих кремнистых пород Дагестана для получения минеральной добавки в цемент. // Вестник геонаук. – 2021. – №10(322). – С. 42–46.

УДК 666.974.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-57-62

## ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖАРСТОЙКОГО БЕТОНА НА КРЕМНЕЗЕМИСТОМ ПОЛИСИЛИКАТНАТРИЕВОМ КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ

*Тотурбиев<sup>1</sup> Б.Д., Тотурбиев<sup>2</sup> А.Б.*

<sup>1</sup> *Институт геологии ДФИЦ РАН,*

<sup>2</sup> *ООО «Научно-производственное предприятие»*

Приведены результаты dilatометрических исследований жаростойкого бетона на кремнеземистом полисиликатнатриевом композиционном вяжущем, определяющие стабильность деформативных свойств бетона до высоких температур, обусловленные физико-химическими процессами, которые подтверждаются рентгенографическими и дифференциально-термическими исследованиями.

*Ключевые слова:* dilatометрические, рентгенографические и дифференциально-термические исследования, жаростойкий бетон, кремнеземистое полисиликатнатриевое композиционное вяжущее.

## DILATOMETRIC STUDIES OF HEAT-RESISTANT CONCRETE ON SODIUM POLYSILICATE COMPOSITE BINDER

*Toturbiev<sup>1</sup> B.D., Toturbiev<sup>2</sup> A.B*

<sup>1</sup> *Institute of Geology DFRC RAS,*

<sup>2</sup> *LLC Scientific and Production Enterprise*

The results of dilatometric studies of heat-resistant concrete based on siliceous polysilicate sodium composite binder are presented, which determine the stability of the deformation properties of concrete up to high temperatures, due to physical and chemical processes, which are confirmed by X-ray and differential thermal studies.

*Keywords:* dilatometric, X-ray and differential thermal studies, heat-resistant concrete, siliceous polysilicate sodium composite binder.

В процессе нагревания в жаростойком бетоне в различных температурных интервалах происходят физико-химические процессы, связанные с дегидратацией вяжущего, образованием новых химических соединений, полиморфными превращениями, каталитической или термической полимеризацией, диффузионным или жидкостным спеканием [3].

Известно[1-4], что основным требованиям к жаростойким бетонам является постоянство объема, усадка представляет собой наибольшую опасность для них и зависит от многих факторов в частности, от расхода и вида вяжущего (матрицы), вида и гранулометрического состава заполнителя, условий твердения, водовяжущего отношения и т.д.

Дополнительной линейной усадкой, а также ростом жаростойких бетонных изделий, как известно, называют необратимые изменения их размеров в результате нагревания при высоких температурах [6]. Наряду с необратимыми изменениями размеров в результате нагревания при высоких температурах жаростойких бетонов определенное значение имеет обратимое термическое расширение, характеризующееся температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР).

Значения ТКЛР определяют различными методами – рентгеновским, dilatометрическим и др.. Коэффициент линейного расширения исследуемого жаростойкого бетона определяли dilatометрическим методом, который позволяет учитывать не только расширение чистых оксидов - основного компонента бетонной композиции, но и изменение объема при образовании новых фаз в результате химических реакций между композиционным вяжущим и заполнителем.

ТКЛР композиционных материалов определяют, чтобы выявить термическую совместимость компонентов многокомпонентных бетонных смесей, как фактора, влияющего на образование трещин. Правильный учет ТКЛР позволяет повысить надежность слоистых конструкций и конгломератных материалов, работающих в условиях переменной температуры [1].

Исследования проводились на относительных кварцевых дилатометрах ДСК-900 которые позволяют изучать образцы как в стационарных, так и в динамических режимах при температурах до 900°C с допускаемой погрешностью  $\Delta\alpha = 3 \cdot 10^{-7} \text{K}^{-1}$ .

Измерялось удлинение (сжатие) образца при температурах до 900°C в динамическом режиме. Измерения проводились как на предварительно нагретых до высоких температур образцах, так и на не нагретых образцах при первом нагреве, а также при последующих нагревах. При этом испытывали по три образца жаростойкого бетона одной марки. Образцы имели форму прямоугольного параллелепипеда высотой 7-10мм и основанием 6х6мм.

По полученным значениям относительного удлинения исследованных образцов жаростойкого бетона вычисляли интегральные значения ТКЛР по формуле  $\alpha = \frac{\epsilon_i - \epsilon_1}{t_i - t_1}$  и дифферен-

циальные значения по формуле:  $d\alpha = \frac{\epsilon_{i-1} - \epsilon_i}{t_{i-1} - t_i}$ .

Под интегральными значениями ТКЛР здесь подразумеваются абсолютные его значения во всем диапазоне от исходной температуры до заданной, а под дифференциальными - приращение значений ТКЛР в двух последующих испытаниях.

Как известно, температурный коэффициент линейного расширения заполнителя для жаростойких бетонов имеет большое значение, ибо одна из причин снижения прочности бетона при первом нагревании - дополнительные напряжения, возникающие из-за разных значений деформаций цементного камня и заполнителей [1]. В связи с этим представляют интерес поиски возможности уменьшить резкие отличия ТКЛР матрицы и заполнителя, т.е. найти способ или материал, играющие роль мостика, способствующего плавному изменению деформации заполнителя и матрицы без образования трещин.

С этой целью для сближение температурных коэффициентов линейного расширения заполнителя и матрицы в состав исследуемого бетона мы вводили кварцит (учитывая его большую способность расширять) в тонкоизмельченном виде путем совместного помола с безводным силикатом натрия состава 80:20, % по массе соответственно, до удельной поверхности 3000 см<sup>2</sup>/г с последующим перемещиванием и растворением тонкомолотых частиц безводного силиката натрия в кремнезоле для получения кремнеземистого полисиликатнатриевого композиционного вяжущего. При этом предполагалась, возможность уменьшения числа мелких трещин в бетоне, а также повышения реакционной способности кварцита по отношению к безводному силикату натрия при низких и высоких температурах. Кроме того, возможно, что усадочные явления, возникающие в вяжущем, будут компенсировать расширение огнеупорного заполнителя.

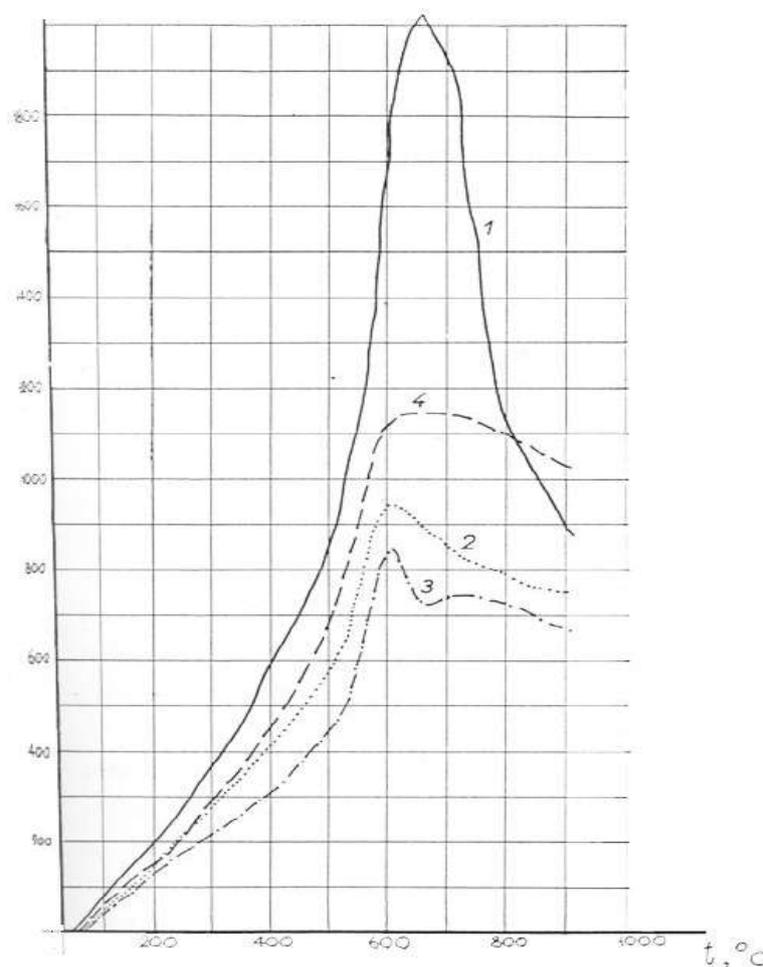
Дилатометрические исследования жаростойкого бетона на кремнеземистом полисиликатнатриевом композиционном вяжущем проводились нами при первом, втором и третьем нагревании, а также при первом нагревании образца, предварительно нагретого при 900°C в течение двух часов. Зависимость значений относительного удлинения от температуры показана на рис.1. При первом и повторном нагревах необожженного образца и первом нагревании обожженного образца жаростойкого бетона от 20 до 500°C относительные удлинения составляют соответственно, % : + 0,87; + 0,59%; + 0,46 и + 0,71. Затем от 500 до 600°C при первом и повторных нагревах необожженного и первом нагреве обожженного образца наблюдаются резкие расширения его, составляющие соответственно, %: + 1,78, + 0,95; + 0,85 и + 1,13. При последующих нагреваниях дальнейшее расширение до 630°C характерно только для первоначально-

го нагревания исходного образца и составляет + 2,02, и затем до 900 °С происходит резкая его усадка + 0,88%, а при повторных нагреваниях необожженного образца и первом после обжига нагревании сразу после 630 °С наблюдается плавное сжатие до 900 °С и, соответственно, на + 0,75; + 0,67 и + 1,03.

Из анализа графиков зависимостей относительного удлинения от температуры (рис.1.) видно, что при повторном нагреве значение относительного удлинения уменьшается при каждом последующем нагреве по сравнению с предыдущим во всем исследуемом интервале температур. Особенно резко оно уменьшается при 600°С когда происходит максимальное расширение.

Однако для обожженного образца при первом нагревании значения относительного удлинения во всем интервале температур выше значений, соответствующих второму, третьему нагреванию, но ниже результатов первого нагревания.

$\varepsilon \cdot 10^{-6}$



1 - первый нагрев; 2,3 - повторный нагрев (второй и третий); 4 - первый нагрев образца после обжига.

Рис.1. Зависимость относительной деформации жаростойкого бетона на кремнеземистом полисиликатнатриевом композиционном вяжущем от температуры.

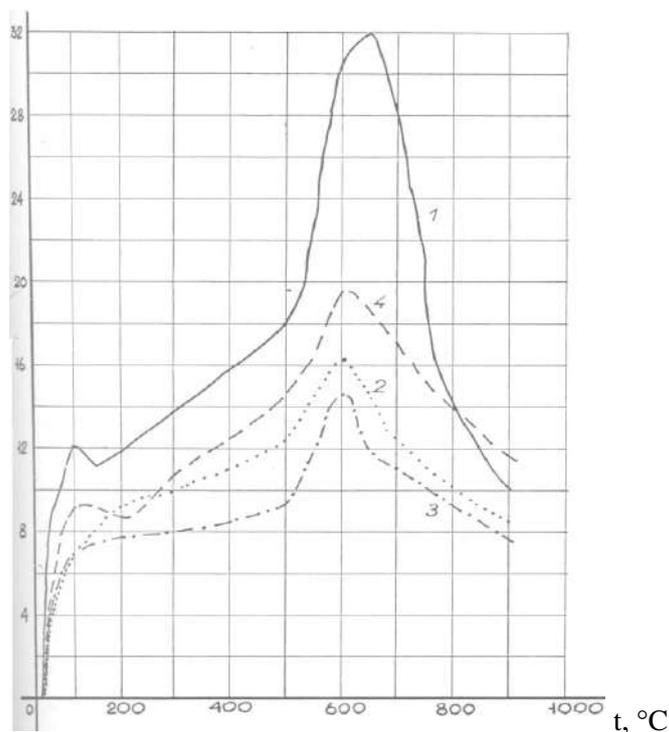
Установлено [1,7]., что при первом нагревании температурный коэффициент линейного расширения значительно меньше, чем при повторном. Это объясняется влиянием усадки на абсолютную величину расширения и означает, что при нагревании усадка превосходит абсолютную величину расширения бетона.

Известно, что усадка будет минимальной в основном тогда, когда матрица (композиционное вяжущее) после технологических операций (в основном после формования и сушки) стабильна до высоких температур. В этом случае абсолютные значения расширения при заданных температурах больше усадки при этой температуре, т.е. бетон технологически правильно изготовлен и количество матрицы в нем достаточно для связывания частиц в межзерновом пространстве при плотной укладке частиц. При этом случае основные свойства жаростойких бетонов, такие как прочность, деформативность и термостойкость, возможно, определяются величиной ТКЛР. Если же усадка жаростойких бетонов больше, чем значение абсолютного расширения, т.е. расширение не может компенсировать усадку, то усадка оказывает отрицательное влияние как на бетон, так и на готовую конструкцию.

Рассмотрим теперь возможность определения усадки в жаростойком бетоне на базе дилатометрических данных, т.е. в основном из графических зависимостей интегральных значений ТКЛР от температуры. Из рис.2. видно, что абсолютные значения ТКЛР при повторном нагреве во всем температурном интервале испытания меньше значений ТКЛР при первом нагревании. Такое явление возможно только при меньшей усадке и больших абсолютных значениях ТКЛР бетона. Поэтому у жаростойкого бетона на кремнеземистом полисиликатнатриевом композиционном вяжущем преобладает расширение.

Из рис.3. видно, что дифференциальный ТКЛР при всех четырех случаях нагрева до  $100^{\circ}\text{C}$  фиксирует расширение образцов, и при первом нагревании для обожженного образца составляет  $+13,98 \cdot 10^{-6}$  и  $+14,74 \cdot 10^{-6}\text{C}^{-1}$ , а для второго и третьего равен соответственно  $+8,56 \cdot 10^{-6}$  и  $+8,76 \cdot 10^{-6}\text{C}^{-1}$ .

$\alpha \cdot 10^{-6}\text{C}^{-1}$



1 - первый нагрев; 2,3 - повторный нагрев (второй и третий); 4 - первый нагрев образца после обжига.

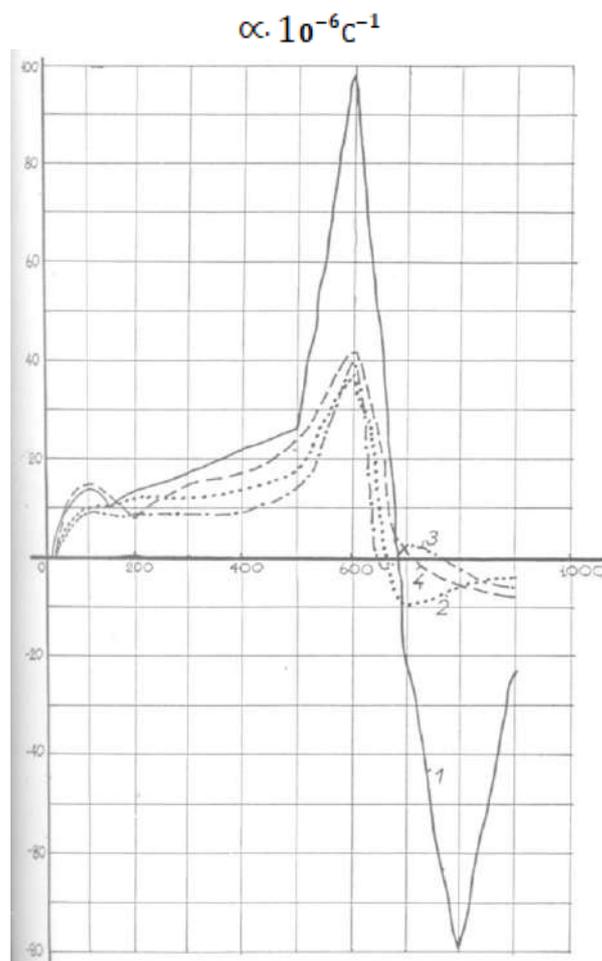
Рис. 2. Зависимость интегральных значений ТКЛР жаростойкого бетона кремнеземистом полисиликатнатриевом композиционном вяжущем от температуры

Небольшое сжатие от  $100^{\circ}\text{C}$  до  $150^{\circ}\text{C}$  при первом нагревании объясняется уплотнением геля полисиликата натрия при удалении физически связанной воды. Далее от  $150^{\circ}\text{C}$  до  $500^{\circ}\text{C}$

наблюдается плавное расширение, которое составляет соответственно при  $150\text{ }^{\circ}\text{C} + 10,44 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , а при  $500\text{ }^{\circ}\text{C} + 26,28 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Резкое расширение от  $500$  до  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  (при  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  оно равно  $+ 96,02 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) возможно вследствие перехода кварца из  $\beta$  в  $\alpha$ -модификацию, а также размягчения стеклофазы при температуре  $580\text{ }^{\circ}\text{C}$ . По данным работ [7,8] изменение объема при модификационных превращениях  $\beta \leftrightarrow \alpha$  составляет  $\pm 0,82\%$ .

С  $600$  до  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит сжатие бетона, и при  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  оно составляет  $- 80,17 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , что объясняется спеканием бетона на кремнеземистом полисиликатнатриевом композиционном вяжущем. Резкое расширение до  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $900\text{ }^{\circ}\text{C} - 23,99 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) подтверждается переходом  $\alpha$ -кварца и  $\alpha$ -тридимита. Изменение объема при этом составляет  $+ 16,1\%$ .

При повторных нагревах необожженного и первом нагреве обожженного образцов переход  $\beta \leftrightarrow \alpha$ -модификацию в интервале температур  $500$ - $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  является обратимым, причем ход кривой при первом нагревании обожженного образца при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  такой же, что и при первом нагревании необожженного образца, что объясняется  $\alpha \leftrightarrow \beta$  переходом тридимита, который не успевает завершиться при повторных нагреваниях, так как в этом случае образец очень мало выдерживается при  $800$ - $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и тридимит не успевает полностью образоваться. Это наблюдается также на рентгенограммах образцов, нагретых до  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в виде уменьшения интенсивностей линий кристаллического кварца, а на термограмме динас-кварцитового жаростойкого бетона в виде эндотермического эффекта при  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  [8]., следовательно, результаты dilatометрических определений соответствуют данным физико-химических исследований жаростойкого бетона кремнеземистом полисиликатнатриевом композиционном вяжущем.



1 - первый нагрев; 2,3 - повторный нагрев (второй и третий); 4-первый нагрев образца после обжига.

Рис.3. Зависимость дифференциальных значений ТКЛР жаростойкого бетона на кремнеземистом полисиликатнатриевом композиционном вяжущем от температуры.

Различные значения дифференциального ТКЛР необожженных и обожженных образцов в интервале от 700 до 900°C для первого-третьего нагревания объясняются неполнотой превращения  $\alpha$ -кварца в  $\alpha$ -тридимит.

Таким образом, dilatометрические исследования позволили установить: абсолютные значения ТКЛР больше величины усадки, а это означает, что количество матрицы в бетоне достаточно и она имеет стабильные свойства до высоких температур; деформативные свойства жаростойкого бетона которые обусловлены физико-химическими процессами в исследуемых интервалах температур, что подтверждается и рентгенографическими, дифференциально-термическими исследованиями бетона.

### Литература

1. Горчаков Г.И., Лифанов И.И., Терехин Л.Н. Коэффициенты температурного расширения и температурные деформации строительных материалов. - М.: Изд. комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1968. - 167 с.
2. Гузеев Е.А. Основы расчета и проектирования железобетонных конструкций повышенной стойкости в коррозионных средах. Дис... докт. техн. наук. М.: Госстрой СССР НИИЖБ, 1981. - 423 с.
3. Иотаутас К.П., Некрасов К.Д., Тарасова П.А. и др. Стойкие футеровки вагонеток туннельных печей. - Строительные материалы, 1973, № II.
4. Некрасов К.Д., Жуков В.В., Шевченко В.И. Исследования крупных блоков из жаростойкого бетона при одностороннем нагреве. Огнеупоры, 1967, №6, с. 21-26.
5. Ребью П. Вибрирование бетона. Практическое руководство. Пер. с французского. Под редакцией Файтельсона Л.А. - М.: Стройиздат, 1970. - 255 с.
6. Сычев М.М. Твердение вяжущих веществ. - Л.: Стройиздат. 1974, с.79.
7. Тарасова А.П. Жаростойкие вяжущие на жидком стекле и бетоны на их основе. - М.: Стройиздат, 1982. - 130 с.
8. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций. - М.: Стройиздат, 1988. - 208 с.

УДК 553.611; 666.974.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-63-73

## ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОМИНЕРАЛЬНЫЕ И ЖИВОПИСНЫЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ ПРЕДГОРНОГО, ТРЕТИЧНОГО ДАГЕСТАНА

*Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Юсупов З.А., Мамаев А.С., Алилова Г.А., Баркуева Л.С.  
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Проведены полевые работы по изучению геологических памятников природы области предгорного третичного Дагестана. Собран фотоматериал и изучено более 20 объектов. Исследованы геоморфологические, гидроминеральные и живописные памятники природы этой области, даны описания и научно-познавательные значения данных объектов.

*Ключевые слова:* геологические памятники природы, палеоген, неоген, типы памятников природы, третичные отложения, четвертичные отложения, песчано-глинистые отложения, карбонатные отложения.

## GEOMORPHOLOGICAL, HYDROMINERAL AND PAINTING MONUMENTS OF NATURE OF THE FOOTHILL, TERTIARY DAGESTAN

*Yusupov A.R., Mamaev S.A., Yusupov Z.A., Mamaev A.S., Alilova G.A., Barkueva L.S.*

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

Field work was carried out to study the geological monuments of nature in the area of foothill Tertiary Dagestan. Photo material was collected and more than 20 objects were studied. Geomorphological, hydro-mineral and picturesque monuments of nature of this area are investigated, descriptions and scientific and educational values of these objects are given.

*Key words:* geological monuments of nature, Paleogene, Neogene, types of natural monuments, Tertiary deposits, Quaternary deposits, sandy-argillaceous deposits, carbonate deposits.

Область Предгорного Дагестана простирается широкой полосой (25-50 км) от р. Аксай на западе, до р. Самур на юго-востоке. Эта полоса, имеющая восточное направление, на западе дугообразно поворачивается от р. Сулак (Дагестанского клина) на юго-востоке. Наибольшая ширина ее (50 км) достигается между рек Сулак и Манас-озень [2]. Средняя высота этой области находится в пределах 500-700 м. Морфологически она представляет собой полосу параллельных платообразных возвышенностей и хребтов, сложенных палеоген-неогеновыми и четвертичными отложениями. Невысокие горные хребты, плато и вытянутые поднятия чередуются с широкими речными долинами и неглубокими межгорными котловинами, такими, как Митлинская, Черкейская, Буйнакская, Талгинская, Карабудахкент-Параульская и Аджинаурская котловины. Доминирующим морфологическим элементом является Нарат-Тюбинский моноклиальный хребет, протяженностью 87 км от р. Сулак до р. Манас-озень. Он сложен пачками слоев песчаников и глин среднемиоценового возраста [4].

В структурном отношении в пределах этой области простирается вторая система антиклинальных зон – западная антиклинальная зона. Она состоит из структур: Селлинская, Гашинская, Балхас-Хунукская, Эльдамская и Аджинаурская. В опекальных частях этих структур обнажены палеогеновые и верхнемеловые отложения. В этой области, почти полностью сложенной неогеновыми песчано-глинистыми и карбонатными отложениями, резко выделяются две структуры: широкая и вытянутая по простиранию Эльдаманская антиклиналь и Талгинское куполовидное поднятие, сложенные известняками верхнего мела. Они по своей высоте выделяются в этой области. Все эти структуры осложнены разрывами со смещением разорванных частей. Много разнообразных геологических памятников природы, главным образом, стратиграфических, минералогических и геоморфологических типов [3].

**Геоморфологические памятники.**

**Бархан Сары-Кум (бархан желтого песка)** (фото 1) находится в Буйнакском районе у подножья Нарат-Тюбинского хребта на левом берегу реки Шура-Озень в 12 км к западу от г. Махачкалы. Этот феномен природы, на фоне серых песчаников Нарат-Тюбинского хребта и зеленого покрова растительности окружающей низменности, своим, светло-желтым цветом далеко виден со всех сторон. Бархан сложен мелко и средне-зернистыми кварцевыми эоловыми песками. Он достигает высоты 213 м над уровнем моря и возвышается над окружающей плоскостью более чем на 150 метров.



Фото 1. Бархан Сары-Кум

Образование этого крупного живописного бархана, связано с выветриванием и переотложением ветрами песков чекракского и караганского горизонтов среднего миоцена, которыми сложен возвышающийся над барханом Нарат-Тюбинский хребет. Основная масса песков, образующих бархан, уносится с внутренних склонов (бортов реки Шура-Озень) сильными ветрами, дующими из Буйнакской котловины, которые с особой силой концентрируются при проходе через узкое Кумторкалинское ущелье.

Эти сильные ветра, несущие песок, по мере выхода на простор равнины теряют свою силу. Особенно, это происходит при встрече поперечных ветров, дующих по плоскости, вдоль Нарат-Тюбинского хребта.

При этом песок, приносимый ветром из Кумторкалинского ущелья, оседает у выхода, наращивая бархан.

Сам бархан Сары-Кум под действием ветров разных направлений меняет свою конфигурацию, почти сохраняя свою высоту. Этот живописный уголок и редкий феномен природы с характерной фауной и флорой, подробно описанный многими авторами географической литературы, вызывает большой научный и эстетический интерес у туристов, учащихся и местного населения.

Поэтому, он утвержден, как участок Дагестанского заповедника и как памятник природы, имеет республиканское значение.

**Гийк-Салганское ущелье** находится в Буйнакском районе, в Талгинской котловине, в 19 км от г. Махачкалы (в 2,5 км к западу от курорта Тааги).

Гийк-Салганское ущелье представляет собой теснину, образованную в результате прорезания речкой Гийк-Салган северо-западного крыла куполовидной складки Кукур-Тау, сложенной белыми известняками верхнемелового возраста.

Эта узкая теснина с высокими бортами очень красива. Формы выветривания известняков по бортам теснины подобны батарее зубчатых башен грандиозной крепости (фото 2).



Фото 2. Скалы Гийк-Салганского ущелья

Здесь, на стене теснины оригинальные ниши выветривания, куда можно взобраться и сфотографироваться. Ущелье представляет собой интересный объект для совершения экскурсий отдыхающих на курорте, учащихся школ г. Махачкала и туристов.

Ущелье подлежит охране с целью сохранения форм рельефа – останцев и ниш выветривания в естественном виде.

Площадь, подлежащая охране равна, примерно, около 1 га.

**Гильярские глинистые карсты** находятся в Магармкентском районе у с. Гильяр.

На левом склоне долины р. Самур (у с. Гильяр), над дорогой Гильяр-Ахты возвышается уникальное, изумительно красивое обнажение глин акчагыльского яруса четвертичного времени (фото 3).

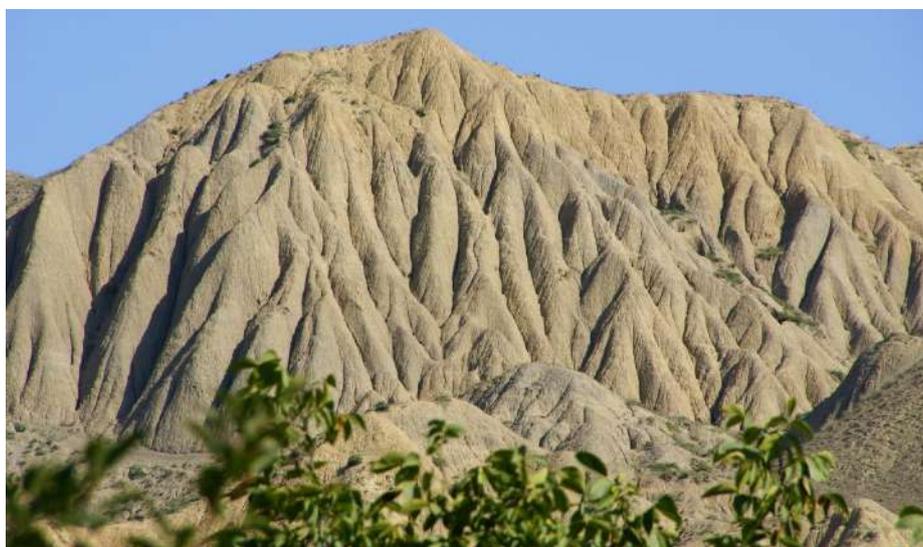


Фото 3. Бедленды у с. Гильяр.

В результате эрозионной деятельности, атмосферных вод по поверхности обнажения пластичных глин и карстообразования в самих глинах, образованы канавки, борозды размыва, провалы глинистого карста и другие причудливые формы выветривания, придающие живописный вид всему склону.

Это обнажение имеет исключительное эстетическое значение, как чудесное творение природы.

Обнажение подлежит сохранению в естественном виде. Охране подлежит площадь 5 га.

**Дербентские пещеры.** Многочисленные, но небольшие пещеры приурочены к песчано-глинистым и карбонатным отложениям в окрестностях г. Дербента, с.с. Джалган, Арабляр. Некоторые из них были описаны еще Анучиным (1884), а также М. К. Казанбиевым (1969-1975 гг). По данным М. К. Казанбиева определенный интерес представляют две пещеры, расположенные недалеко от крепостной стены Дербента, на правом склоне балки. Они имеют аркообразную форму, длина 13-25 м, высота 1,5-3 м, ширина 1-2,5 м. С потолка капает вода, образующая на полу лужи и натечные отложения в виде сталактитов (1-12 см) и натечков на стенах. В пещерах встречаются летучие мыши. Пещеры имеют учебное и эстетическое значение.

**Карабудахкентские пещеры** находятся в 3 км к юго-востоку от с. Карбудахкент, на левом склоне балки Хурсанкака, в верхнемеловых известняках. Здесь известны две сравнительно крупные карстовые пещеры. Первая из них расположена на высоте 80 м от основания склона. Она состоит из пяти гротов общей длиной 145 м. Пещера представляет собой сильно закарстованную тектоническую трещину, по которой известняки подверглись избирательному выщелачиванию с образованием четко видимых расширений – гротов или залов. Длина залов от 6 до 35 м, ширина от 1,5 до 7 м, высота 3-7 м.

Вторая пещера, аналогичная первой, с многочисленными залами и боковыми ответвлениями находится на том же уровне в 200 м к востоку от первой. Длина её составляет 71 м, а общая длина всех ходов 140 м. Пещеры эти подробно описаны М. К. Казанбиевым («Геология и полезные ископаемые Дагестана», глава «Карсты», Дагестанское книжное издательство, Махачкала 1976 г.)

**Куркентское плато** находится в Сулейман-Стальском районе между реками Чирах-чай – Гюль-геры-чай и Карчаг-су. Простирается с запада на восток (от с. Чилинар до с. Мамраш) более чем на 20 км и с юга на север (между долинами названных рек) – на 10 км.

Плато слабо понижается на северо-восток от 294,0 до 257,0 м. Оно сложено акчагыльскими и апшеронскими отложениями плиоцена. Акчагыльские отложения представлены песками, конгломератами и глинами мощностью до 320 м, а апшеронские отложения выражены галечниками и глинами мощностью до 300 м. Эти отложения хорошо обнажены и доступны для изучения по южному борту и по балкам, пересекающим борта плато.

Плато представляет интерес для изучения названных отложений и сопоставления с другими разрезами. Кроме того, Куркентское плато и другие места выходов названных отложений имеют большое научное значение для изучения истории геологического развития в плиоценовое время в Южном Дагестане.

**Марковское ущелье** находится в Буйнакском районе, на северо-восточном склоне Нарат-Тюбинского хребта, в 12 км к западу от г. Махачкалы.

Ущелье правого притока р. Шура-Озень здесь глубоко врезано в песчано-глинистую толщу среднего миоцена. В нижней (придонной) части теснина сужается. Причудливые скалы песчаников чокракского горизонта по бортам её, придают весьма живописный вид ущелью. Гладкие с поверхности, разных форм скалы, видимо, привлекали внимание и древнего человека, сделавшего наскальные надписи и рисунки (фото 4). Эти надписи и рисунки на скалах стали объектом исследований историков.



Фото 4. Наскальные рисунки в ущелье Маркова

У входа в это ущелье расположены красивые скалы: «Ракета», «Нарт» (фото 5), «Аждага», выделяемые некоторыми исследователями как самостоятельные живописные памятники природы. Много легенд об этом ущелье, собрал Булач Гаджиев в своей книге «Легенды и были Дагестана».



Фото 5. Скала «Нарт» в ущелье Маркова.

Печальным воспоминание остается то, что в 1920 году здесь бандитами зверски был убит крупный ученый – исследователь, большевик С. Д. Марков, изучавший надписи на скалах, в честь кого и названо – Марковское.

Этот замечательный уголок теперь является местом посещения туристов, эко курсантов и школьников.

Ущелье является живописным геоморфологическим памятником природы и имеет большое эстетическое и историческое значение.

Ущелье необходимо сохранить в естественном виде, сохранить наскальные надписи и причудливые скалы.

**Нарат-Тюбинский хребет** (фото 6) – передовой неогеновый (третичный) хребет. Простирается с северо-запада на юго-восток вдоль области Низменного Дагестана, от р. Сулак до р. Манас-озень. Отдельные отрезки этого хребта носят местные названия: от р. Сулак до р. Шура-озень – Атар-Гоше-Сырт, от Атлы-Боюнского (Буйнакского) перевала до р. Черкез-озень – хр. Нарат-Тюбинский и между рр. Черкез-озень и Манас-озень – хр. Канабурский.



Фото 6. Нарат-Тюбинский хребет.

Хребет состоит из ряда параллельных гряд песчаников среднемиоценового возраста с перемежающимися толщами глин того же возраста[1]. Нарат-Тюбинский хребет является первой высокой грядой, доминирующей над Северо-Дагестанской и Приморской равнинами. Средние высоты по хребту – 500-700 метров над уровнем моря. Песчаники, слагающие хребты, кварцевые, пригодны для производства стекла, формовки в литейном производстве, а также силикатного кирпича. Разведанные месторождения для названных производств: Серное, Султановское, Капчугайское, Черкез-озеньское и другие располагаются в пределах этого хребта.

Нарат-Тюбинский хребет как региональный и комплексный памятник природы имеет научное, практическое и эстетическое значение.

**Плато Тарки-Тау** (фото 7) – возвышенность слегка наклонена на север на западном берегу Каспийского моря, над городом Махачкала, доминирующая над побережьем.

В структурном отношении представляет собой останец синклинали складки, главным образом его юго-западное крыло, а от северо-восточного крыла осталась небольшая полоса, примыкающая к основной части складки. Останец северо-восточного крыла образует небольшую террасу над ссТарки, Кяхулай и Альбурикент (над г. Махачкала). Ниже этой террасы до г. Махачкала расположен террасированный склон древнего оползня.

Верхняя часть плато Тарки-Тау сложена верхнесарматскими известняками, чередующимися с прослойками мергелистых глин и песчаников, образующими отвесные обрывы. Эта толща карбонатно-терригенных пород залегает на мощную толщу песчаных и известняковистых глин среднего сармата, среди которых встречаются пласты жирных глин. Такими глинами сложены крутые склоны, окружающие плато Тарки-Тау, которые усеяны крупными глыбами и целыми массивами известняков, сползшими с верхней части.



Фото 7. Гора Тарки-Тау.

Такое геологическое строение обусловило морфологическое очертание плато Тарки-Тау и его окрестностей. Особенно следует отметить северо-восточный склон Тарки-Тау, где быстро разрушались карнизы известняков, под своей тяжестью ползли вниз по склону, придавая оползневую форму рельефа склону. Высшая точка г. Тарки-Тау на юго-западном крыле синклинали имеет абсолютную отметку 725 м, на 752 м возвышается над берегом Каспия и на 460 м над селением Агачаул (на юге г. Тарки-Тау).

Плато Тарки-Тау и её склоны покрыты мелколесом и кустарниками, среди которых встречаются деревья и кустарники кизила, шишек, барбариса и шиповника.

По своему геологическому строению, морфологическому очертанию, растительному покрову и географическому положению плато Тарки-Тау является уникальным комплексным памятником природы, местом массового посещения жителей города Махачкалы, а также многочисленных туристов. Поэтому оно объявлено памятником природы и имеется много проектов о благоустройстве его.

**Талгинская котловина** находится в предгорном Дагестане, в 15 км к югу от г. Махачкалы. Она опоясана невысокими (500-700м) хребтами: с севера и востока Нарат-Тюбинским, Канатурским и Пирджанбашским, с юга – хребтами Ташлы-бет, Кафыр-Кумухский, а с запада – водоразделом между Талгинской и Буйнакской котловинами (между хр. Ташлы-бет и Нарат-Тюбинским). Водоразделы этих хребтов сложены песчаниками чокракского горизонта миоцена.

В центре котловины, примыкая к западному борту, расположено куполовидное поднятие Кукурт-Тау высотой 900 м, сложенное верхнемеловыми известняками. Вокруг этого купола образованы долины, врезанные в майкопские глины.

Склоны вокруг купола Кукурт-Тау и склоны бортов котловины долины, обращенные на северо-запад, покрыты лесом и кустарниками, образуя многочисленные живописные уголки.

В целом, в пределах этого комплексного памятника природы расположено много интересных стратиграфических, минералогических, гидроминеральных и обособленных геоморфологических памятников природы. Некоторые из них описаны отдельно.

Дорога с плоскости в Талгинскую котловину проходит по живописному Талгинскому ущелью, прорезающему передовой (Нарат-Тюбинский) хребет. Борты ущелья сами по себе представляют стратиграфические памятники – литологические разрезы чокракских и караганских горизонтов миоцена.

За Талгинским ущельем начинается обширная Талгинская долина, где и расположен курорт Талги.

Долина эта разветвляется на ряд более узких долин: вправо (на запад) Гийк-Салаганкая с одноименным ущельем, прямо (на юг) – ущелье Суккурпапа (слепое ущелье), на юго-восток – Гелинская и Газовая долина. Между Гелинской и Газовой долинами много интересных мест:

Санаторная гора, Бугор Колесникова (место нефтяного промысла Колесникова). Из минералогических памятников природы следует отметить выходы газов и нефти в Газовой долине, минеральных красок в Гелинской долине (у хуторов Пирджан, Кангалыи Тувар) и Гийк-Салганское месторождение самородной серы в 3 км к западу от курорта Талги.

Все эти памятники природы Талгинской котловины представляют большое научное, познавательное и эстетическое значение.

#### **Гидроминеральные памятники.**

**Талгинский минеральный (сероводородный источник)** на котором базируется курорт (санаторий) Талги, находится в Талгинской котловине, в 18 км от города Махачкалы.

Источники эти были известны местному населению в далеком прошлом и использовались для лечения различных болезней. Источники выходили из трещин в верхнемеловых известняках. Первые исследователи (Г. В. Абих, А. С. Ермолов, А. Коншин, Н. Барбот Де Марни и др.) посещали их во второй половине 19 столетия. Более подробное дореволюционное описание источников дается А. С. Ермоловым (в 1916 году).

Первоначально естественные выходы этих вод находились в устье ущелья Сукур-Кака, затем, в период «нефтяной лихорадки», скважиной, пробуренной Г. Нобилем, были перехвачены эти воды, а первые выходы их иссякли. В дальнейшем, на месте нового выхода (у здания «Ванное») пробурены еще две скважины, вода которых используется Талгинским курортом. Общий дебит воды составляет 1 млн. 500 тыс. литров в сутки, из которых, при данном состоянии развития курорта, используется лишь 1/3 часть.

Ценность Талгинского источника в том, что по содержанию общего сероводорода он является первым в мире и составляет 500-600 мг/литр. Кроме Талгинского, в 1,5 км к северу расположен Кавтар-Кутанский источник с дебитом 162 тыс. литров в сутки и содержанием общего сероводорода 378 мг/литр, который может стать дополнительным источником при расширении курорта. Талгинские сероводородные источники с курортом на базе их, имеют комплексное рекреационное значение, в связи с нахождением их вблизи курортной зоны побережья Каспия. В охраняемую зону курорта должны входить и Кавтар-кутанский источник, и источники водоснабжения и другие участки, представляющие интерес для отдыхающих на курорте.

#### **Живописные памятники**

**Гора Пушкин-Тау (Избер-Баш, Изберг-Тау)** находится в 2 км к западу – юго-западу от г. Избербаш и в 3,5 км от берега Каспийского моря (фото 8).



Фото 8. Гора Пушкин-Тау.

Гора знаменита тем, что на её восточном склоне сама природа создала нерукотворный памятник великому поэту А. С. Пушкину. На профиле этого крутого склона чередующегося обрывами слоев известняков и гладкими поверхностями задернованных глинистых пород образованы различные конфигурации выступающих скал. Если смотреть на профиль этого склона с запада – с дороги Махачкала-Избербаш (с участка расположения бензоколонки) на склоне горы вырисовывается выразительно четкий профиль лица А. С. Пушкина. Он образован сочетанием дальних и близких выступающих скал и задернованных (гладких) участков.

Этот феномен природы является местом посещения многочисленных туристов. Поэтому гора Изберг-Тау получила переименование – Пушкин-Тау. Она является доминирующей высотой над Приморской низменностью, на которой расположен город Избербаш. Абсолютная отметка высшей точки – 222 м. Поверхность горы Пушкин-Тау представляет собой ровную платообразную площадку, на которой летом располагаются пионерские лагеря и собираются слеты юных туристов и краеведов.

Для сохранения этого памятника природы необходимо сохранить склон горы с выступающими скалами в их естественном виде.

**Марагинское обнажение акчагыльских отложений** находится в Табасаранском районе в 0,5 км к западу с. Марага. Здесь речка Камышчай, прорезая плато горизонтально залегающих акчагыльских отложений, образует каньонообразное ущелье. Акчагыльские отложения, обнаженные по бортам ущелья, представлены песчаниками, известняками и конгломератами (фото 9).



Фото 9. Марагинское ущелье.

Они являются соленосными (селитроносными). Здесь с давних пор известно Марагинское проявление селитры, которым пользовались для производства пороха.

Селитра здесь в обнажениях выступает в виде корки горьких солей толщиной 2-3 мм, реже до 7-8 мм. Селитровые породы разного литологического состава образуют здесь оригинальные обнажения. Известняки, содержащие комки песчаных глин и песчаники, включающие неравномерно распределенный карбонатный материал в присутствии легко растворимых солей, в результате неравномерного выветривания на бортах каньона образовали изумительно

красивые пещеристые, ячеистые и кавернозные обнажения, которые являются прекрасными объектами для изучения и представляют большой эстетический интерес (фото 10).

Эти уникальные обнажения подлежат охране.



Фото 10. Кавернозное обнажение Марагинского ущелья.

**Скала Кавалер-батарея** (фото 11) находится в северо-западной части города Буйнакска. Она сложена кварцевыми песчаниками неогенового возраста, которыми также сложено северо-западное крыло Буйнакской синклинали. Это крыло складки прорезано рекой Шура-озень образуя обрывистый склон. Высота этих обрывов до вершины скалы Кавалер-батарея – 125 м. Буйнакская синклираль является одноименным артезианским бассейном. Воды этого артезианского бассейна дренируясь по песчаникам, выходят в виде источников чистой воды в обрывах ниже скалы Кавалер-батарея на правом склоне р. Шура-озень. Кавалер-батарея является доминирующей высотой над городом Буйнакском и его окрестностей, откуда обозрима площадь диаметром 40-50 километров. Уцелевшая площадка на вершине скалы, слабо наклоненная на восток, после варварской разработки песчаника на строительный камень (1935г.), составляет около 20 кв. м. Западные ступенчатые обрывы с небольшими пещерами и трещинами разбиты на блоки песчаников с гладкими поверхностями. На этих блоках найдены рисунки древних охотников, которым более 4 тыс. лет. (Булач Гаджиев). Скала Кавалер-батарея связана с большими историческими событиями и посещением её знаменитыми учеными, писателями, художниками и революционными деятелями. О ней написан большой и интересный очерк Булачем Гаджиевым в своей книге «Легенды и были Дагестана» (Махачкала, Дагучпедгиз 1991). Этот памятник природы представляет большой научный, учебный, исторический и эстетический интерес и подлежит строгой охране.



Фото 11. Скала Кавалер-батарея.

### **Литература**

1. Мацапулин В.У., Юсупов А.Р., Черкашин В.И. Первые находки терригенного золота, платины в миоценовых отложениях Восточного Кавказа (Дагестан) // Доклады Академии наук. 2009. Т. 424. № 6. С. 792-795.
2. Юсупов А.Р., Черкашин В.И. Геолого-географические памятники Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 62. С. 169-172.
3. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Черкашин В.И. Области распространения и типы геологических памятников Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2014. № 63. С. 335-340.
4. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Мамаев А.С., Юсупов З.А. Геологические памятники области предгорного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 3(82). С. 98-100.

УДК 662.998

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-74-78

## ПОЛИСИЛИКАТНАТРИЕВЫЕ НАНОДИСПЕРСНЫЕ КОМПОЗИЦИИ

*Тотурбиев<sup>1</sup> Б.Д., Мамаев<sup>1</sup> С.А., Тотурбиева<sup>2</sup> У.Д., Журавлев<sup>2</sup> М. М.**Институт геологии ДФИЦ РАН,**Дагестанский государственный технический университет*

Отмечается, что одной из важных задач при использовании полисиликатных систем в промышленности с различным целевым назначением остается разработка теоретических основ синтеза и управления устойчивости этих систем и в связи с этим актуальность и необходимость дальнейших исследований в этом направлении. В этой связи приводится научная гипотеза, предусматривающая получения полисиликатов натрия на уровне наночастиц непосредственно в самой композиции, что исключает необходимость придания агрегативной устойчивости полисиликатам натрия. При этом нанодисперсные коллоидные полисиликаты натрия образуются непосредственно внутри в процессе формирования структуры композиции из кремня золя и безводного силиката натрия - сухой зернистой связки, медленно гидратирующей в контактных зонах пространственного каркаса, сформированного из зерен заполнителя. Образование поли силикатов натрия таким способом исключает необходимость придания агрегативной устойчивости полисиликатам натрия, дает возможность получать их любой модульности, и, следовательно, снизить концентрацию легкоплавкой составляющей  $\text{Na}_2\text{O}$  в их составе, что в свою очередь, приводит к повышению эксплуатационных свойств жаростойких и других видов строительных композиций.

*Ключевые слова:* полисиликаты щелочных металлов, жидкое стекло, кремне золь, кристаллогидраты, растворы коллоидного кремнезема, силикатный модуль, водные растворы силикатов четвертичного аммония, агрегативная устойчивость, нано частицы.

## SODIUM POLYSILICATE NANODISPERSIVE COMPOSITIONS

*Toturbiev<sup>1</sup> B.D., Mamaev<sup>1</sup> S.A., Toturbieva<sup>2</sup> U.D., Zhuravlev<sup>2</sup> M.M.,**<sup>1</sup>Institute of Geology DFRC RAS,**<sup>2</sup>Dagestan State Technical University*

It is noted that one of the important tasks in the use of polysilicate systems in industry with various purposes remains the development of theoretical foundations for the synthesis and stability control of these systems and, therefore, the relevance and need for further research in this direction. In this regard, a scientific hypothesis is presented that provides for the production of sodium polysilicates at the level of nanoparticles directly in the composition itself, which eliminates the need to impart aggregative stability to sodium polysilicates. At the same time, nanodispersed colloidal sodium polysilicates are formed directly inside during the formation of the structure of the composition from flint sol and anhydrous sodium silicate - a dry granular binder that slowly hydrates in the contact zones of the spatial framework formed from filler grains. The formation of sodium polysilicates in this way eliminates the need to impart aggregative stability to sodium polysilicates, makes it possible to obtain them of any modularity, and, therefore, to reduce the concentration of the low-melting component  $\text{Na}_2\text{O}$  in their composition, which in turn leads to an increase in the performance properties of heat-resistant and other types of building compositions.

*Key words:* alkali metal polysilicates, water glass, silica sol, crystalline hydrates, colloidal silica solutions, silicate module, aqueous solutions of quaternary ammonium silicates, aggregation stability, nanoparticles.

В последние годы в технической литературе приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований по получению поли силикатов натрия, калия, лития (высокомодульные щелочные силикаты) и их применение для создания электропроводных тонких пленок на непроводящих материалах, в качестве агентов, вызывающих формирование поперечных связей, загустителей и наполнителей в композиционных материалах, в качестве реакционно-способного кремнезема. Кроме того, используются как противокоррозионные покрытия, в нефтедобывающей промышленности при гидроизоляции скважин, в качестве водостойких кле-

ев и вязущих веществ, а также для изготовления водостойких теплоизоляционных и огнеупорных материалов [1,2, 4-6].

Полисиликаты щелочных металлов представлены одним из разновидностей силикатных систем, т.е. коллоидного кремнезема включающего водные растворы кремниевых кислот, золи, полисиликаты и силикатные растворы.

Важной характеристикой силикатных систем является мольное отношение  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  – силикатный модуль. По современной классификации силикат содержащие материалы характеризуются мольным отношением содержания двуокиси кремния к окиси щелочного катиона (силикатный модуль – М) и образуют следующий ряд состояний [2]: высокощелочные системы ( $M < 2$ ); жидкие стекла ( $M=2\div 4$ ); полисиликаты ( $M=4\div 25$ ); золи ( $M > 25$ ).

Основным отличием полисиликатов от жидких стекол (высокощелочных силикатных систем) является их полимерная форма, представляющая кремнеземные частицы размером от 4 до 5 нм и классифицируются как наноматериалы.

Полимерная форма составляет 60 % и более от общего содержания кремнезема, которая обеспечивает высокие прочностные свойства образующихся гелевых структур.

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

В монографии [2] указывается, что растворы полисиликата натрия с модулем 4-6 можно получить с добавлением раствора жидкого стекла к концентрированному золью кремнезема с размерами частиц 5-25 нм и концентрация кремнезема в растворе может достигать 20%  $\text{SiO}_2$ .

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

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

Полисиликаты с отношениями от 4,2:1 до 6:1 при содержании в них 10-30%  $\text{SiO}_2$ , приготовленные из исходных зольей с размером частиц 5-25 нм, используются для приготовления прозрачных, твердых, водостойких покрытий обладающих повышенной адгезией к поверхности стекла [3]. Полисиликатные связующие композиции, состоящие из силиката щелочного металла и золя коллоидного кремнезема и имеющие отношение  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  10:1, предлагаются для изготовления водонепроницаемых огнестойких смесей для покрытий [3].

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

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

В работах [4,10] экспериментально обоснованы теоретические представления о закономерностях изменения агрегативной устойчивости коллоидного кремнезема в щелочных средах,

приводятся основы получения полисиликатов из гидрозолей кремнезема и выявление коллоидно-химических закономерностей регулирования агрегативной устойчивости этих систем.

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

Показано, что процесс перехода золь в полисиликаты включает стадии:

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

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

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

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

В этой связи большая научно-исследовательская работа проводится в Институте Геологии ДНЦ РАН, а именно, по разработке нанодисперсных полисиликатнатриевых композиций различного назначения [5,7,8,9]. Здесь, согласно выдвинутой научной гипотезы, впервые в мировой практике предусматриваются получения полисиликатов натрия на уровне наночастиц непосредственно в самой композиции, что исключает необходимости придание агрегативной устойчивости полисиликатам натрия. Это открывает возможность получения полисиликатов натрия любой модульности, и, следовательно, снижения концентрации щелочного составляющего  $\text{Na}_2\text{O}$  в массе вяжущей композиции что, в конечном счете, должно привести к повышению водостойкости, морозостойкости и огнеупорности, термостойкости композиционных материалов на полисиликатах натрия.

Разработана безобжиговая технология получения перлитового теплоизоляционного материала на нанодисперсном полисиликате натрия с силикатным модулем 10. Такое значение силикатного модуля было принято исходя из результатов ранее проведенных исследований, влияние клеящей способности полисиликатов натрия в зависимости от силикатного модуля [ 7 ].

С целью растворения тонкомолотых частиц безводного силиката натрия в кремнезолье, для образования полисиликата натрия и приобретение адгезионных свойств, определяющих клеящую способность этой связки и когезионную прочность клеевых контактов на поверхности заполнителя перлита обеспечивающих механическую прочность композиции отформованные из-

делия подвергали низкотемпературной тепловой обработке по режиму: подъем температуры от 20 до 90 °С - 1,5 часа, выдержка при 90±5 °С - 0,5 часа. Затем подъем температуры до 200 °С - 1 ч, выдержка 2 часа для последующего обезвоживания и упрочнения перлитовой смеси.

Изделия изготавливались в виде плит, кирпичей размерами 500x300x75, 500x500x125, 250x120x65 мм, а также полуцилиндров и сегментов длиной от 450 до 1000 мм и внутренним диаметром от 40 до 100 мм.

Разработанные перлитовые теплоизоляционные изделия предназначены для тепловой изоляции строительных конструкций промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства, а также для тепловой изоляции поверхностей промышленного оборудования, печей и трубопроводов при температуре 600-1000°С в зависимости от состава применяемой полисиликатнатриевой композиции.

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

Здесь необходимо отметить актуальность создания наноструктурированных жаростойких композиционных материалов из нанодисперсного полисиликата натрия.

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

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

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

Определены основные факторы, влияющие на процесс структурообразования в композиционном вяжущем из нанодисперсного полисиликата натрия. Важнейшим из них можно считать взаимодействие безводного силиката натрия (его тонкодисперсных частиц) с кремнезолем,

происходит образование нанодисперсного полисиликата натрия и тем самым приобретение адгезионных свойств, определяющих клеящую способность этой связки и когезионную прочность клеевых контактов, обеспечивающих механическую прочность композиции. С этой целью изучено влияние на их клеящую способность концентрации связующих из полисиликатов натрия разной модульности, полученных как вне, так и непосредственно в композиции. При этом более высокая клеящая способность связки на полисиликатах натрия получена непосредственно в композиции чем, вне ее [ 7 ].

Установлено, что при взаимодействии тонкодисперсных частиц безводного силиката натрия с водой, содержащегося в составе кремнезоля, в начале происходит гидратация катиона Na, и затем активное его соединение с мельчайшими частицами кремнезема размерами от 2-3 нм и выше, до установления равновесия щелочного раствора силикатной системы в целом. В результате образуется сильно пересыщенный коллоидный нанодисперсный полисиликат натрия с высокой вязкостью, который остается в зоне контакта зерен заполнителя, обеспечивая контактное омоноличивание плотно упакованных зернистых составляющих. В этом случае дисперсная фаза сближена до расстояния, при котором возможны сильные взаимодействия и образования контактов на агрегативном уровне различной природы. Такие условия формирования связки всегда способствуют повышенной адгезии клея к адгезиву и высокой когезии клеящего слоя. Кроме того, полисиликатные растворы, наряду с частицами золя, в своем составе содержат момеры, олигомеры и полимерные разновидности кремнезема, представляющие частицы размером от 4 до 6 нм, которые составляют 60 % и более от общего его содержания кремнезема. Это способствует проявлению высокой реакционной способности кремнезема в составе различных композиций, что обеспечивает им высокую водостойкость и термостойкость.

### Литература

1. Айтжанова О. Г. Коллидно-химические закономерности получения полисиликатов на основе гидрозоль кремнезема: Дис. канд. хим. наук: 02.00.11 М., 1998. С.130.
2. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. - Санкт-Петербург; СПб.: Стройиздат, 1996, С. 216
3. Айлер Р. Химия кремнезема: растворимость, полимеризация, коллоидные и поверхностные свойства, биохимия: Пер. с англ.- М.: Мир, 1982. Ч 1. С. 416.
4. Брыков А.С. Силикатные растворы и их применение // Стройиздат, - Санкт-Петербург; СПбГТИ (ТУ). 2009. С. 54.
5. Тотурбиев Б.Д, Тотурбиев. А.Б. Карбидокремниевый жаростойкий бетон на полисиликат-натриевом композиционном вяжущем. // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. Строительные науки. С. 186
6. Пестерников Г.Н., Максютин А.С., Пучков С.П., Обухова В.Б. Способ получения полисиликатов натрия (варианты) // Патент России №2124475. 1999. Бюл. № 1.
7. Тотурбиев А.Б. Исследования клеящей способности композиционного связующего на полисиликатах натрия // Промышленное и гражданское строительство, №3. 2012.С.59-61.
8. 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. № 3 2014 С.76-79
9. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций. М.: Стройиздат. 1988. С. 208.
10. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: «Академкнига». 2004. С. 208.

УДК 550.34.06.013.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-79-84

## СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

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

Проведена оценка сейсмической активности Восточного Кавказа за инструментальный период наблюдений. Выявлено что, области с максимальной сейсмической активностью пространственно тяготеют к зонам сильных исторических землетрясений и современной сейсмичности. Результаты исследования подтверждают и ранее полученные выводы.

*Ключевые слова:* сейсмическая активность, сильные землетрясения, сейсмичность, сеймотектоника, зона возможных очагов землетрясений.

## SEISMIC ACTIVITY OF THE EASTERN CAUCASUS DURING THE PERIOD OF INSTRUMENTAL OBSERVATIONS

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

An assessment of the seismic activity of the Eastern Caucasus during the instrumental observation period was carried out. It is revealed that the areas with maximum seismic activity spatially gravitate to the zones of strong historical earthquakes and modern seismicity. The results of the study confirm the previously obtained conclusions.

*Keywords:* seismic activity, strong earthquakes, seismicity, seismotectonics, the zone of possible earthquake foci.

Восточный Кавказ отличается от других регионов не только своим геологическим строением и историей развития, но и сейсмической активностью. Известно, что он является и самым сейсмоактивным регионом юга России.

Для вычисления сейсмической активности ( $A_{10}$ ) использовались каталоги [11] землетрясений за период 1960-2022 гг. На исследуемой территории за указанный период было зарегистрировано порядка 920 землетрясений с энергетическим классом  $K \geq 11$ , где  $K = \lg E$  – энергетический класс землетрясения ( $E$  – энергия землетрясения в Дж).

Рассмотренный каталог землетрясений характеризуется уровнем представительности энергетического класса  $K_{\min} = 11$ .

По данным этого каталога построена карта эпицентров землетрясений для энергетического класса  $K$  больше 12 (рис. 1).

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

Для построения карты сейсмической активности исследуемая территория была разбита на равные прямоугольные площадки размерами  $0,1^\circ$  по широте и  $0,2^\circ$  по долготе (размеры площадки примерно 11 км на 16,5 км). Для каждой площадки находилось  $N_K$  – число землетрясений энергетического класса  $K$ , произошедших на этой площадке за период наблюдения  $T$ .

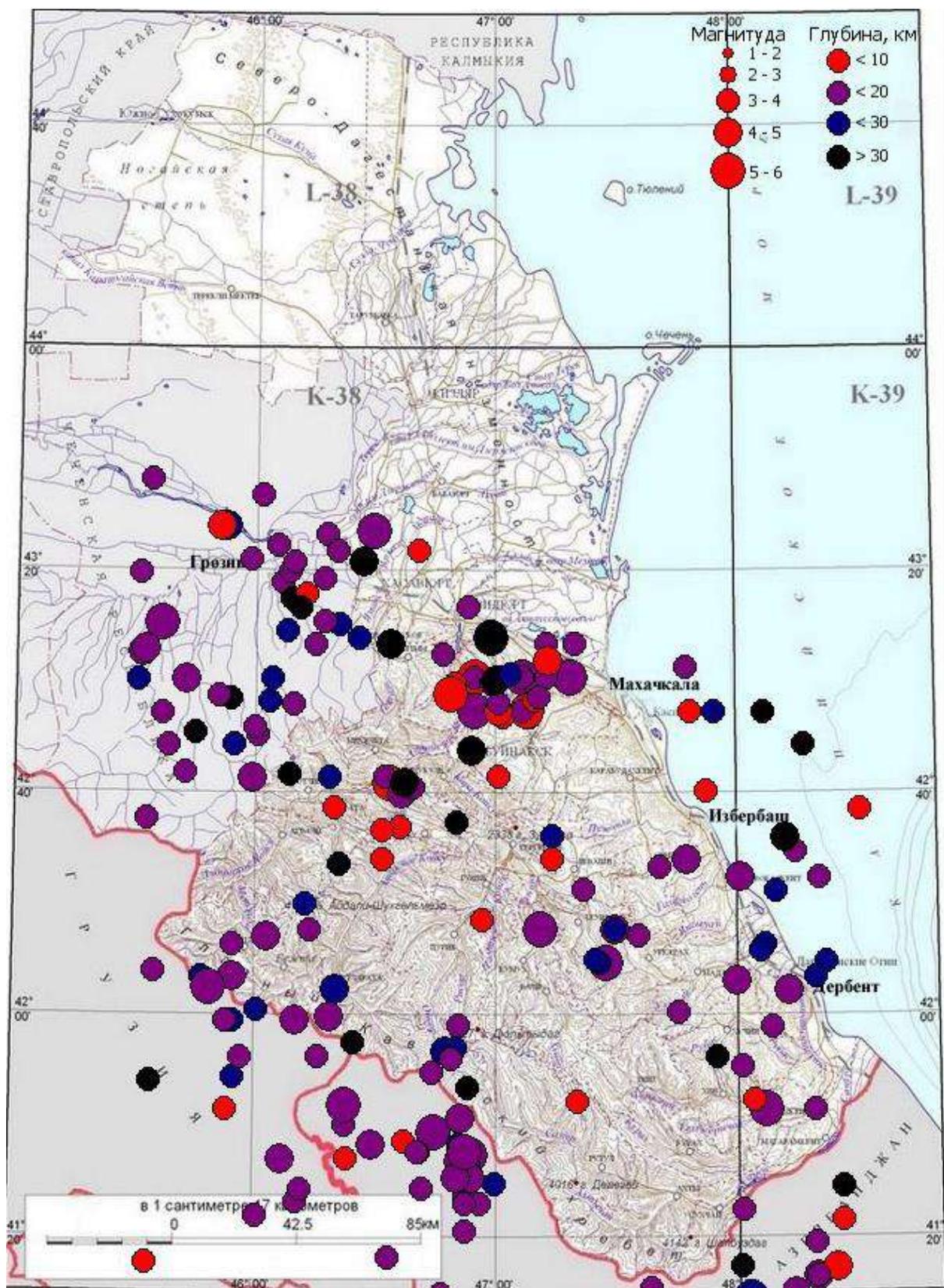


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений энергетического класса  $K \geq 12$ , произошедших на исследуемой территории за период 1960 – 2022 гг.

Значение сейсмической активности  $A_{10}$  вычислялось по формуле [1-3, 6-10]:

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

где  $\gamma$  – наклон графика повторяемости (в нашем случае:  $\gamma = 0,55$ );  $S_0$  – единица нормирования по площади ( $S_0 = 1000 \text{ км}^2$ );  $T_0$  – единица времени ( $T_0 = 1 \text{ год}$ );  $S$  – площадь выбранных площадок (в нашем случае:  $S = 180 \text{ км}^2$ );  $T$  – период наблюдения землетрясений (в нашем случае:  $T = 62 \text{ года}$ );  $K_{\min}$  – уровень представительности, т.е. минимальный энергетический класс землетрясений, зарегистрированный на исследуемой территории за рассматриваемый период наблюдения без пропуска;  $K_{\max}$  – максимальный класс землетрясений, наблюдаемых на площади  $S$  за рассматриваемый период наблюдения.

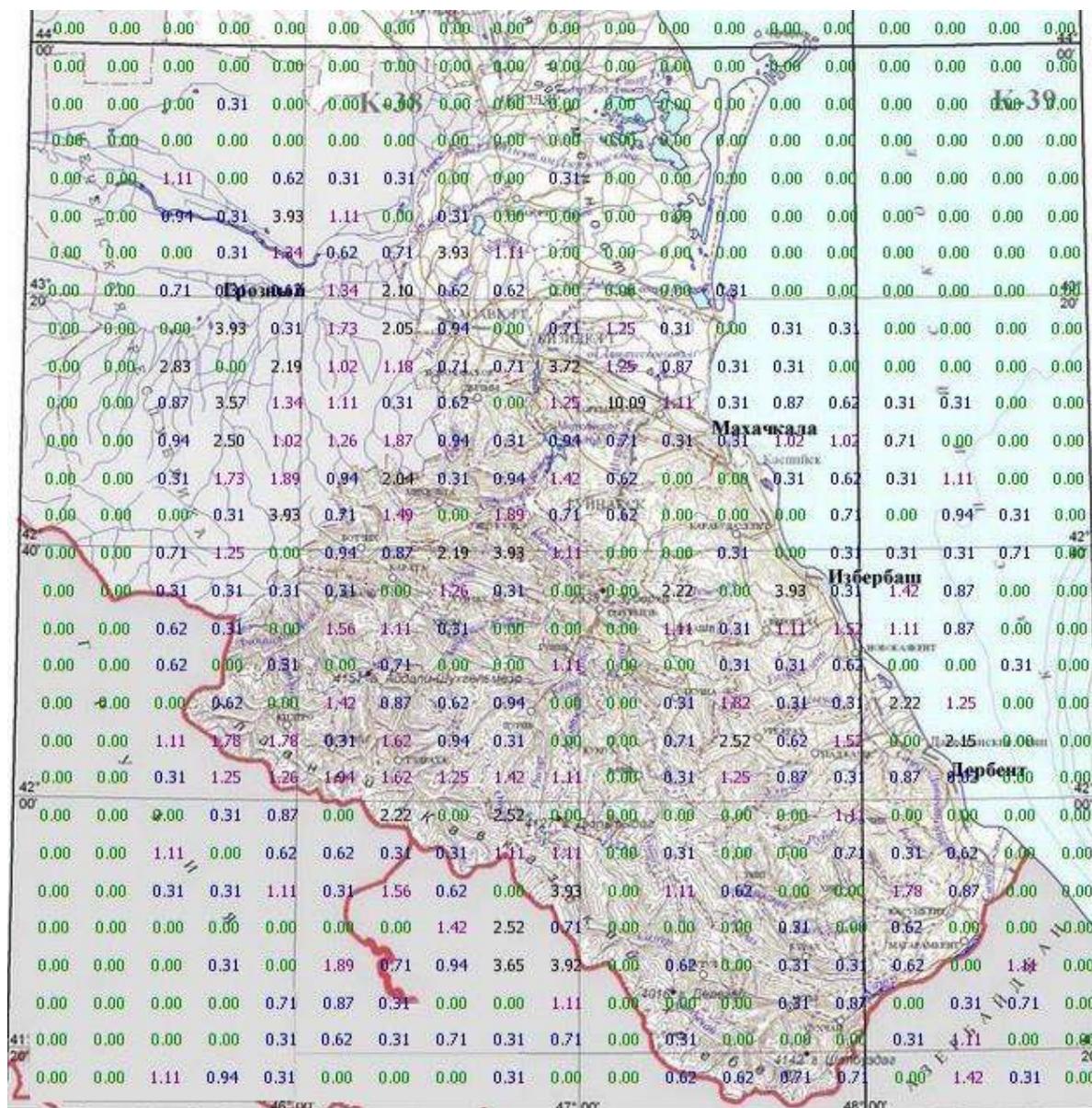
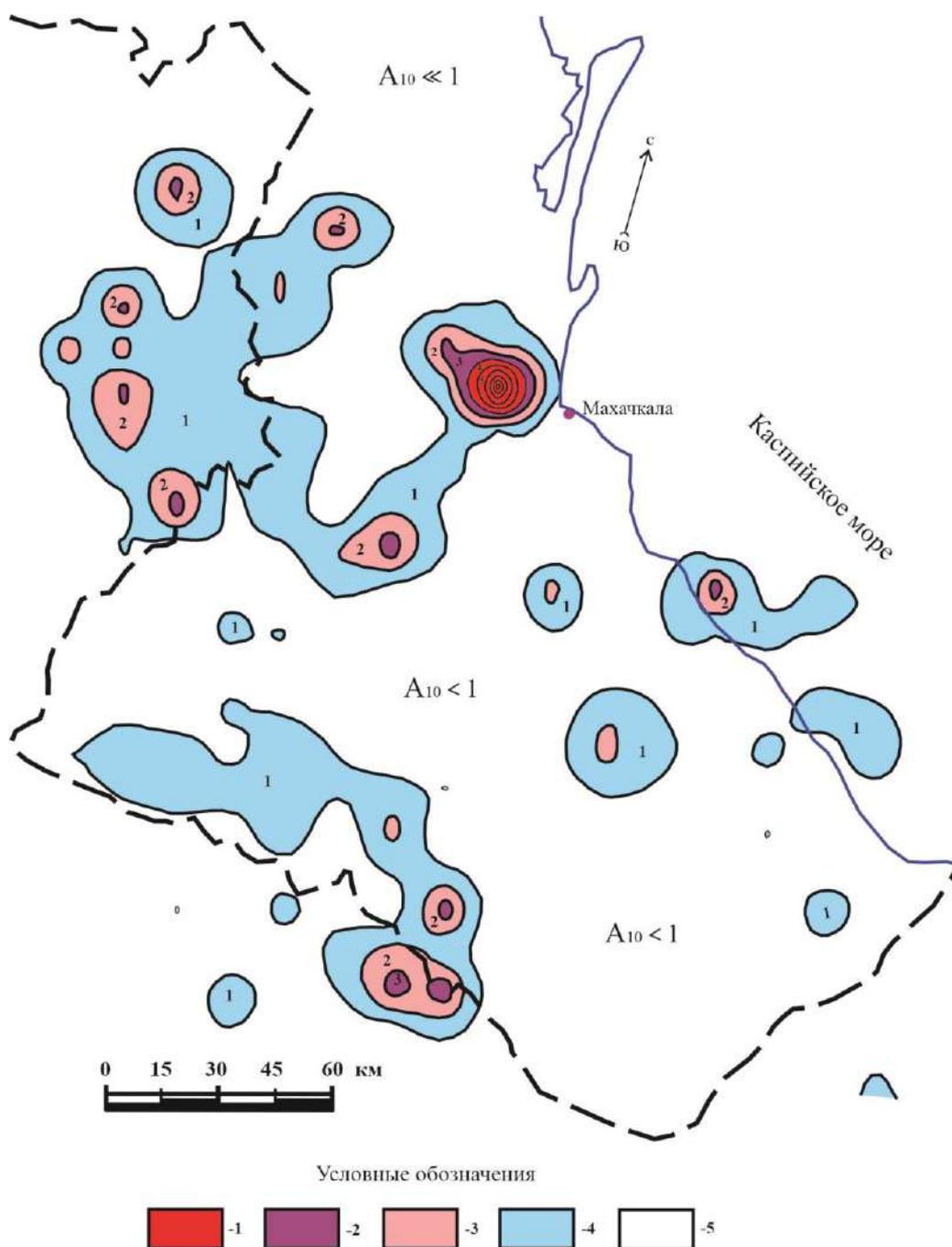


Рис. 2. Карта сейсмической активности  $A_{10}$  исследуемой территории за период 1960-2022 гг.

Расчет сейсмической активности по формуле (1) проводился с помощью программы, разработанной нами на Delphi. Вычисленное значение  $A_{10}$  приписывалось центру вышеуказанных площадок. Полученная, таким образом, карта сейсмической активности рассматриваемой территории приведена на рисунке 2.

Также, в результате работы программы на выходе получается таблица с координатами центров площадок и значениями  $A_{10}$  (матрица  $A_{10}$ ). По этим данным с помощью программы SURFER были построены карты изолиний сейсмической активности 2D и 3D, которые представлены на рисунках 3, 4.



1 – область сейсмической активности ( $A_{10}$ ) со значениями более 4, 2 –  $A_{10}$  со значениями в пределах 3, 3 –  $A_{10}$  со значениями в пределах 2, 4 –  $A_{10}$  со значениями в пределах 1, 5 –  $A_{10}$  со значениями менее 1.

Рис. 3. Карта изолиний сейсмической активности  $A_{10}$  (2D) исследуемой территории за период за 1960-2022 гг.

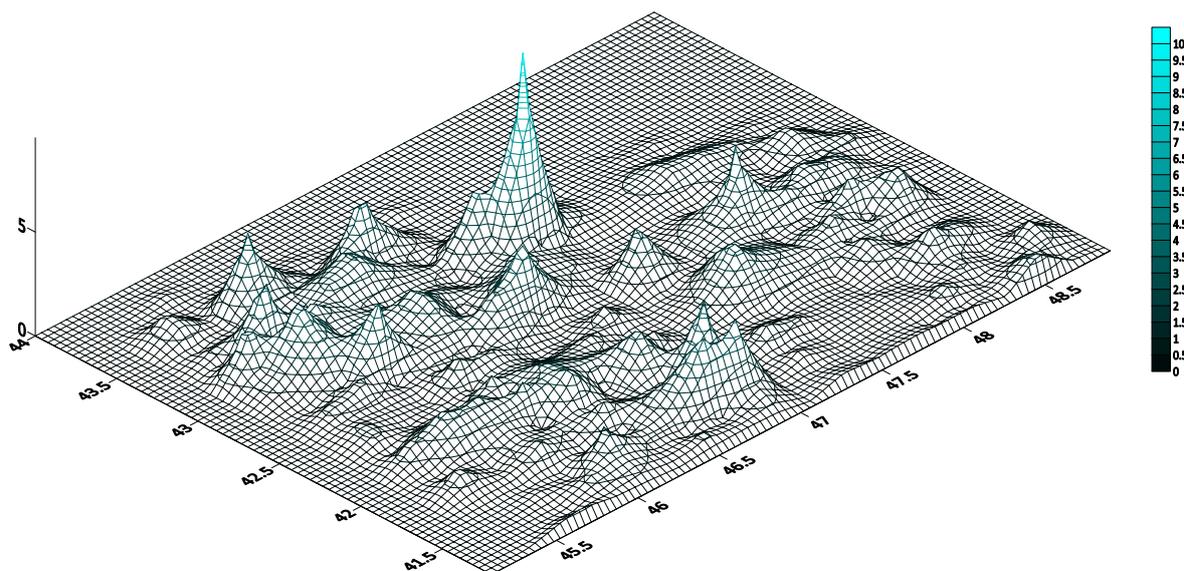


Рис. 4. Карта изолиний сейсмической активности  $A_{10}$  (3D) исследуемой территории за период 1960-2022 гг.

На картах изолиний сейсмической активности отчетливо выделяется современная Дагестанская зона ВОЗ [4, 5], подтверждая и ранее полученные нами выводы. Она тяготеет к району Дагестанского землетрясения 1970 года с населенными пунктами Альмало, Капчугай и Кумторкала.

Области с максимальными значениями сейсмической активности  $A_{10}$  пространственно тяготеют к зонам возможных очагов сильных землетрясений, имеющими историческую активность и приурочены, в основном, к зоне пересечения субкавказских глубинных разломов с главным кавказским структурным элементом – Аграхано-Тбилиско-Левантийской левосдвиговой зоной 1-го порядка, а также к зонам, поперечных к субкавказским, разломов и их пересечений с последними. К таковым относятся: современная Дагестанская зона ВОЗ, Чеченская сейсмоактивная зона (Курчалоевский район), Закаталинская зона (Грузия) и др.

*Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН рег. номер 1021060808491-6-1.5.6*

### Литература

1. Арефьев С.С., Асманов О.А., Дейнега А.Г., Мусаев М.А., Шебакин Н.В. Количественные характеристики сейсмичности Дагестана // Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. Сейсмология, геология, геофизика. – М.: Наука, 1980. – С. 10–17.
2. Асманов О.А., Арефьев С.С., Мусаев М.А., Дейнега А.Г. Некоторые вопросы сейсмичности Дагестана. Сб. «Сейсмический режим территории Дагестана», ИГ Даг. ФАН СССР, № 1 (13), 1977, С. 21–30.
3. Бунэ В.И. Сейсмический режим Вахшского района Таджикской ССР. – Душанбе: АН Тадж. ССР, 1965. – С. 71–128.
4. Магомедов Р.А. Сейсмотектоника и современная сейсмичность Восточного Кавказа // Тр. Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 1 (88). С. 16–36. DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-16-36.
5. Магомедов Р.А. Сильные землетрясения XX века и сейсмотектонический потенциал блоков Восточного Кавказа // Тр. Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 2 (89). С. 68–71. DOI: 10.33580/2541-9684-2022-89-2-68-71.

6. Мусаев М.А. Пространственно-временные вариации распределения сейсмичности на территории Дагестана с сопредельными территориями за 2006 – 2019 гг. //Тр. Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1 (80). С. 70–76. DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-70-76.
7. Мусаев М.А. Визуализация миграции максимумов сейсмической активности на территории Дагестана с сопредельными территориями за 1971 – 2020 гг. //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2021. № 1 (84). С. 57–65. DOI: 10.33580/2541-9684-2020-84-1-57-65
8. Мусаев М.А. Сейсмичность района Сулакского каскада ГЭС за период 1974 – 2020 гг. //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 1 (88). С. 37–43. DOI: 10.33580/2541-9684-2022-88-1-37-43.
9. Ризниченко Ю.В. Сейсмическая активность территории СССР. – М.: Наука. 1979. – 192 с.
10. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды. – М.: Наука. 1985. – 408 с.
11. Сводный каталог землетрясений Единой геофизической службы РАН и ее Дагестанского отделения [www.dbgsras.ru](http://www.dbgsras.ru)

УДК 550.37

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-85-89

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МНОГОЛЕТНИХ ПРЕЦИЗИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ ПОРОД В СКВАЖИНЕ НА СТАНЦИЯХ МАХАЧКАЛА И ИЗБЕРБАШ (ДАГЕСТАН)

Децереvский<sup>1</sup> А.В., Магомедов<sup>2</sup> А.Г., Идармачев<sup>2</sup> А.Ш.

<sup>1</sup>Институт физики Земли, Москва,

<sup>2</sup>Институт геологии ДФИЦ РАН

В работе сделан анализ временных рядов наблюдений за электросопротивлением пород скважинах на измерительных пунктах «Махачкала» и «Избербаш», полученных с помощью прецизионной измерительной установки «Георезистор», разработанной в Институте геологии ДФИЦ РАН. Обнаружены суточные периодичности изменения электросопротивления в почасовых рядах данных. На пункте Махачкала суточная и полусуточная периодичности проявляются гораздо более четко. Факт обнаружения суточного ритма обосновывает необходимость более углубленного изучения его характеристик с использованием методов анализа ритмов.

*Ключевые слова:* электросопротивление пород, автокорреляционная, структурная функции, периодограммы наложенных эпох, спектр-Фурье, эффект Гиббса.

## RESULTS OF DATA PROCESSING OF LONG-TERM PRECISION OBSERVATIONS OF THE ELECTRICAL RESISTANCE OF ROCKS IN THE WELL AT THE STATIONS OF MAKHACHKALA AND IZBERBASH (DAGESTAN)

Descherevsky<sup>1</sup> A.V., Idarmachev<sup>2</sup> S.G., Magomedov<sup>2</sup> A.G., Idarmachev<sup>2</sup> A.S.

<sup>1</sup> Institute of Physics of the Earth, Moscow, <sup>2</sup> Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences

The paper analyzes the time series of observations of the electrical resistance of rocks in wells «Makhachkala» and «Izberbash» measuring points, obtained using a precision measuring device "Georesistor" developed at the Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences. The daily frequency of changes in electrical resistance in hourly data series was found. On Makhachkala's measuring point diurnal and semi-diurnal periodicities manifest themselves much more clearly. The fact of the detection of the circadian rhythm justifies the need for a more in-depth study of its characteristics using methods of rhythm analysis.

*Keywords:* electrical resistance of rocks, autocorrelation, structural functions, periodograms of superimposed epochs, Fourier spectrum, Gibbs effect.

Электрические методы исследования горных пород являются перспективными для мониторинга электрических предвестников землетрясений [1, 9, 12, 13], горных ударов [2,7], оползней и других опасных геологических процессов.

Измерительная аппаратура, вариометры сопротивления, позволяют реализовать высокочувствительные наблюдения за вариациями электросопротивления горных пород на уровне погрешности сотых и даже тысячных долей процентов [6, 10].

В Институте геологии Дагестанского научного центра РАН была разработана цифровая установка «Георезистор», позволяющая регистрировать вариации сопротивления с погрешностью 0,001% в лабораторных условиях и 0,005% в полевых условиях [6]. Для ее испытания на территории Дагестана проводились длительные наблюдения в скважинах на измерительных пунктах «Махачкала» и «Избербаш», расположенных на Западном Побережье Каспия. Измерения кажущегося сопротивления горных пород производились четырех-электродными установками Венера с разносами питающих электродов 6 м и 9 м непрерывно разнополярными прямоугольными импульсами постоянного тока с шириной 10 с. В итоге на жесткий диск ПК записывались среднечасовые данные, полученные в течение часа. Исходные почасовые ряды электросопротивления представлены на рис. 1.

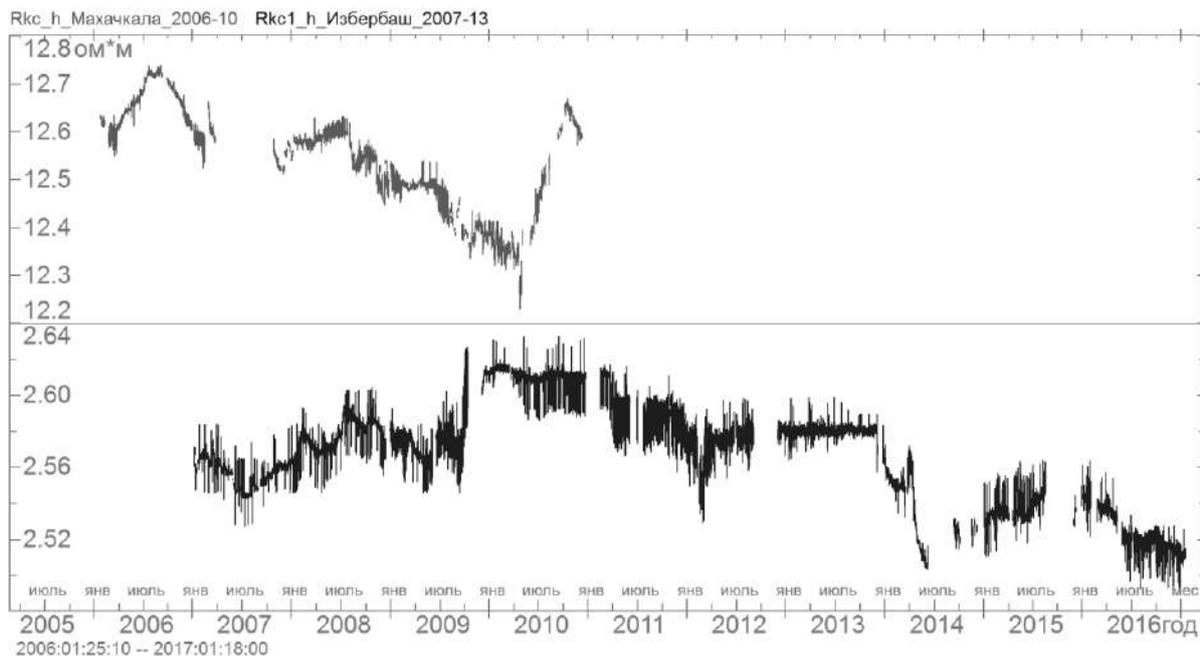


Рис. 1. Исходные почасовые ряды электросопротивления ст. Махачкала и ст.Избербаш (ст. Махачкала-верхний ряд; ст. Избербаш-нижний ряд)

В работе [5] сделан анализ временных рядов на ст.Махачкала и ст.Избербаш. Для обработки рядов с большим количеством пропусков применялись различные способы фильтрации от выбросов и других дефектов. Для этого применялись специальные вычислительные процедуры, реализованные в пакете программ WinABD [3, 4] и не требующие обязательного заполнения пропусков данных [4, 5]. Построение автокорреляционной и структурной функций для данных рядов показали наличие в них устойчивых суточных вариаций. Однако вычисление периодограмм и спектров Фурье позволяют выявить наличие в рядах гармонических колебаний. Поэтому в настоящей работе для более детального анализа рядов данных проведено вычисление периодограмм и спектров Фурье, а также их анализ.

#### Периодограммы наложенных эпох

Как показано в [3, 4], периодограммы наложенных эпох – это более чувствительный метод по сравнению со спектрами Фурье при выделении периодичностей несинусоидальной формы. Кроме того, численное моделирование показывает, что метод периодограмм часто является предпочтительным по сравнению с фурье-анализом при наличии в данных значительного количества пропусков.

В то же время в некоторых случаях возможна и обратная ситуация, когда чувствительность метода периодограмм к скрытым периодичностям оказывается хуже, чем у фурье-анализа. Также стоит заметить, что в отличие от фурье-спектров, на которых в случае несинусоидальности ритма будут присутствовать кратные частоты (эффект Гиббса), на периодограммах присутствуют кратные периоды: двойной, тройной и т.д.

С учетом всех этих обстоятельств, можно заключить, что при поиске скрытых периодичностей методы периодограмм и фурье-анализ взаимно дополняют друг друга, поскольку они основаны на разных моделях периодичности. Если априорная информация о форме периодической функции отсутствует, а сигнал содержит пропуски наблюдений, то для выявления скрытых периодичностей целесообразно совместно использовать оба эти метода [3, 4].

Как видно на рис. 2 и 3, для ст. Махачкала метод периодограмм уверенно показывает наличие суточного ритма в сигнале. Также можно обратить внимание на достаточно четкую особенность 12-часовом периоде. Напомним, что для периодограмм наложенных эпох эффект

Гиббса отсутствует. Это означает, что в сигнале имеется самостоятельный 12-часовой ритм, который входит в суточную периодичность, как ее элемент.

Для ст.Избербаш метод периодограмм также показывает совершенно четкую суточную периодичность (рис. 3). Ее амплитуда не слишком большая (нет эхо-максимумов на периодах 48 и т.д. час), но сам факт наличия особенности на суточном периоде сомнений не вызывает.

### Спектры Фурье

Как уже отмечалось выше, для рядов с многочисленными пропусками использовать БПФ-методы нежелательно, т.к. для этого необходимо заполнить все пропуски искусственными значениями данных. А это неизбежно приведет к искажению характеристик сигнала, в том числе его спектра. Поэтому для построения фурье-спектров использовался метод, основанный на свертке сигнала с синусами и косинусами. При наличии многочисленных пропусков такая свертка также не свободна от недостатков, и определенные искажения спектра неизбежны и в этом случае. Однако это гораздо более предпочтительный вариант по сравнению с БПФ-методом [4, 5].

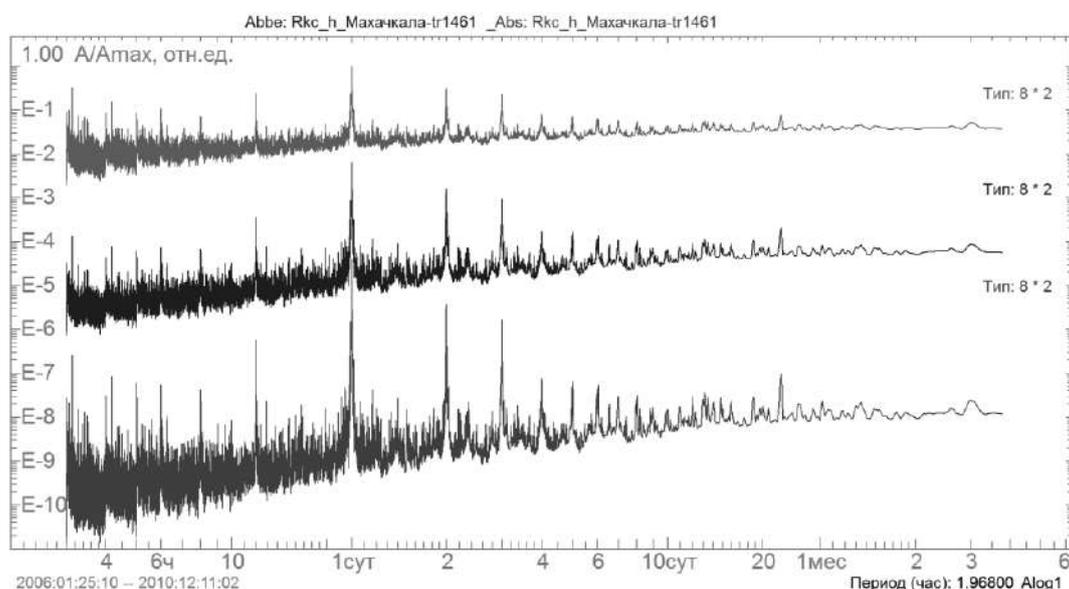


Рис. 2. Периодограммы для ст. Махачкала

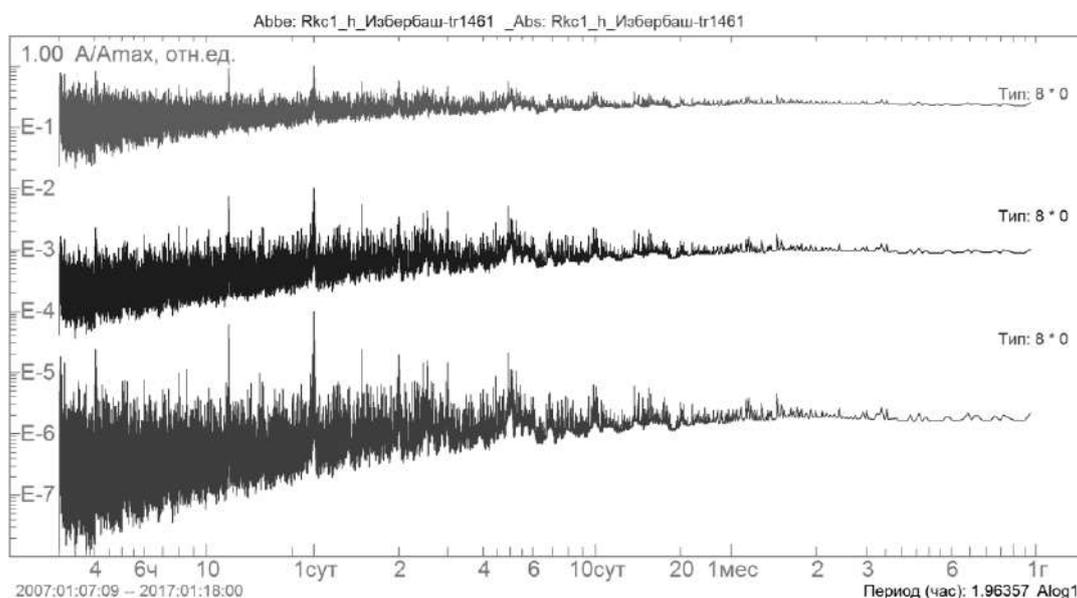


Рис. 3. Периодограммы для ст. Избербаш

Полученные спектры приведены на рис. 4. На спектрах также уверенно выделяется суточный период, более четкий на ст.Махачкала. Спад спектров на периодах более 2 мес объясняется тем, что длиннопериодные вариации были отфильтрованы из сигналов перед расчетом спектра.

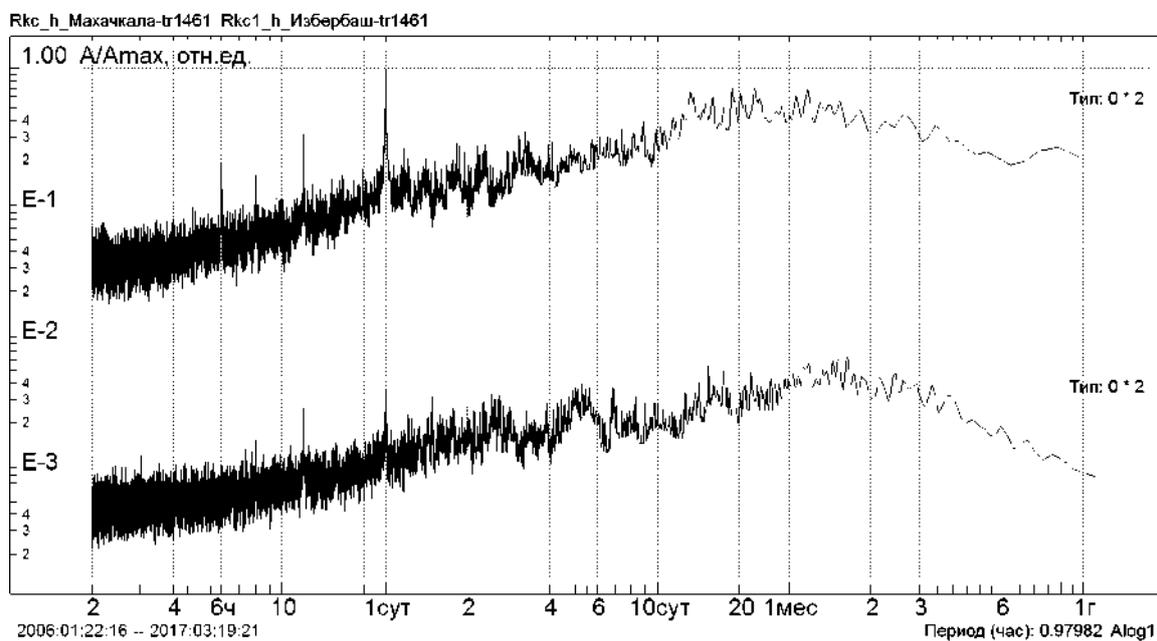


Рис. 4. Спектры Фурье для ст. Махачкала-верхний ряд и ст.Избербаш-нижний ряд

**Вывод.** Суточные периодичности электросопротивления пород в скважине, зарегистрированные прецизионной измерительной установкой «Георезистор», уверенно обнаружены в почасовых рядах данных наблюдений на ст.Махачкала и ст.Избербаш. На ст.Махачкала суточная и полусуточная периодичности проявляются гораздо более четко. На ст.Махачкала метод периодограмм уверенно показывает наличие суточного ритма в сигнале. Также можно обратить внимание на достаточно четкую особенность 12-часовом периоде. Напомним, что для периодограмм наложенных эпох эффект Гиббса отсутствует. Это означает, что в сигнале имеется самостоятельный 12-часовой ритм, который входит в суточную периодичность, как ее элемент.

Для ст.Избербаш метод периодограмм также показывает совершенно четкую суточную периодичность. Ее амплитуда не слишком большая (нет эхо-максимумов на периодах 48 и т.д. час), но сам факт наличия особенности на суточном периоде сомнений не вызывает.

Факт обнаружения суточного ритма обосновывает необходимость более углубленного изучения его характеристик с использованием методов анализа ритмов.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания ИФЗ РАН и по теме НИР Института геологии ДФИЦ РАН: «Изучение, мониторинг и прогноз катастрофических геологических процессов природного и техногенного происхождения на территории Восточного Кавказ», № 1021060808491-6-1.5.6.*

### Литература

1. Барсуков О.М., Сорокин О.Н. Изменение кажущегося сопротивления горных пород в Гармском сейсмоактивном районе // Физика Земли. 1973. №10. С. 100-102.

2. Гайдин П.Т., Петухов М.Ф., Кирпиченко В.М. Влияние горного рельефа на распределение приливных напряжений в земной коре Северного Тянь-Шаня и связь с сейсмичностью // *Геодезия-сейсмология: деформация и прогноз: Межд. симпоз. Ереван. 2-6 окт., 1989: Тез. докл. Москва. 1989. С. 61.*
3. Дещеревский А.В., Журавлев В.И., Никольский А.Н., Сидорин А.Я. Технологии анализа геофизических временных рядов. Часть 1. Требования к программе обработки. // *Сейсмические приборы. М.: ОИФЗ РАН, 2016а. Т. 52, N1, С.61-82.*
4. Дещеревский А.В., Журавлев В.И., Никольский А.Н., Сидорин А.Я. Проблемы анализа временных рядов с пропусками и методы их решения в программе WinABD // *Геофизические процессы и биосфера. 2016в. Т. 15. № 3. С. 5–34.*
5. Дещеревский А.В., Идармачев Ш.Г. Результаты анализа суточных вариаций электросопротивления пород в скважине (Западного Побережья Каспия, Дагестан). – *Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа (Колл. Монография по мат. XI Всероссийской науч.-техн. конф.). Махачкала. -2022. – Т. XII. - С. 248-254.*
6. Идармачев Ш.Г., Алиев М.М., Абдулаев Ш-С.О., Хаджи Б.А. Станция для электрического зондирования «Георезистор». Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. *Мат. Междунар. конф. Воронеж. 2001. С. 86-87.*
7. Мельников Н.В. Рудничная геоэлектрикаю. Кемирово. 1977. 216 с.
8. Нерсесов И.Л. Сидорин А.Я., Журавлев В.И. Результаты электрического зондирования очаговых зон землетрясений с МГД – генератором в районе Гармского полигона // *Глубинные электромагнитные зондирования с применением импульсных МГД – генераторов. Апатиты: Кольский филиал АН СССР. 1982. С. 46-49.*
9. Сидорин А.Я., Журавлев В.И., Осташевский М.Г. Комплексные электрометрические исследования геодинамических процессов. *Экспериментальная сейсмология. М.: Наука. 1983. С. 149-162.*
10. Сидорин А.Я. Предвестники землетрясений. М.: Наука. 1992. 190 с.
11. Avagimov A.A., Ataev A.K. Structure of Precursor Anomalies of Electrical Conductivity and its ten-sosensibility in Kopetdag Seismic active region // *J. of Earthquake Prediction Research. 1994. N 3. P. 572-580.*
12. Chen F., Liao F., Tang H. A preliminary report on an experiment of measuring Tunnel // *Acta geophys. Sin. 1975. Vol. 18, N 2. P. 247-270.*
13. Kawada K. Electric resistivity measurement along and across a ground fissure and the Matsushiro area // *Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo. 1966. Vol. 44. P. 1759-1769.*
14. Rikitaki T., Ymazaki Y. The Nature of Resistivity Precursor // *J. Earthquake Prediction Res. 1985. Vol. 3. P.559-570.*
15. Yamazaki Y. Precursors and coseismic resistivity changes // *Pageoph. 1975. Vol. 113. N 2. P. 219-227.*

УДК 550.348. (470.67)

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-90-96

## ХУНЗАХСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 28 ИЮЛЯ 2021 Г

*Асманов О.А., Адилов З.А.*

*Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН*

В статье приводятся инструментальные данные и описания макросейсмических проявлений землетрясения, произошедшего 28 июля 2021 г. с  $M_s=4.7$  на территории Хунзахского района Республики Дагестан. Составлена карта изосейст на основе макросейсмических данных Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН.

*Ключевые слова:* Хунзахское землетрясение, макросейсмические проявления, сейсмологический центр.

## KHUNZAKH EARTHQUAKE JULY 28, 2021

*Asmanov O.A., Adilov Z.A.*

*Dagestan branch of Geophysical survey of Russian Academy of Sciences*

The article provides instrumental data and descriptions of macroseismic manifestations of the earthquake that occurred on July 28, 2021 with  $M_s=4.7$  in the Khunzakh region of the Republic of Dagestan. An isoseist map was compiled based on macroseismic data from the Dagestan branch of the Geophysical survey of Russian Academy of Sciences.

**Key words:** Khunzakh earthquake, macroseismic manifestations, seismological center.

Эпицентр землетрясения, произошедшего 28 июля 2021 г. в 00<sup>h</sup> 41<sup>m</sup>, находился в 88 км к юго-западу от г. Махачкалы и в 12 км к западу от одноименного районного центра Хунзахского района, откуда произошло название землетрясения.

*Инструментальные данные.* Хунзахское землетрясение записали 169 сейсмических станции мировой сети. Его кинематические и динамические параметры представлены в табл. 1 по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН [2] (сеть DRS) в сопоставлении с решениями международных сейсмологических центров, представленными в различных публикациях [10-12]. Положение эпицентра по данным DRS и разных сейсмологических служб показано на рис. 1.

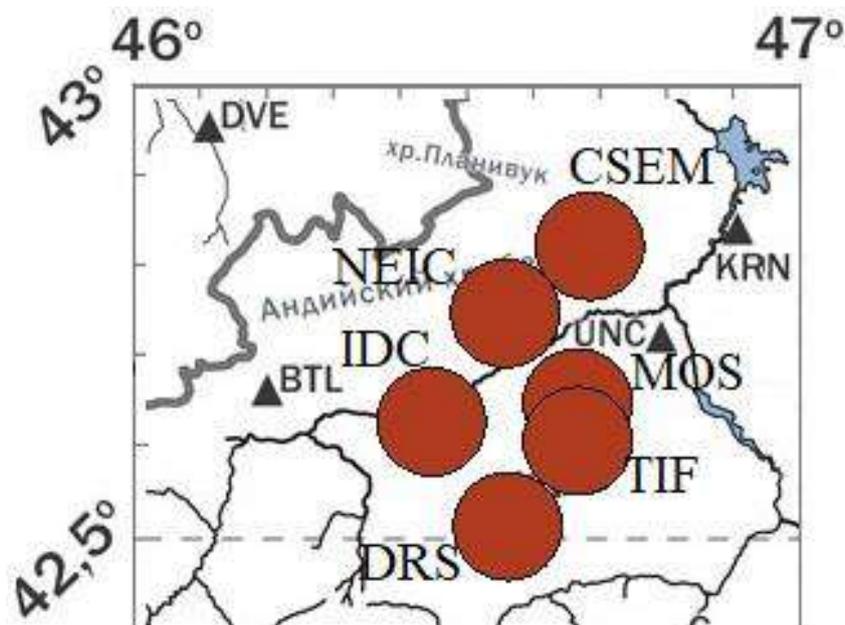


Рис. 1. Решения эпицентра Хунзахского землетрясения 28 июля 2021 г. по данным разных сейсмологических центров (табл. 1)

Таблица 1.

Основные параметры Хунзахского землетрясения 28 июля 2021 г. с  $K_p=12.57$ ,  $M_s=4.76$   
по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН  
в сопоставлении с определениями других агентств.

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		
DRS	00 41 28.56	0.00	42.512		46.558		33		$K_p=12.57$	[1]
MOS	00 41 26.50	1.05	42.648	4.2	46.662	2.8	71.0		$m_b=4.7/15$	[5]
CSEM	00 41 22.30		42.820		46.680				$M_L=4.7$	– " –
NEIC	00 41 21.44	1.89	42.746	11.2	46.554	5.9	10.0f		$m_b=(4.7\pm 0.0)/156$	– " –
TIF	00 41 26.30		42.606		46.662		70.8	1.8		– " –
IDC	00 41 29.42	0.96	42.627	8.6	46.444	7.3	83.6	9.6	$m_b=(4.0\pm 0.1)/25$ , $M_s=(3.2\pm 0.1)/22$	– " –

Примечание. DRS – Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН; MOS – ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, Россия; CSEM – CentreSismologiqueEuro-Mediterraneen, France; NEIC – NationalEarthquakeInformationCenter, USA; TIF– Институт наук о Земле Национального центра сейсмического мониторинга; IDC – InternationalDataCentre, ComprehensiveNuclear-Test-BanTreaty (CTBT), Austria.

Как видно из табл. 1 и рис. 1, разброс решений для эпицентра в широтном направлении почти в два раза больше, чем в долготном направлении, и решения эпицентра всех служб оказались севернее решения эпицентра по данным сети DRS. Кроме того, наблюдается достаточно большой разброс решений глубины гипоцентра – от 10 до 84 км.

**Форшоковая и афтершоковая активность** очаговой зоны Хунзахского землетрясения выражена относительно слабо: были зарегистрированы всего три форшоковых и тринадцать афтершоковых землетрясений (табл. 2)

Таблица 2.

Основные параметры форшоков и афтершоков Хунзахского землетрясения 28 июля 2021 г.

№	Дата	$t_0$ , ч мин с	Гипоцентр			Кр
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$h$ , км	
<b>Форшоки</b>						
1	22.07.2021	14 37 49.0	42.73	46.64	9	6.8
2	17.07.2021	19 21 04.0	42.61	46.68	9	4.1
3	22.07.2021	23 12 31.06	42.75	46.64	6	3.6
<b>Афтершоки</b>						
1	28.07.2021	18 18 18.09	42.59	46.26	60	9.2
2	28.07.2021	20 08 27.02	42.59	46.23	60	5.4
3	04.08.2021	00 43 45.06	42.61	46.24	9	6.2
4	13.08.2021	09 47 49	42.69	46.39	24	4.5
5	15.08.2021	19 47 28	42.77	46.59	9	3.9
6	24.08.2021	11 19 18.01	42.45	46.21	9	9.0
7	24.08.2021	23 04 42	42.67	46.79	3	3.0
8	25.08.2021	21 01 11.07	42.58	46.51	6	9.5
9	25.08.2021	22 19 22.06	42.64	46.74	3	3.7
10	02.09.2021	05 19 40.07	42.49	46.69	6	4.7
11	02.09.2021	18 09 12.04	42.51	46.35	6	5.3
12	04.09.2021	02 23 41.0	42.50	46.39	6	4.9
13	05.09.2021	04 25 40	42.44	46.46	54	6.4

**Макросейсмические данные.** На основании макросейсмического обследования было установлено, что в районном центре Хунзаха, а также в населённых пунктах Сиух, Харахи, Тлох, Ингердах, Нижний Батлук и Мочох максимальная интенсивность сотрясений составила 5 баллов. Было установлено, что в эпицентральной зоне произошли повреждения 1-й степени, т.е лёгкие повреждения: тонкие трещины в штукатурке получили в основном здания типа «А» (здания из рваного камня, сельские постройки, дома из кирпича-сырца, глинобитные дома) [7]. Эти повреждения представляли собой тонкие трещины в стенах и осыпания побелки. Во время опроса населения было выявлено, что в центральной зоне землетрясение ощущалось всеми жителями: спящие проснулись, многие от страха выбежали во двор. Отмечались также раскачивание висячих предметов, хлопанье окон и дверей, звон посуды, падение некоторых предметов с полок.

С интенсивностью сотрясений в 4-5 баллов землетрясение проявилось в следующих населённых пунктах: Унцукуль, Ботлих, Аракани, Тинди, Ругуджа, Гуниб, Дубки, г. Буйнакск, Тлярата и Бежта. В этих населённых пунктах землетрясение большинством людей было замечено в виде сильного короткого удара. Спавшие проснулись, наблюдался испуг, некоторые люди покинули помещение. В домах скрипели полы и потолки, дребезжала посуда и стёкла окон, колебались висячие предметы. Дрожала и скрипела мебель, лёгкие предметы на полках сдвигались со своих мест.

Чох, Дженгутай, Тлянада, Эльбок, Учкентоказались в 4-х балльной зоне. В этих населённых пунктах отмечено дребезжание посуды и оконных стёкол, раскачивание висячих предметов, колебание мебели.

В зоне 3-4-балльной интенсивности сотрясений расположились следующие населённые пункты: Какашура, Кумух, Хасавюрт, Махачкала, Аксай, Каспийск и Сергокала. В этих населённых пунктах землетрясение ощущалось людьми, находившимися в состоянии покоя. Наблюдались колебания висячих предметов, покачивание кроватей.

Уркарах, Грозный, Избербаш оказались в 3-х балльной зоне. Землетрясение ощущали многие жители населённых пунктов в основном на вторых этажах. Спавшие проснулись, ощущали лёгкое дрожание, раскачивались люстры.

Кизляр, Дербент, Ахты, Касумкент расположились в зоне интенсивности сотрясений 2-3 балла. Землетрясение было замечено отдельными людьми в состоянии покоя.

Сведения о макросейсмических проявлениях Хунзахского землетрясения сведены в таблицу 3.

Таблица 3.

Макросейсмические данные о Хунзахском землетрясении 28 июля 2021 г.

№	Пункты	Δ, км	φ <sup>0</sup> ,N	λ <sup>0</sup> ,E	№	Пункты	Δ, км	φ <sup>0</sup> ,N	λ <sup>0</sup> ,E
<b>5 баллов</b>					<b>19</b>	Дженгутай	56	42.70	47.24
<b>1</b>	Сиух	0	42.6	46.55	<b>20</b>	Тлянада	63	42.02	46.51
<b>2</b>	Харахи	5	42.64	46.52	<b>21</b>	Эльбок	69	42.18	45.90
<b>3</b>	Тлох	10	42.89	47.63	<b>22</b>	Учкент	72	43.11	47.08
<b>4</b>	Ингердах	12	42.59	46.39	<b>3-4 балла</b>				
<b>5</b>	Ниж. Ботлук	12	42.66	46.21	<b>23</b>	Какашура	66	42.65	47.39
<b>6</b>	Мочох	12	42.63	46.61	<b>24</b>	Кумух	66	42.17	47.11
<b>7</b>	Хунзах	12	42.54	46.70	<b>25</b>	Хасавюрт	72	43.24	46.58
<b>4-5 баллов</b>					<b>26</b>	Махачкала	87	42.97	47.49
<b>8</b>	Унцукуль	22	42.71	46.78	<b>27</b>	Аксай	87	43.37	46.44
<b>9</b>	Ботлих	28	42.66	46.21	<b>28</b>	Каспийск	91	42.89	47.63
<b>10</b>	Аракани	34	42.61	46.99	<b>29</b>	Сергокала	91	42.45	47.66

<b>11</b>	Тинди	36	42.45	41.13	<b>3 балла</b>				
<b>12</b>	Ругуджа	38	42.35	46.91	<b>30</b>	Уркарах	100	42.16	47.63
<b>13</b>	Гуниб	39	42.38	46.96	<b>31</b>	Грозный	104	43.30	45.67
<b>14</b>	Дубки	50	43.02	46.84	<b>32</b>	Избербаш	108	42.56	47.87
<b>15</b>	Буйнакск	52	42.82	47.11	<b>2-3 балла</b>				
<b>16</b>	Глярата	56	42.10	46.35	<b>33</b>	Кизляр	142	43.85	46.72
<b>17</b>	Бежта	61	42.13	46.12	<b>34</b>	Дербент	154	42.07	48.3
<b>4 балла</b>					<b>35</b>	Ахты	160	41.46	47.75
<b>18</b>	Чох	48	42.31	47.03	<b>36</b>	Касумкент	166	41.67	48.15

На рис.4 приведена карта изосейст данного землетрясения, по которой были определены макросейсмические параметры эпицентра:  $\varphi_M=41.67^0$  N,  $\lambda_M=46.56^0$  E,  $h_M=20$  км.

Расчётная интенсивность сотрясений в эпицентре по известному макросейсмическому уравнению Н.В. Шебалина [8] с использованием значений коэффициентов, определённых для территории Дагестана [5] :  $I_0=1.5M_S - 3.6lg(h) + 3.1$ , составила  $I_0=5.4$  балла, а макросейсмическая глубина гипоцентра –  $h_M=20$  км.

Оценка геометрических размеров макросейсмического поля Хунзахского землетрясения, снятая с карты изосейст, приведена в таблице 4.

Таблица 4.

Основные параметры макросейсмического поля Хунзахского землетрясения 28 июля 2021 г.

<b>I<sub>0</sub>, баллы</b>	<b>Геометрические параметры изосейст</b>			
	<b>L<sub>б</sub>, км</b>	<b>L<sub>м</sub>, км</b>	<b>L<sub>ср</sub>, км</b>	<b>L<sub>б</sub> / L<sub>м</sub></b>
<b>5</b>	34.4	20	27.2	1.72
<b>4</b>	142	85	113.5	1.67
<b>3</b>	309	192	250.5	1.60

За исторический период в данной зоне зарегистрировано 26 сильных землетрясений: в 1844 г. с  $M_S=5.3$ ;  $I_0=7$  баллов; 28.08.1865 г. с  $M_S=4.8$ ;  $I_0=6-7$  баллов; 14.05.1876 г. с  $M_S=4.8$ ;  $I_0=7$  баллов; 02.07.1893 г. с  $K_p=4.9$ ;  $I_0=5-6$  баллов; 19.12.1899 г. с  $M_S=4.9$ ;  $I_0=5-6$  баллов; 06.02.1901 г. с  $M_S=4.8$ ;  $I_0=5-6$  баллов; 28.03.1904 г. с  $M_S=4.5$ ;  $I_0=6$  баллов; 01.04.1950 г. с  $M_S=4.2$ ;  $I_0=5$  баллов; 23.12.1952 г. с  $M_S=4.2$ ;  $I_0=4$  балла; 27.02.1953 г. с  $M_S=4.9$ ;  $I_0=5$  баллов; 23.05.1958 г. с  $M_S=4.4$ ;  $I_0=6$  баллов; 04.06.1960 г. с  $M_S=4.3$ ;  $I_0=6$  баллов; 06.10.1965 г. с  $M_S=4.4$ ;  $I_0=5$  баллов; 13.11.1974 г. с  $M_S=5.0$ ;  $I_0=7$  баллов; 22.10.1985 г. с  $M_S=4$ ;  $I_0=5$  баллов; 05.05.1987 г. с  $M_S=4.7$ ;  $I_0=5$  баллов; 30.11.1988 г. с  $M_S=4.2$ ;  $I_0=5$ -баллов; 15.02.1992 г. с  $M_S=4.7$ ;  $I_0=7$  баллов; 15.02.1992 г. с  $M_S=4.3$ ;  $I_0=6$  баллов; 15.02.1992 г. с  $M_S=4.4$ ;  $I_0=6$  баллов; 11.03.1992 г. с  $M_S=4.3$ ;  $I_0=5-6$  баллов; 07.07.1998 г. с  $M_S=4.2$ ;  $I_0=6$  баллов; 28.02.2001 г. с  $M_S=4.3$ ;  $I_0=3$  балла; 05.08.2007 г. с  $M_S=4.3$ ;  $I_0=6$  баллов; 05.02.2010 г. с  $M_S=4.2$ ;  $I_0=5$  баллов; 13.05.2016 г. с  $M_S=5.27$ ;  $I_0=5$  баллов.

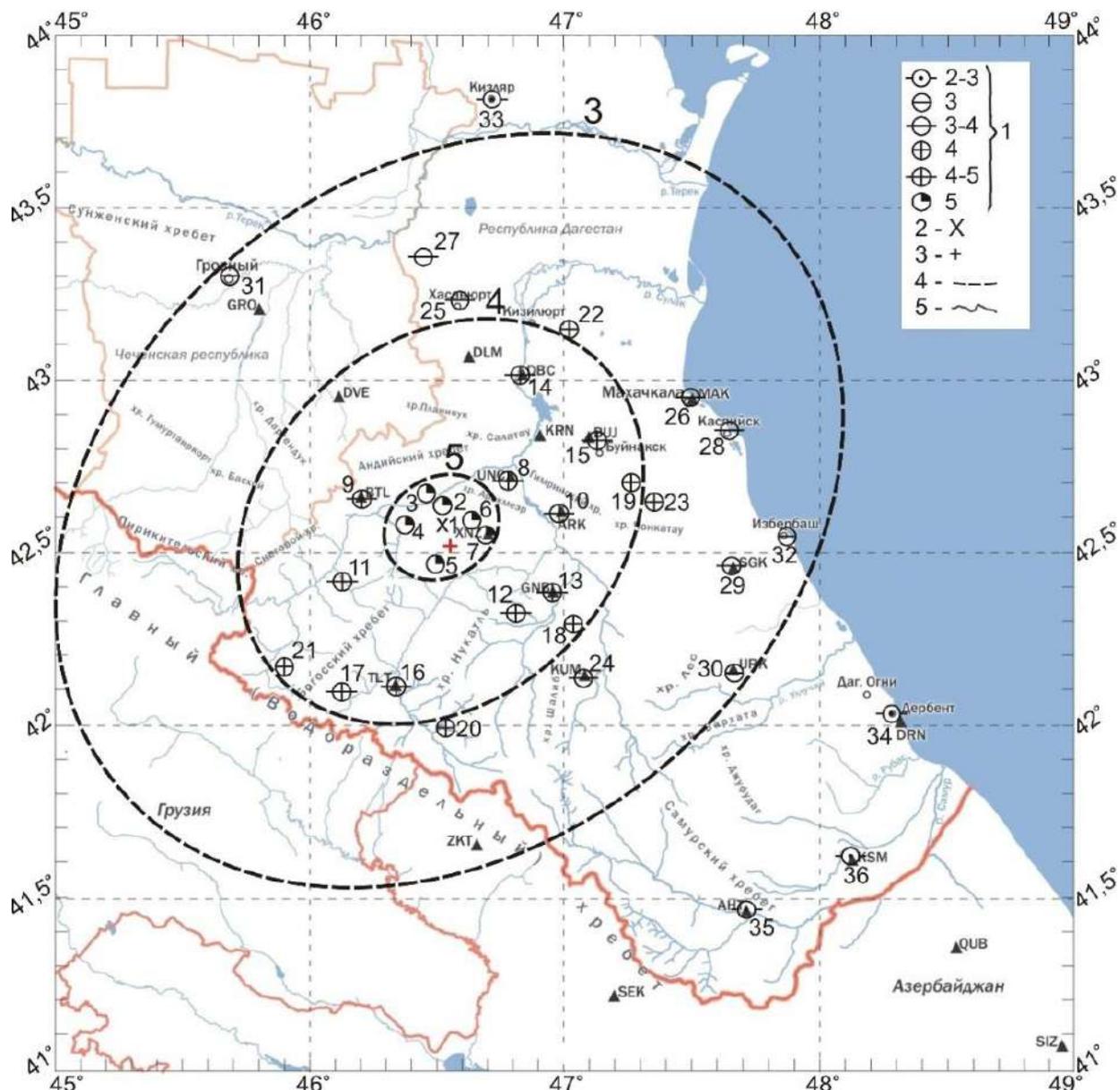


Рис. 2. Карта изосейст Хунзахского землетрясения 28 июля в 00 ч. 41 мин. 2021 г. с  $K_p=12.57$  и  $M_s=4.7$ :  
 1 – интенсивность сотрясений, 2 – макросейсмический эпицентр, 3 – инструментальный эпицентр,  
 4 – линия изосейсты, 5 – государственная граница.

Параметры эпицентров перечисленных исторических землетрясений приведены в таблице 5, а карта эпицентров исторических землетрясений приведена на рисунке 3.

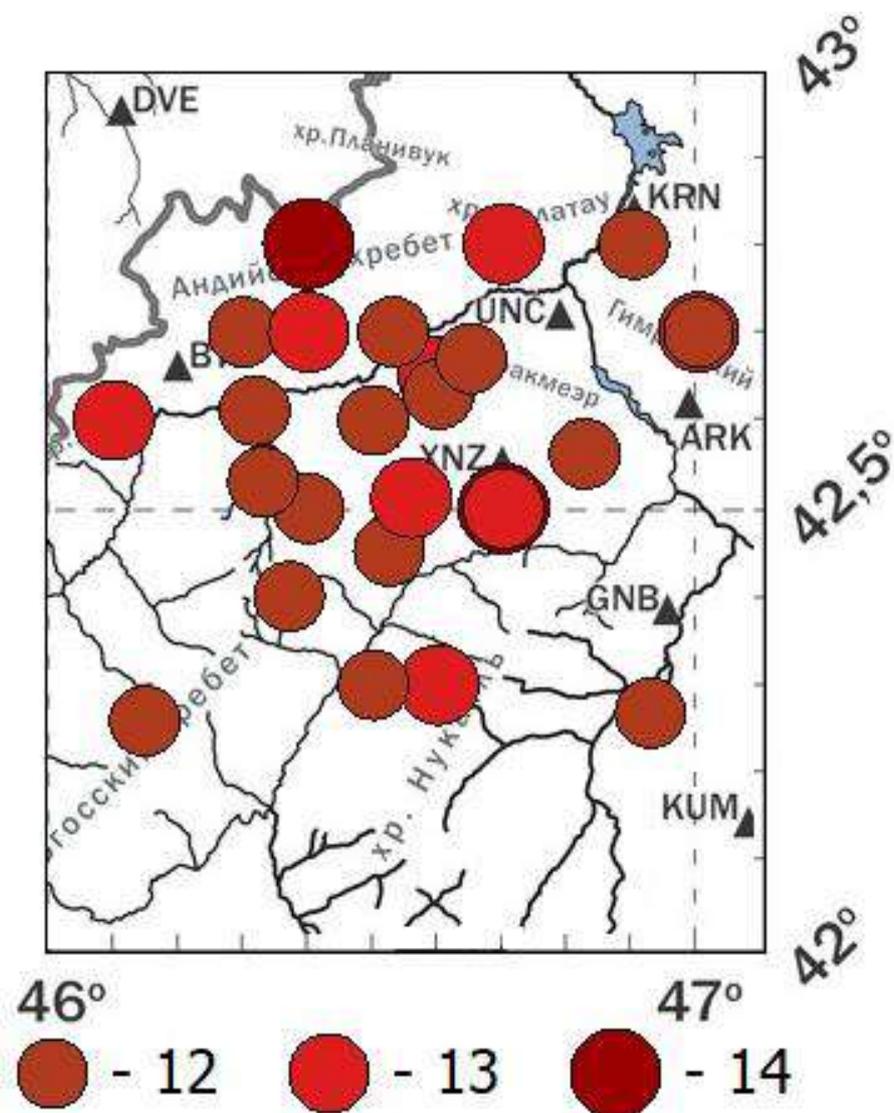


Рис. 3. Карта эпицентров исторических землетрясений в очаговой зоне Хунзахского землетрясения за 1844-2021 гг.

Таблица 5.

Основные параметры ощутимых землетрясений в очаговой зоне Хунзахского землетрясения за 1844-2021 гг.

№	Дата	t <sub>0</sub> , ч. мин. сек	Эпицентр		h <sub>0</sub> , км	M <sub>S</sub>	K <sub>p</sub>	I <sub>0</sub> балл	Источник
			φ <sup>0</sup> ,N	λ <sup>0</sup> ,E					
1	12.03.1844	00-00-00	42.5	46.7	15	5.3	13.54	7	9
2	28.08.1865	10-50-00	42.6	46.1	15	4.8	12.64	6-7	6
3	14.05.1876	01-00-00	42.7	47.0	15	4.8	12.64	7	6
4	02.07.1893	01-15-00	42.5	46.7	15	4.9	12.82	5-6	9
5	19.12.1899	18-40-00	42.3	46.6	25	4.9	12.82	5-6	6
6	06.02.1901	15-00-00	42.8	46.7	22	4.8	12.64	5-6	9
7	28.03.1904	10-17-10	42.8	46.9	12	4.5	12.1	6	9
8	01.04.1950	12-27-57	42.6	46.5	30	4.2	11.56	5	9
9	23.12.1952	03-21-09	42.5	46.4	30	4.2	11.56	4	9
10	27.02.1953	20-30-04	42.9	46.8	30	4.9	12.82	5	9
11	23.05.1958	20-51-29	42.3	46.5	11	4.4	11.92	6	9

12	04.06.1960	12-28-27	42.7	47.0	9	4.3	11.74	6	9
13	06.10.1965	18-02-14	42.7	46.3	20	4.4	11.92	5	9
14	13.11.1974	02-36-22	42.7	46.4	7	5.0	13	7	3
15	22.10.1985	01-26-11	42.53	46.33	25	4.2	11.5	5	9
16	05.05.1987	10-40-47	42.1	46.53	25	4.7	12.6	5	9
17	30.11.1988	22-02-01	42.4	46.37	0	4.2	11.5	5-6	9
18	15.02.1992	12-52-46	42.65	46.6	15	4.7	12.5	7	4
19	15.02.1992	13-30-30	42.63	46.6	16	4.3	11.8	6	4
20	15.02.1992	13-37-35	42.7	46.53	15	4.4	12	6	4
21	11.03.1992	02-26-05	42.67	46.65	15	4.2	11.6	5-6	4
22	07.07.1998	11-28-17	42.27	46.93	4	4.2	11.6	6	9
23	28.02.2001	15-30-38	42.5	46.82	59	4.3	11.95	3	9
24	05.08.2007	23-10-54	42.61	46.32	8	4.3	11.79	6	1
25	05.02.2010	14-04-21	42.45	46.52	3	4.2	11.69	5-6	2
26	13.05.2016	21-17-47	42.8	46.4	28	5.27	13.5	6	2
27	28.07.2021	00-41-28	42.51	46.56	6	4.7	12.57	5	2

### Литература

1. Абдуллаева А.Р., Амиров С.Р., Асманов О.А., Даниялов М.Г., Левкович Р.А. Дагестан // Землетрясения Северной Евразии в 2007 г. – Обнинск, 2013. – С. 95-99.
2. Адиллов З.А., Асекова З.О., Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю., Павличенко И.Н., Шахмарданова С.Г. // Каталог (оригинал) землетрясений Дагестана. – Махачкала: Фонды ДФ ФИЦ ЕГС РАН, 2021 г.
3. Асманов О.А., Арефьев С.С., Каспаров С.А., Левкович Р.А. Киятлинское землетрясение // Землетрясения в СССР в 1975 г. – М.: Наука, 1978. – С. 36-42.
4. Асманов О.А., Левкович Р.А., Мирзалиев М.М. Глохское землетрясение 15 февраля 1992 г. // Землетрясения Северной Евразии в 1992 г. – М.: ОИФЗ РАН, 1997. – С. 22-28.
5. Асманов О.А., Мусалаева З.А. Определение коэффициентов уравнения макросейсмического поля Дагестана // Сейсмологический бюллетень Кавказа 1976 г. – Тбилиси: Мецниереба, 1979. – С. 134-138.
6. Асманов О.А., Мусалаева З.А., Левкович Р.А., Шебалин Н.В. (Отв. сост.). Кавказ // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времён до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 69-170.
7. Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР – М.: Наука, 1968. – С. 151-162.
8. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 95-111.
9. Общий каталог землетрясений на территории Дагестана. Макросейсмические и инструментальные данные о землетрясениях за период с VII в.н.э. до 2005 года. – Махачкала: Эпоха, 1997. – 394 с.
10. International Seismological Centre, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2016. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
11. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. Некоторые результаты исследований геотектонических условий и современной сейсмичности Восточного Кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т. 9. № 1. С. 29-42.
12. Мамаев С.А., Черкашин В.И., Магомедов Р.А., Таймазов Д.Г., Мамаев А.С. Сейсмическая безопасность Республики Дагестан - проблемы и пути решения // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 3 (82). С. 67-80.

УДК 550.34

DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-97-102

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ПОВТОРНЫМ  
НАБЛЮДЕНИЯМ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВ

Таймазов Д.Г.

*Единая геофизическая служба РАН, Россия, г. Обнинск;  
Институт геологии ДФИЦ РАН, Россия, г. Махачкала*

В работе описывается предлагаемый автором алгоритм единовременного прогноза всех сильных землетрясений на контролируемой территории на заданный временной интервал в будущем. Он базируется на наблюдении за площадным распределением годовых приращений средневзвешенных значений резонансных частот в широкой полосе. В алгоритм заложена возможность создания для его реализации программы с машинным обучением.

*Ключевые слова:* прогноз землетрясений, высокочастотный сейсмический шум, резонансная частота, сейсмоприемник, весовой коэффициент, кольцевые структуры, машинное обучение.

ALGORITHM FOR EARTHQUAKE PREDICTION BASED ON REPEATED OBSERVATIONS  
OF HIGH-FREQUENCY SEISMIC NOISES

Taymazov D.G.

*Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences, Russia, Obninsk;  
Institute of Geology of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences*

The paper describes the algorithm proposed by the author for a one-time prediction of all strong earthquakes in a controlled area for a given time interval in the future. It is based on the observation of the areal distribution of annual increments of the weighted average values of resonant frequencies in a wide band. The algorithm has the ability to create a program with machine learning for its realization.

*Keywords:* high-frequency seismic noise, seismic sensor, the resonant frequency earthquake prediction, high-frequency seismic noise, resonant frequency, seismic sensor, weighting factor, ring structures, machine learning.

**Введение.** Известный метод контроля напряженного состояния земной коры для прогноза сильных землетрясений по наблюдениям высокочастотных сейсмических шумов (ВСШ) [1,2] включает в себя выделение зон возможных сильных землетрясений, в которых проводятся режимные наблюдения за ВСШ. В зарегистрированном шумовом сигнале выделяются компоненты, связанные с земными приливами, а по стабилизации разности фаз выделенных компонент с гравитационными приливными волнами выносится заключение о напряженном состоянии земной коры, подготовке сильного землетрясения и прогнозируют вероятность его реализации.

Недостатком этого алгоритма является ресурсоемкость наблюдений, связанная с необходимостью проведения их в непрерывном режиме одновременно на многих пунктах, для охвата всей сейсмоопасной территории, в течение времени, достаточном для выделения в них приливной гармоник, идентификации ее фазы и локализации эпицентров прогнозируемых землетрясений – зоны возможных сильных землетрясений предварительно, другими методами. Другой недостаток – узкая полоса регистрируемых частот и связанная с этим недостаточная помехозащищенность определяемых параметров – огибающей приливной волны и ее фазы на фиксированной несущей частоте ВСШ от воздействий антропогенных, ветровых, температурных и других факторов. Это приводит к необходимости предварительного определения характеристик этих воздействий и очищения от них исходного ряда данных. В итоге все это приводит к недостаточной эффективности прогноза.

Другой подход к прогнозу землетрясений, предложенный нами в [3], предполагает многолетние детальные режимные наблюдения геофизических полей на контролируемой территории,

связанных с деформациями земной коры, например, микросейсмической эмиссии, поиск закономерностей в пространственно-временном распределении параметров этих полей и определение по ним и известным соотношениям между параметрами самих прогнозируемых землетрясений координат их очагов, магнитуд и времени, оставшейся до их реализации.

Недостатком этого подхода является то, что для его реализации необходимы режимные площадные наблюдения используемых геофизических полей, в данном случае микросейсмической эмиссии, надежная регистрация которой возможна только при наличии достаточно плотной сети широкополосных сейсмоприемников. Кроме того, получаемая информация (уровень микросейсмической эмиссии) подвержена воздействию экзогенных и антропогенных помех.

В настоящей работе обсуждаются пути преодоления указанных трудностей и предлагается пошаговый алгоритм их реализации.

### Описание алгоритма

В обсуждаемом алгоритме предлагается замена непрерывных площадных наблюдений уровня микросейсмической эмиссии эпизодическими наблюдениями высокочастотных сейсмических шумов (ВСШ) с использованием предложенного нами ранее широкополосного резонансного сейсмоприемника [4,5]. Основная идея заключается в использовании зависимости собственных частот «звучания» горных пород или, другими словами, спектральной плотности интенсивности ВСШ от механических напряжений в породах. На такую зависимость указывает тот факт, что частота подземных звуков увеличивается с глубиной [6], т.е. с увеличением геостатического давления, а следовательно, и напряжений, а также общефизической закономерностью, заключающейся в том, что с ростом механических напряжений  $\sigma$  в объекте растет его собственная частота  $f$ , причем, с точностью до постоянного коэффициента, эта зависимость имеет вид

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

откуда следует, что

$$\sigma \approx f^2 \rho, \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность объекта. В случае горных пород рост собственных частот с увеличением напряжений сжатия с глубиной происходит по двум основным причинам – за счет преимущественного уменьшения коэффициента поглощения для высокочастотной части спектра за счет уменьшения пористости среды и за счет увеличения нормальных напряжений на микротрещинах и, как следствие, трения между их бортами. Микротрещины собственно и являются источниками ВСШ.

Исходя из вышеизложенного, в предлагаемом алгоритме, также, как и в аналогах, предусмотрены многолетние площадные наблюдения на контролируемой территории слабых сейсмических шумов, поиск закономерностей в их пространственно-временном распределении и определение по ним и известным соотношениям между параметрами прогнозируемых землетрясений координат очагов, магнитуд и времени, оставшейся до их реализации. Но, в отличие от описанных в [1-3], он не предполагает наличия сети режимных наблюдений ВСШ или широкополосных сейсмографов, требующих постоянного контроля и эксплуатационных расходов. Вместо этого на контролируемой территории предполагается создание долговременной сети пунктов для повторных наблюдений ВСШ в выбранной полосе частот, например, от 1 до 200 Гц, одним или несколькими приемниками ВСШ сканирующего типа, в режиме «опроса». Для этого достаточно создать на каждом пункте условия для идентичной во всех случаях установки приемника ВСШ с обеспечением его плотного контакта с коренными породами. Наблюдения на пунктах могут проводиться эпизодически, например, 1 раз в год.

На каждом пункте  $i \in [1; J]$ , где  $J$  – общее число пунктов наблюдений, для начальной эпохи  $t_0$  в указанной полосе выявляются резонансные частоты  $f_{ji}(t_0)$ , где  $j \in [1; J]$ , а  $J$  – их об-

щее число, со спектральной плотностью интенсивности ВСШ, превышающей ее среднеквадратичные отклонения от математического ожидания для всей полосы, например в 3 раза. По высоте резонансных пиков определяются отношения интенсивностей каждой из них к суммарной интенсивности (суммарной высоте пиков) и эти отношения принимаются за их весовые коэффициенты  $P_{ji}$ .

На всех  $J$  пунктах проводятся повторные наблюдения через фиксированные интервалы времени, например в 1 год, в течение всего периода наблюдений. В каждую  $n$ -ю эпоху, где  $n \in [0; N]$ ,  $N$  – продолжительность наблюдений в целых числах лет, для каждого пункта определяются годовые приращения квадратов всех  $J$  резонансных частот в относительных единицах

$$\Delta\varphi_{ji}(t_n) = \frac{f_{ji}^2(t_n) - f_{ji}^2(t_{n-1})}{f_{ji}^2(t_n)}, \quad (3)$$

а затем их средневзвешенные значения  $\Delta\Phi_i(t_n)$  с учетом весовых коэффициентов

$$\Delta\Phi_i(t_n) = \frac{\sum_1^J P_{ji}(t_n) \Delta\varphi_{ji}(t_n)}{\sum_1^J P_{ji}(t_n)}. \quad (4)$$

Для дальнейшего анализа вводится безразмерный параметр  $P_i(t_n) \in [-1; 1]$ , равный отношению каждого приращения  $\Delta\Phi_i(t_n)$  к максимальному модулю из всех приращений:

$$P_i(t_n) = \frac{\Delta\Phi_i(t_n)}{|\Delta\Phi_i(t_n)|_{\max}}. \quad (5)$$

Учитывая, что согласно (2) механические напряжения в материалах пропорциональны квадрату их собственных частот, по соотношениям (2-5) нетрудно проследить, что параметр  $P_i(t_n)$  в (5) пропорционален приращениям механических напряжений  $\sigma$  в породах на пунктах наблюдений и, как следствие, упругой составляющей их относительных деформаций  $\varepsilon$ .

Тот факт, что во временных рядах стационарных наблюдений ВСШ выделяются гармоники, обусловленные приливными деформациями земной коры, амплитуды которых в относительных единицах составляют примерно  $\delta\varepsilon \approx 10^{-8}$  [7,8], означает, что в результате обработки площадных наблюдений ВСШ могут быть также выделены вызванные такими же деформациями, но тектонической природы, приращения значений параметра  $P_i(t_n)$ . Другими словами, в пределах достижимой точности оценки параметров готовящихся землетрясений можно полагать, что минимально обнаружимые приращения параметра  $P_i(t_n)$  отвечают приращениям деформаций порядка  $\delta\varepsilon \approx 10^{-8}$  и соответствующих напряжений  $\delta\sigma$ , в том числе и тангенциальных  $\delta\sigma_\tau$ , и будут соответствовать расстоянию от эпицентра, равному радиусу зоны подготовки прогнозируемого землетрясения  $\Delta$ . В соответствии с этим, согласно предлагаемому алгоритму, прогнозирование землетрясений предполагается осуществлять по пространственно-временному распределению параметра  $P_i(t_n)$  и поскольку для этого густота и равномерность расположения пунктов наблюдения ВСШ может оказаться недостаточной, то для облегчения обработки наблюдательных данных на контролируемой территории вводится прямоугольная координатная сетка с квадратными ячейками с размерами сторон, например 10 км, которые могут быть оптимизированы в ходе апробирования способа.

Путем линейной интерполяции значений параметров  $P_i(t_n)$  на пунктах определяются их значения  $P_s(t_n)$  для каждого узла координатной сетки, где  $s \in [1; S]$ ,  $S$  – общее число узлов. Очевидно, что параметр  $P_s(t_n)$  также пропорционален значениям  $\delta\sigma$  и  $\delta\varepsilon$  в узлах координатной сетки.

Далее, в площадном распределении параметра  $P_s(t_n)$  известными математическими методами [9] выделяются кольцевые структуры. По внешним радиусам кольцевых структур  $\Delta_z(t_n)$ ,

где  $z \in [1; Z]$ , а  $Z$  – их общее число, в предположении соответствия  $\Delta_z(t_n)$  наименьшим обнаружимым относительным деформациям в  $\varepsilon \cong 10^{-8}$ , с использованием известных теоретических соотношений [10,11]

$$K = \lg E(\text{Дж}) = 1,5M + 4,8, \quad (6)$$

$$\Delta = \frac{10^{0,433 \cdot M - 2,73}}{\varepsilon^{1/3}} = \frac{10^{0,288K - 4,116}}{\varepsilon^{1/3}}, \quad (7)$$

и

$$\lg \tau(\text{лет}) = \frac{1}{3} \lg E(\text{Эрг}) - 5,75 = 0,333 \cdot \lg E(\text{Дж}) - 3,417, \quad (8)$$

где  $M$  – магнитуда землетрясения,  $K$  – его энергетический класс,  $\tau$  – время подготовки землетрясения (сейсмический цикл), определяются текущие значения сейсмической энергии, накопленной в формирующихся очагах для каждой эпохи измерений  $t_n$

$$E_z(t_n) = 10^{3,472 \lg \Delta_z(t_n) + 5,031} (\text{Дж}), \quad (9)$$

годовые приращения энергии в предположении его равномерного поступления

$$\Delta E_z(t_n) = E_z(t_n) - E_z(t_{n-1}) = \frac{E_z}{\tau_z} = \frac{10^{K_z}}{10^{0,333K_z - 3,417}} = 10^{0,667K_z + 3,417} \left( \frac{\text{Дж}}{\text{год}} \right), \quad (10)$$

энергетические классы  $K_z = \lg E_z$  прогнозируемых землетрясений

$$K_z = 1,5 \cdot \lg \Delta E_z(t_n) - 5,126 \quad (11)$$

и время их подготовки [12]

$$\tau_z = 10^{0,333K_z - 3,417} (\text{лет}). \quad (12)$$

Из соотношений (10) и (11) определяется время, прошедшее с начала подготовки каждого землетрясения до текущего момента времени  $t_n$

$$\tau_z(t_n) = \frac{E_z(t_n)}{\Delta E_z(t_n)} = \frac{10^{3,472 \lg \Delta_z(t_n) + 5,031}}{10^{0,667K_z + 3,417}} = 10^{3,472 \lg \Delta_z(t_n) - 0,667K_z + 1,614} (\text{лет}), \quad (13)$$

и время, оставшееся до реализации каждого прогнозируемого землетрясения

$$\Delta \tau_z = \tau_z - \tau_z(t_n). \quad (14)$$

Соотношения (1-14), на которых базируется писанный алгоритм, применимы только для однородной консолидированной среды, т.е. на стадии накопления упругих деформаций в земной коре, поэтому его следует считать алгоритмом долго- и среднесрочного прогноза землетрясений. На этой стадии параметр  $P_s(t_n)$  имеет положительный знак, а по величине может возрастать со временем, оставаться постоянным или убывать. Если значение этого параметра со временем становится близким к нулю, а затем и отрицательным, то это является свидетельством развития дезинтеграционных процессов в земной коре и интерпретируется как краткосрочный предвестник землетрясений.

### Заключение

Таким образом, описанный алгоритм прогнозирования землетрясений включает в себя следующую последовательность действий: 1) создание на сейсмоопасной территории наблюдательной сети и проведение повторных площадных наблюдений ВСШ с использованием для этого предложенного нами в [4] широкополосного резонансного сейсмоакустического приемника сканирующего типа; 2) проведение на этих пунктах измерений в выбранной полосе частот, например от 1 до 200 Гц, в режиме опроса одним или несколькими приемниками ВСШ сканирующего типа; 3) выявление на каждом пункте в указанной полосе частот в начальную эпоху  $t_0$  резонансных частот со спектральной плотностью интенсивности, превышающей ее среднеквадратические отклонения от среднего в 3 и более раз; 4) определение по высотам пиков их весовых коэффициентов  $P_{pi}$  как отношений интенсивностей каждой из частот к их суммарной интенсивности (суммарной высоте пиков); 5) проведение повторных наблюдений на пунктах через фиксированные интервалы времени, например каждый год, в течение всего пе-

риода наблюдений; б) определение в каждую  $n$ -ю эпоху для каждого пункта годовых приращений квадратов всех резонансных частот в относительных единицах и их средневзвешенных значений с учетом весовых коэффициентов; 7) введение безразмерного параметра  $P_i(t_n) \in [-1; 1]$ , равного отношению каждого приращения  $\Delta\Phi_i(t_n)$  к максимальному из всех модулей приращений; 8) введение на контролируемой территории прямоугольной координатной сетки с квадратными ячейками с заданными размерами сторон, например 10 км; 9) определение путем интерполяции значений параметра  $P_i(t_n)$  на пунктах наблюдений его расчетных значений  $P_s(t_n)$  для каждого узла координатной сетки; 10) выделение известными математическими методами кольцевых структур в распределении параметра  $P_s(t_n)$  в узлах координатной сетки; 11) определение по внешним радиусам кольцевых структур  $\Delta z(t_n)$  и известным теоретическим соотношениям между параметрами землетрясений значений сейсмической энергии  $E_z(t_n)$ , накопленной в формирующихся очагах к  $n$ -й эпохе  $\tau_z(t_n)$  измерений, годовых приращений энергии в них  $\Delta E_z(t_n)$  в предположении его равномерного поступления, энергетических классов  $K_z = I g E_z$ , времени подготовки  $\tau_z$ , а также времени, оставшейся до реализации каждого из прогнозируемых землетрясений  $\Delta\tau_z = \tau_z - \tau_z(t_n)$ ; 12) составление по полученным данным долго- и среднесрочных прогнозов места, силы и времени землетрясений; 13) формирование краткосрочных прогнозов землетрясений для тех кольцевых структур, на которых выявлены отрицательные значения параметра  $P_s(t_n)$ .

*Основными ожидаемыми преимуществами предлагаемого алгоритма по сравнению с известными аналогами, являются многократное уменьшение стоимости аппаратного обеспечения и трудоемкости проведения наблюдений и существенно более высокая чувствительность, помехозащищенность и информативность результатов измерения приращений собственных частот горных пород, которые практически не зависят от установки приемника на пункте наблюдения, от его акустического контакта с породой и от возможной неустойчивости метрологических характеристик самих приборов.*

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

*Разумеется, точность оценки прогнозируемых параметров ограничивается приближенным характером используемых теоретических соотношений и неоднородностью среды, но в программной реализации алгоритма будет предусмотрено машинное обучение путем вариации коэффициентов и показателей степени в используемых базовых соотношениях с использованием для этого первых результатов сопоставления параметров землетрясений, спрогнозированных по этому алгоритму на определенный период времени, с параметрами землетрясений, произошедших за этот период.*

## Литература

1. Пат. 2105332 Российская Федерация. Способ контроля напряженного состояния земной коры для прогноза сильных землетрясений /Салтыков В.А., Синицын В.И., Чебров В.Н. № 94042027/25 Заявл. 23.11.94. Оpubл. 20.02.98. Бюл. № 5. [https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet](https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet)
2. Салтыков В. А. О возможности использования приливной модуляции сейсмических шумов в целях прогноза землетрясений //Физика Земли. 2017. № 2. С. 84–96. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_28917481\\_41714455.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28917481_41714455.pdf)
3. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Способ прогнозирования тектонических землетрясений. Патент РФ № 2660771. Опубликовано 09.07.2018 г. в БИ №19 (7 с.). [https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet](https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet)
4. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоакустический приемник. Патент РФ № 2660768. Опубликовано 09.07.2018 г. в БИ №19 (11 с.). [https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet](https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet)

5. Таймазов Д.Г., Таймазов М.Д. Широкополосный резонансный сейсмоприемник //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 227-230.
6. Атлас временных вариаций природных, антропогенных процессов: Т. 2. Циклическая динамика в природе и обществе. М.: Научный мир, 1998. 432 с. [https://fiz.1sept.ru/view\\_article.php?ID=201000314](https://fiz.1sept.ru/view_article.php?ID=201000314)
7. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Явление модуляции высокочастотных сейсмических шумов Земли. Открытия в СССР в 1983 г. М.: ВНИИПИ. 1984. С. 46.
8. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Модуляция высокочастотных микросейсм //Доклады Академии наук СССР 1978. Том 238, № 2, с. 303-306. <file:///C:/Users/Djamal/Downloads/dan41470.pdf>
9. Овчаренко А.В. Разделение геополей на компоненты с априорно заданными свойствами //Докл. РАН. Т.342, №4. 1995. С.537-539. <http://www.mathnet.ru/links/16fcb486225ed292d5ecb0da369e0ad7/dan49906.pdf>
10. Ризниченко Ю.В. Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент //Исследования по физике землетрясений. М.: Наука, 1976. С. 9–27.
11. Прогноз землетрясений. Изд-ство «Дониш», Москва-Душамбе, 1983-1984. Отв. ред. М.А. Садовский. ИФЗ РАН. № 3, 1983. 216 с.
12. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. О зависимости времени подготовки землетрясения от его энергии //Докл. АН СССР, 1983, т. 271, № 2. С. 330–333. <http://www.mathnet.ru/links/20dca258987e11f57b401cd302ff8910/dan46182.pdf>

## Информация для авторов

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

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

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

### Правила оформления рукописи в журнале

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

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

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

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

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

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

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

6. Основные структурные элементы статьи:

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

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

## Технические требования

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

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

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

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

Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

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

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

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

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

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

**Рукописи, оформленные с нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.**

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



**ISSN: 2541-9684**

**Научное издание**

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

*ПИ № ФС77-67725 от 10 ноября 2016 года*

Ежеквартальный научный журнал  
**"Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН"**  
Выпуск № 3 (90) 2022

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

*Дизайн – Черкашин В.И.*

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

*Набор – Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С.*

---

Подписано в печать 28.12.2022 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.

Усл. п. л. 12,32. Уч.-изд. л. 6,7. Тираж 200 экз. Заказ №22-12-28.



Отпечатано в типографии АЛЕФ

367002, РД, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 64

Тел.: +7 (8722) 935-690, 599-690, +7 (988) 2000-164

www.alefgraf.ru, e-mail: alefgraf@mail.ru