ISSN: 2541-9684

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт геологии
Дагестанского федерального
исследовательского центраРАН

№ 4 (95), 2023
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,	*Алхасов А.Б.*
академик РАН, Коми НЦ УрО РАН	*Асхабов А.М.*
д.г.-м.н., г.н.с., профессор ГИН РАН	*Гаврилов Ю.О.*
академик РАН, ОНЗ РАН	*Глико А.О.*
член-корреспондент НАН Азербайджана	*Алиева Э.Г-М*
д.ф.-м.н., профессор, Геофизический институт ВНЦ РАН,	*Заалишвили В.Б.*
д.г.-м.н., профессор, ИГиИС НАН Армении	*Карапетян Д.К.*
д.ф.-м.н., Чеченской академии наук	*Керимов И.А.*
член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н., профессор, ДФИЦ РАН	*Муртазаев А.К.*
член-корреспондент РАН, ОНЗ РАН	*Морозов Ю.А.*
д.ф.-м.н., профессор, ДГУ	*Рабаданов М.Х.*
академик РАН, ГИН РАН	*Федонкин М.А.*

Редакционная коллегия:

д.г.-м.н., г.н.с., ДФИЦ РАН	*Черкашин В.И.* *(главный редактор)*
к.т.н., в.н.с., ДФИЦ РАН	*Мамаев С.А.* *(зам. главного редактора)*
к.ф.-м.н, вн.с., ДФИЦ РАН	*Алиев И.А.*
к.г.н., в.н.с., ДФИЦ РАН	*Атаев З.В.*
д.т.н., профессор, ДГТУ	*Ахмедов Г.Я.*
д.т.н., профессор, ДГУ	*Ахмедов С.А.*
д.ф.-м.н., профессор, ДГУ	*Ашурбеков Н.А.*
к.г.-м.н.,в.н.с., ДФИЦРАН	*Газалиев И.М.*
д.г.-м.н., г.н.с.,ИПГ ВЭ – ИВТАН РАН	*Гусейнов А.А.*
д.б.н., г.н.с., профессор, ДФИЦ РАН	*Залибеков З.Г.*
к.ф.-м.н., ДФИЦ РАН	*Ибаев Ж.Г.*
д.ф.-м.н., г.н.с., ДФИЦ РАН	*Идармачев Ш.Г.*
к.г.н., в.н.с., ДФИЦ РАН	*Идрисов И.А.*
к.с-х.н., с.н.с., ДФИЦ РАН	*КондаковВ.М.*
д.ф.-м.н., профессор, ДГУ	*Курбанисмаилов В.С.*
к.г.-м.н., в.н.с., (научный редактор), ДФИЦ РАН	*Магомедов Р.А.*
д.г.-м.н., г.н.с., профессор, ИПГ ВЭ – ИВТАН РАН	*Маммаев О.А.*
к.ф.-м.н., ДФИЦ РАН	*Таймазов Д.Г.*
к.г.-м.н., ДФИЦ РАН	*Темирбекова У Т.*
д.т.н., г.н.с., профессор, ДФИЦ РАН	*Тотурбиев Б.Д.*
к.г.-м.н.,в.н.с., ДФИЦ РАН	*Юсупов А.Р.*
к.ф.-м.н,, доцент, ДГУ	*Якубов А.З.*
н.с., ИГ ДФИЦ РАН	*Мусаев М.А.*
н.с., (ответственный секретарь), ДФИЦ РАН	*Гусейнова А.Ш.*
н.с., (технический редактор), ДФИЦ РАН	*Мамаев А. С.*
инж., (составитель), ДФИЦ РАН	*Ахмедов А.С.*

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

Адрес редакции: 367030, г. Махачкала, ул. М. Ярагского 75
наш сайт в интернете http://www.igdficran.ru, e-mail: dangeogis@mail.ru
Тел. 8(8722)62-93-95; факс: 8(8722)62-06-82
© НП Редакция Журнала «Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН»

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

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

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

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

Научное направление журнала - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

ISSN: 2541-9684
Журнал является рецензируемым.
Журнал выходит 4 раза в год.
Тираж - 200 экземпляров
http://elibrary.ru/ (РИНЦ)
http://www.igdficran.ru

СОДЕРЖАНИЕ

КОНЦЕПЦИИ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ: ЕДИНСТВО ВЗГЛЯДОВ И ПРОТИВОРЕЧИЙ
Меликов М.М. 4
АЛЬПИНОТИПНЫЕ УЛЬТРАБАЗИТЫ И ИХ СВЯЗЬ С БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНЫМ ОРУДЕНЕНИЕМ (Au-Pt-Pd) ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА
Черкашин В.И., Рябов Г.В. 13
ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЗОЛОТА В СИДЕРИТОВЫХ КОНКРЕЦИЯХ ДАГЕСТАНА
Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Самудов Ш.М., Мамаев А.С., Юсупов З.А. 18
ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ФОРАМИНИФЕР НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА
Исаева Н.А. 23
ДИНАМИКА ТАКСОНОМЕТРИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И СТРУКТУРЫ ФОРАМИНИФЕРОВЫХ СООБЩЕСТВ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ (БАЙОС-БАТ) ДАГЕСТАНА
Баркуева Л.С. 32
УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ И УСКОРЕНИЕМ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА
Харебов К.С., Баскаев А.Н., Макиев В.Д. 36
ПРОИЗВОДСТВО ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД – ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ
Абдуллаев М.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. 47
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИН ПУТЕМ УТИЛИЗАЦИИ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ
Курбанисмаилова А.С. 51
ПРОБЛЕМЫ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ДАГЕСТАНА
Курбанова Л.М. 59
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СУЛАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (РЕСПУБЛИКА ДАГЕСТАН)
Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Юрченко Св.А. 64
МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ОЦЕНКЕ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРСКО-КУМСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА
Демидов Р.В., Газалиев И.М., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш. 70
ОСОБЕННОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ НА ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ
Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш. 82
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ И СТАРЕНИИ ПОЛИСИЛИКАТНЫХ РАСТВОРОВ
Тотурбиев Б.Д., Журавлев М.М. 89
ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЕЛИЯ В ПОПУТНОМ ГАЗЕ САМОИЗЛИВАЮЩЕЙСЯ СКВАЖИНЫ В ПУНКТЕ НАБЛЮДЕНИЯ КАРАМАН
Османова М. М., Алиева А.В. 96
ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ВОСПИТАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ
Гаджибеков М.И., Атаев З.В. 102
ПАМЯТИ УЧЕНОГО (К 90-летию со дня рождения Курбанова Магомеда Курбановича).....107

УДК 551.24
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-4-12

КОНЦЕПЦИИ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ: ЕДИНСТВО ВЗГЛЯДОВ И ПРОТИВОРЕЧИЙ

Меликов М.М.
Институт геологии ДФИЦ РАН

Освещаются современные представления о процессах нефтегазообразования. Рассматриваются различные типы генезиса углеводородов. Основное внимание уделяется полигенезу их происхождения, а также их восполняемости и возобновляемости. Автор рассматривает УВ как геоматерию в форме криптоэнергоносителя.

***Ключевые слова*:** генезис, полигенность, криптоэнергоноситель, геоматерия, клатраты, круговорот углерода, мезокатагенез, апокатогенез, материнские породы, концепция. Нафтидогенез, залежь, флюидопородная система.

CONCEPTS OF OIL AND GAS FORMATION: UNITY OF VIEWS AND CONTRADITIONS

Melikov M.M.
Institute of Geology DFIC RAS

Modern ideas about the processes of oil and gas formation are covered. Various types of hydrocarbon genesis are considered. The main attention is paid to the polygenesis of their origin, as well as their replenishment and renewability. The author considers hydrocarbons as geomatter in the form of a crypto-energy carrier.

***Keywords*:** genesis, polygenicity, crypto-energy carrier, geomatter, clathrates, carbon cycle, mesocatagenesis, apocatogenesis, source rocks, concept. Naphthidogenesis, deposit, fluid-rock system.

Нефть–это «кровь цивилизации». Можно без преувеличения сказать, что нефть отныне обосновывает наше бытие. Все, что происходит в мире экономики и политики связано с нефтью, или в какой степени имеет нефтяную подоплеку. Современное человечество – свидетельство тому. Исчерпание нефти обернулось бы катастрофой для всего человечества в целом и для каждого в отдельности. И, одновременно, потребление нефти увеличивает содержание вредных веществ в атмосфере и усугубляет "парниковый эффект, последствия которых мы ощущаем уже сегодня –природно-климатические катаклизмы. (А.Иваненко, 2014).

Однако вопросы происхождения нефти и газа на протяжении, почти, 200лет не стихают, актуальны и по настоящее время.

Почти все геологи в XX веке увлекались нефтематеринскими свитами. Известный в нашей стране и зарубежом, геолог-нефтяник Н.П. Запивалов в начале своей геологической деятельности был активным сторонником органической теории происхождения нефти. Но многолетний опыт работы автора в нефтегазовой геологии привел к выводу об ограниченной применимости классической теории. Кстати, А. Леворсен в конце прошлого века пришел к выводу, что нефтематеринские толщи никакого отношения к практике поисково-разведочных работ не имеют. Он утверждал: «Проблема происхождения нефти и газа теряет в какой-то мере свое значение в качестве обязательной предпосылки для постановки поисковых работ. <…> нет необходимости искать особые материнские породы» [1, с. 488].

Профессор Н.П. Запивалов придерживается позиции, не предполагающей приверженности какой-либо одной концепции генезиса нефти. Создать общую теорию нафтидогенеза, пригодную для любых геологических условий, видимо, невозможно. Катагенетическая стадийность тоже не является универсальной. Академик Андрей Алексеевич Трофимук утверждал: «Нижняя граница зоны нефтеобразования должна быть понижена до глубины 8000-10000 м. Бурением глубоких скважин доказано, что на этих глубинах нефтеобразование происходит не только в условиях мезокатагенеза, но и в условиях апокатагенеза. Расширение границ зон неф-

теобразования сопровождается существенным ростом прогнозной оценки ресурсов углеводородного сырья» [2, с. 333].

Н.П. Запивалов считает, что главным объектом нефтегазовых исследований является флюидопородная система – залежь нефти (эмерджентное скопление углеводородов [3]. (Эмерджентность– свойство любой системы, согласно которому при объединении элементов в систему, эта система начинает обладать новыми свойствами, неравными свойствами сумме свойств, составляющих ее элементов).

Развитие нефтегазового дела стало одной из ключевых задач человечества. В мире открыто 70 000 месторождений нефти, из них 1000 крупных, более 65 стран осуществляют добычу нефти на своей территории. Все государства мира в той или иной степени используют углеводородное сырье для различных целей. Открываются новые источники углеводородов (традиционных и нетрадиционных), создаются инновационные методы и технологии их добычи и утилизации. Нефть и газ – энергия, топливо и сырье для многих потребностей человечества.

Ближе к концу XX столетия накопились серьезные противоречия, выявившие неадекватность существующих моделей нефтяных и газовых месторождений. Как правило, большинство ученых-нефтяников придерживались органической (осадочно-миграционной) теории происхождения нефти, но, однако, некоторые противоречия сохранялись.

Бытует мнение, что, если молодые специалисты-нефтяники не придерживались органической теории происхождения, то их даже не трудоустраивали. Наука и техника развиваются, меняются взгляды на происходящее, и поэтому в настоящее время в мире насчитывается более 10 различных авторитетных мнений и концепций (теорий) нефтеобразования, включая биосферную, космическую и др.

Ниже нами рассматриваются некоторые из них.

В начале XX1 века, происходящие в мире грандиозные изменения, в первую очередь, – пандемия, связанная с распространением коварного непредсказуемого вируса – Ковид-19, во-вторых, а также климатическими катаклизмами и геополитическими изменениями на международной арене, последствия которых мы ощущаем на себе уже в настоящее время, что предполагает определение дальнейшего развития человечества, по крайней мере, на протяжении текущего столетия.

Запасы основных энергоносителей – углеводородов (УВ) сокращаются или растут недостаточными темпами, связанные со многими причинами.

Но, однако, по настоящее время не утихают споры по вопросам нефтегазообразования, поскольку в нашем тысячелетии вопросы УВ, как главных энергоносителей являются главным определяющим фактором развития многих отраслей экономики большинства стран мира.

Кратко рассмотрим современные взгляды на происхождение нефтегазообразования.

Разработка общей теории нефтегазоносности, во многом будет зависеть от уровня развития отдельных наук и от общего состояния применяемой методологии при их исследованиях. Используя последние достижения естественно-математических и исторических наук , необходимо дать более полное определение задач и/или целей изучения той или иной научной геологической дисциплины, установить иерархию соподчиненности объектов исследований, выявить структурные и генетические типы связей между объектами данного направления геологической науки и другими ее ветвями; определить место конкретной научной дисциплины среди других геологических дисциплин. Все это справедливо и в отношении нефтегазовой геологии.

Скопления нефти и газа обнаружены во всех достаточно мощных осадочных бассейнах, выделяемых как на континентах, так и в периферийных частях Мирового океана независимо от возраста отложений и физико-географических условий. Нефтегазопроявления встречаются в областях распространения метаморфических и кристаллических выступов фундамента платформ [4].

На протяжении, почти, 200 лет нефтяники отдавали предпочтение органической гипотезе происхождения углеводородов (УВ). На протяжении этого же периода времени выдвигались различные гипотезы и предпринимались немалые попытки по созданию единой (универсальной) теории генезиса УВ. В теоретическом плане эти концепции объединяет то, что процессы образования УВ происходят в осадочных бассейнах за счет преобразования органического вещества на стадиях диагенеза и катагенеза осадочных пород. Несмотря на то, что столько же лет осуществляется промышленная добыча нефти, до сих пор нет единого мнения об ее происхождении.

Понимание общих закономерностей нефтегазообразования и нефтегазонакопления в земной коре, согласно Б.А. Соколову (МГУ, 2001), позволяет подойти к созданию общей теории нефтегазоносности недр [5].

Касательно вопроса исчерпаемости и/или неисчерпаемости УВ-х ресурсов, то здесь на передний план можно выдвинуть генезис их происхождения. С позиций абиогенного происхождения нефти ее запасы на Земном шаре должны быть огромными, несопоставимы с таковыми, с позиций биогенного происхождения. Нефтяники-органики очень низко оценивают УВ-й потенциал Земли.

Приведем интересный исторический факт: с того момента времени, как отставной офицер ВС США А. Дрейк в 1859г. пробурил первую в мире скважину на нефть, трудно найти период более пяти лет, чтобы кто-либо не сигнализировал об истощении запасов нефти и о приближении энергетического кризиса [5].

Да, пожалуй, можно соглашаться и не соглашаться с этим, поскольку мы видим, что в настоящее время мировая финансово-политическая стабильность связана именно с нефтяным рынком.

Согласно данным американских исследователей (А.С. Ласага и Х.Д. Холланд, 1971), количество нефти, которую может продуцировать вся органика Земного шара, можно представить в виде слоя толщиной 2,5мм, равномерно покрывающего поверхность Земли. В случае абиогенной теории толщина такого слоя равнялась бы 10км, и, следовательно, количество нефти на Земном шаре с этой позиции в несколько млн. раз больше, по сравнению с биогенной позиции [6].

Происхождение УВ на современном этапе развития нефтегазовой геологии является ее основной проблемой и научной основой прогнозирования нефтегазоносности и научной базой геологоразведочных работ на нефть и газ, решение которой представляет не только научный, но и практический интерес.

Сторонники органической осадочно-миграционной концепции генезиса УВ выявили основные генетические связи нефтегазообразования и размещения скоплений нефти и газа в осадочном чехле литосферы. Они внесли большой научный вклад в решение вопросов детального изучения органического вещества горных пород, нефтей и газов, а также первичной и вторичной миграции УВ, формирования их залежей и т.д. Следует отметить, что вопросы, охватываемые данной проблемой, так сложны, что многие из них и по сей день не имеют однозначного научного решения, которые объясняются недостаточной изученностью их с позиций физических процессов, протекающих в земных недрах, определяющих их условия образования, генерации, миграции и аккумуляции[5].

В.И. Вернадский считал, что образование нефти – одно из проявлений процесса передачи энергии Солнца через живое вещество в глубокие слои планеты. Заслуживают внимания высказывания И.В. Высоцкого, считающего нефть и газ формой посмертного существования биологической энергии.

На кафедре геологии горючих ископаемых МГУ происходила планомерная разработка универсальной концепции – общей теории нефтегазоносности Земли (Б.А. Соколов), в основу которой положена флюидодинамическая концепция нефтегазообразования [5].

При создании общей теории нефтегазообразования постулируется попытка объединения, существующих сегодня, органического и неорганического генезиса. Однако ее реализация связана с большими трудностями. Причина состоит в том, что в соответствии с новыми данными, в особенности по результатам исследований дна Мирового океана, формирование скоплений УВ в осадочном разрезе происходит не за счет «микронефти». Как оказалось, аномальные концентрации ОВ битумов (включая «микронефть») и УВ-х газов в породах связаны с утилизацией потоков глубинных УВ-х флюидов, формирующихся в благоприятных условиях и скопления УВ, а также разгружающихся насквозь в гидросферу и атмосферу [5, стр. 53-54].

В последние годы также разрабатывается новая концепция нефтегазообразования. Наряду с механизмами биогенного и абиогенного синтеза УВ, новая концепция, как обязательные элементы, учитывает периодическое поступление на Землю кометных углерода и воды, и их последующее участие в глобальном геохимическом круговороте вещества на планете, охватывающем ее атмосферу, гидросферу, а также породы земной коры и мантии. Идея круговорота позволяет совместить лучшие стороны органической и минеральной теорий нефтегазообразования, лишив их, правда, претензий на универсальность [6, стр.31].

Поставщиком УВ в залежи являются процессы глубинной углеводородной дегазации утверждают сторонники абиогенной концепции. Частая приуроченность месторождений УВ к приподнятым блокам кристаллического фундамента является установленным фактом. Причиной такого контроля является неорганический синтез нефтяных УВ из воды и углекислоты в восстановительных средах глубинных мантийных очагов. Затем наступает разрыв сплошности вышележащих пород и заполнение коллекторов осадочного разреза. Установлено также наличие скоплений УВ в породах кристаллического фундамента и даже щитах. Синтез УВ из неорганических веществ в восстановительной среде при высоких температурах и давлении, отвечающих условиям верхней мантии, подтвержден экспериментально [7].

Согласно А.Н. Дмитриевскому [8], концепция полигенеза нефти и газа предполагает возможность образования месторождений нефти и газа за счет: биогенных и абиогенных источников; преобразования органического вещества, сбора «микронефти» в залежи с дополнительной подпиткой глубинными УВ; органического материала, прошедшего глубинное преобразование (субдукционная нефть). Эти предположения укрепляют позиции обеих концепций. При этом сторонники органической концепции получают механизм сбора, рассеянной в осадочных породах, микронефти в залежи, сторонники же неорганической концепции – реальный механизм транспорта глубинных флюидов и имеют возможность обосновать наличие абиогенных УВ в удаленных от разломов и ослабленных участков земной коры внутриплатформенных месторождений нефти и газа; объединить положительные стороны обеих концепций и на новой теоретической базе оценить мировые ресурсы нефти и газа [8, стр. 105].

Наряду с вышеперечисленными концепциями, в последнее время большое внимание исследователей привлекает концепция расширяющейся Земли, у истоков которой стоял русский ученый И.О. Ярковский [9]. Он и его последователь австралийский геолог У. Кэри [10] считают, что в центрах вращающихся космических тел происходит образование энергии и массы вещества в пропорции, определяемой формулой А. Эйнштейна $E = mc^2$. Образование энергии и массы приводит к расширению небесных тел и импульсному энерго-, массо-переносу из центров космических тел во Вселенную.

Радиус Земли в настоящее время увеличивается на 2см в год по данным НАСА, основанным на наблюдениях из космоса, аналогичная величина получена и по другим данным [11].

К.Е. Веселов [11] подробно аргументировал концепцию расширяющейся Земли с геофизических, геологических, энергетических и космологических позиций. Он пришел к выводу, что за последние 500 млн. лет масса Земли и сила тяжести увеличились приблизительно в два раза. Вследствие вращения по эллиптической орбите Земля испытывает ускорение и замедление. Образующаяся при этом энергия инерции и гравитации переходит в инертную массу. По

расчетам К.Е. Веселова Земля получает за год $5 \cdot 10^{39}$ эрг гравитационной энергии. За 1 сек. Земля получает в 2,5 раза больше гравитационной энергии, чем за год солнечной энергии в виде тепла и света. За счет перехода гравитационной энергии в инертную массу увеличивается масса и размер Земли. При образовании инертной массы за счет энергии должны первоначально появляться наиболее простые молекулы и химические соединения. В действительности простые химические элементы и их соединения в больших количествах поступают из недр Земли в приповерхностную зону в процессе дегазации в виде водорода, гелия, азота, аргона, оксида и диоксида углерода, метана, воды и др.

Многие процессы, рассматриваемые в петрологии, требуют восстановительной обстановки, которая, по мнению А.А. Маракушева, Ф.А. Летникова [12] и других, создается вследствие поступления водорода, изначально находившегося в ядре Земли, в вышележащие геосферы. Возможно, что водород, необходимый для создания требуемой восстановительной обстановки, может образовываться в объеме Земли в результате вышеупомянутых процессов, связанных с концепцией ее расширения.

Следует отметить давно известный и установленный факт, что с момента начала «Большого Взрыва» вещество Вселенной непрерывно расширяется и все объекты в ней (галактики и звезды) равно удаляются друг от друга, в связи с концепцией расширяющейся Земли.

Следует также отметить, что пока теоретическая физика не в состоянии описывать достоверно процессы Большого Взрыва с самого начала и, вечно возникающий вопрос: «А что же было до Большого Взрыва?!» (по мнению известного английского физика С. Хогинса, носит метафизический характер, поскольку это состояние не отразилось на нынешней Вселенной), то вполне возможно, что вопросы, связанные с происхождением Земли и всей Вселенной, а также и с генезисом УВ, будут носить приближенный (с точки зрения диалектики – «относительность») характер.

Исходя из полигенеза нефтегазообразования, на наш взгляд, УВ – это полигенная (биогенно-абиогенная) форма существования «геологической материи», образованные в широком диапазоне термо-барических условий из биогенных и абиогенных источников в результате биохимических и/или химических реакций, в виде «криптоэнергоносителей», составляющие которых заложены, возможно, уже на геологическом этапе развития Земли, хотя нельзя исключить и планетарный этап.

Под введенным нами термином «криптоэнергоноситель», следует понимать погребенные формы геоматерии в виде скрытой энергии биогенно-абиогенного происхождения.

В поисках ресурсов энергии и минерального сырья большие надежды возлагаются на обнаружение их в коре океана и извлечения некоторых видов из океанической среды [13]. Но это трудоемкая и неэффективная работа.

Большого внимания заслуживает высказывание академика А.А. Трофимука о том, что в коре океана и Сибири заключены огромные запасы газогидратов (клатраты), в которых аккумулировано больше энергии, чем в углях месторождений всего мира [13].

В работе [14] пишется о том, что грозит ли нам нефтяной кризис? – Да, если не сумеем изменить существующую сейчас ситуацию с поисками, разведкой и разработкой УВ.

Б.А. Соколов и А.Н. Гусева [15] отметили быстроту современного образования углеводородов, приводящую к восстановлению запасов на разрабатываемых площадях. Они связывают это с быстрым протеканием химических реакций преобразования органического вещества в углеводороды.

Известны факты воспроизводства залежей УВ после остановки их эксплуатации в течение длительного периода времени, что позволяет ввести существенные коррективы в стратегию разработки месторождений путем консервации ранее эксплуатируемых скважин. Это положение основывается на новых данных о масштабах и скорости вертикальной миграции УВ [15].

О скоростях и масштабах миграции газовых УВ можно судить по Храму Огнепоклонников в Азербайджане, где «вечный огонь» несколько столетий функционирует, или по грифонам Берикейского геотермального месторождения, которые выделяют огромное количество УВ-х газов, а также ряд др. примеров. А что касается скоростей миграции жидких УВ, то в качестве примеров можно привести месторождения Чечни (Старогрозненское – конец XIX в., Карабулак-Ачалуки –XX в, 1956г) и Дагестана (Селли, Ачи-Су –газ, Гаша – нефть). В последних наблюдается восстановление залежей, примерно через 25-30 лет после эксплуатации. В некоторых скважинах Ачи-Су, пробуренных в 80-90-х г.г., наблюдались восстановления до начальных пластовых давлений несмотря на то, что несколько скважин до сих пор находятся в эксплуатации. В этом же месторождении (скважина №124) даже после окончании срока эксплуатации до сих пор наблюдаются периодические проявления газа (выброс через клапанное устройство). Кроме того, с давних времен в Предгорном Дагестане известны многочисленные факты нефтегазопроявления на дневную поверхность, продолжающиеся и по настоящее время. Такие проявления известны в районе Дылыма, Миатлы, Талги, Уй-Таш, в пределах Нарат-Тюбинского хребта. А в Равнинном Дагестане – неглубокие артезианские скважины с газопроявлениями [16].

Согласно М.Г. Макаровой и др., за 10 лет военных действий в Чечне, в результате которых затормозили планомерную добычу нефти, при восстановившихся пластовых давлениях, она прошла через толщу майкопских отложений, пополнила природный резервуар неогенового возраста и стала высачиваться на поверхность земли, преодолев несколько км осадочного чехла по вертикали, скорость миграции которой составила несколько сотен метров в год. Это дает возможность оценить скорость и масштаб вертикальной миграции нефти в настоящее время и судить о воспроизводимости УВ сырья [14].

До недавнего времени УВ ресурсы считались невозобновляемыми, вытекающие из доминирующих представлений об их органическом происхождении из захороненных органических веществ осадочных образований. Второе предположение, вытекающее из последнего, – надежная консервация и сохранность их скоплений в коллекторах со времени их формирования из нефтематеринских пород [17].

К решению проблем образования нефти и газа с точки зрения как биогенной, так и абиогенной в последние годы появились многие факты, доказывающие ограниченность традиционного подхода, которые подтверждаются, относительно, быстрыми пополнениями запасов УВ в процессе эксплуатации, не совместимые с биогенной теорией. А с другой стороны – сильная вариация состава поступающих УВ из недр, которая не объясняется их абиогенным синтезом на больших глубинах с точки зрения минеральной теории.

Согласно разработанной биосферной концепции нефтегазообразования А.А. Баренбаум, главная роль в процессах формирования залежей нефти и газа принадлежит глобальному геохимическому круговороту вещества. Подвижный углерод вместе с водами многократно пересекает поверхность планеты, и участвующий в нем, входя в состав живых организмов и минеральных агрегатов, он часто меняет свою химическую формулу и изотопный состав. Из-за плохой растворимости в воде УВ в земной коре выделяются в отдельную фазу, которая, заполняя ловушки, и формирует нефтегазовые скопления. Будут ли эти залежи представлены нефтью или газом, зависит от типа ловушек и термобарических условий накопления УВ. При хорошей изоляции покрышки в ловушках накапливается газ, а при худших изоляционных свойствах – нефть [18].

Р.Х. Муслимов приходит к выводу о наличии факта миграции УВ из зон деструкций фундамента в осадочный чехол по зонам многочисленных разломов и утверждает о «подпитке» нижних горизонтов Ромашкинского месторождения «УВ-м дыханием» фундамента. Нефть является продуктом как биогенного, так и абиогенного происхождения, и это можно считать до-

казанным. Теперь следует доказать сколько (количественно) нефтей того и другого происхождения [19]. Вопрос, конечно, очень интересный!

Здесь следует отметить, как нам кажется, что определение количества полигенетически (отдельно биогенных и абиогенных) образованных нефтей весьма сложная химико-математическая задача, поскольку в процессе миграции УВ и их формировании в залежи вполне возможны процессы контоминации (перемешивание и/или «загрязнение») одних другими.

Курбанов М.К. выдвинул концепцию о глубинной коровой гидрогеотермосфере (КГГ), которая базируется на предположении, что на глубинах 8-15км и меньше в результате роста температуры, вследствие повышения фильтрационных параметров горных пород (за счет развития микротрещин гидроразрыва при уменьшающейся, из-за уплотнения, пористости), уменьшения вязкости воды и как следствие – резкого ослабления сил молекулярного взаимодействия между частицами скелета горных пород и флюидами, в основании осадочной толщи формируются крупномасштабные высокопроницаемые флюидизированные гидрогеологические структуры [20].

Аргументами в пользу существования КГГ, согласно М.К. Курбанову, служат наличие на глубинах 10-15км высокоэлектропроводящих слоев-волноводов, сосредоточенность в этом интервале более 90% очагов землетрясений, ассоциация разнородных аномалий – гидродинамических (АВПД, высокие дебиты скважин), геохимических (концентрации редких элементов и газов глубинного происхождения) и геотермических (высокие температуры недр) – в предполагаемых участках КГГ (Тарумовка, Берикей, Датых и, возможно, других). Мощность КГГ определяется геотермическим режимом, геолого-тектоническими условиями региона и предположительно составляет несколько тысяч метров. Проницаемость горных пород и тепломассоперенос в КГГ обуславливается в основном трещинами гидроразрыва, которым подвергаются глинистые и песчано-карбонатные породы, в результате чего грань между водоупорами и водоносными горизонтами стирается [20].

На наш взгляд, исходя из [20], приуроченность месторождений УВ к осадочным бассейнам можно объяснить не накоплением и преобразованием органического вещества в этих же бассейнах, а тем, что только в осадочных бассейнах создаются благоприятные условия для сохранения залежей УВ, т.е. может существовать региональная покрышка, способная удерживать их залежи, поскольку на больших глубинах, откуда и происходит «подпитка» залежей глубинными УВ, «грань между водоносными горизонтами и водоупорами стирается», т.е. отсутствует покрышка. Приведенный аргумент свидетельствует о беспрепятственной миграции глубинных УВ через эти «нефтяные окна» в осадочные бассейны, в которых имеются благоприятные условия для формирования их залежей. [20].

Ранее [21, стр.53] нами было высказано предположение о существовании дренажной оболочки земной коры. Восточно-Предкавказский артезианский бассейн, являющийся частью глобальной (Среднекаспийской) артезианской системы, мы представляем в виде крупного очага дренажной оболочки земной коры, в которой есть «горячая точка» (М.К.Курбанов, 2001), где и происходит формирование всех энергетических, термоминеральных и углеводородных ресурсов. Видимо, отсюда и идет «подпитка» нефтегазовых месторождений, расположенных в этом регионе, «УВ-м дыханием» фундамента.

С другой стороны, сторонники органической теории отрицают возможную нефтегазоносность магматических и метаморфических пород фундамента несмотря на то, что известно более 200 нефтяных и газовых месторождений УВ в породах фундамента (в т. ч. крупные и гигантские), которые полностью или частично находятся в кристаллическом фундаменте.

Идея о взаимодействии двух разнонаправленных вещественно-энергетических потоков при генерации нефти и газа открывает путь к компромиссу органической и неорганической

теориями происхождения УВ. В связи с этим можно отметить рост числа сторонников абиогенно – биогенных механизмов образования нефти и газа.

Интересным открытием в конце 70-х годов прошлого столетия явилось обнаружение скоплений твердого метана или газогидрата, (клатрата, согласно Б.А.Соколову [22],). Зоны газогидратов занимают огромные площади, имеющие мощность от 200 до 400м и располагающиеся обычно на глубинах 0,2-1,0км от уровня дна водоема.

Согласно А.А. Баренбаум [22], газогидраты представляют собой кристаллы из молекул воды, в решетке которых пустоты заполнены молекулами газа. Эти образования стабильны лишь в ограниченном диапазоне температур (70-350 К) и давлений ($2\cdot10^{-8}$-$2\cdot10^{3}$МПа), которым отвечают поверхностные зоны дна океана, а на континентах – участки вечной мерзлоты. Примерно 98% всех газогидратов рассредоточено в акватории Мирового океана, в основном на шельфе и континентальных склонах материков. Согласно [18], возраст газогидратов в зависимости от предполагаемого механизма образования и условий залегания допускается как современный, так десятки тысяч и даже миллионы лет.

Принципиальных различий в формированиях нефтегазовых залежей, и газогидратов нет. Те и другие возникают вследствие круговорота углерода через земную поверхность с участием метеогенных вод. Среднее время аккумуляции аквамаринных газогидратов составляет, примерно 1-10 лет. Но мы предполагаем, что при глобальном потеплении климата Земли (а к этой проблеме в последнее время уделяется все большее внимание, как ученых всего мира, так и мировую общественность) газогидраты (особенно в мелководных частях) могут полностью или частично исчезнуть, но при этом его компоненты могут участвовать в очередном геохимическом круговороте.

Следует также отметить, что в разрабатываемых последние годы концепциях глубинного генезиса нефти и газа ведущая роль отводится локализованным потокам углеводородных флюидов и контролирующим их каналам, восполнению залежей нефти и газа в процессах их разработки и т.д. Сфера использования идей по генезису нефти и газа расширилась и охватывает уже не только нефтегеологические аспекты, но и аспекты, связанные с разработкой скоплений УВ[20].

Краткий литературный анализ, позволяет нам сделать следующие выводы:

–УВ – это полигенетичная (биогенно-абиогенная) форма существования «геологической материи» в виде «криптоэнергоносителей», составляющие которых, заложены уже на геологическом этапе развития Земли, хотя нельзя исключить и планетарный этап;

– концепцию о КГГ можно считать аргументом в пользу поступления глубинных УВ абиогенного генезиса;

– концепция множественности механизмов нефтегазообразования значительно расширяет поисковое поле УВ;

– биосферная концепция нефтегазобразования и газогидратов исчерпывает вопрос о невозобновляемости ресурсов УВ;

– исходя из [20], можно предположить, что Восточно-Предкавказский нефтегазоносный регион также «подвергается подпитке» «УВ-м дыханием» мезозойского фундамента; для полной уверенности необходимо провести более детальные исследования на молекулярном уровне УВ-го состава ОВ мезозойского кристаллического фундамента Восточного Предкавказья.

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать следующее: с точки зрения биогенной теории запасы УВ-х ресурсов – исчерпаемы (невозобновляемы во временном масштабе), а из абиогенной – неисчерапемы (возобновляемы).

Таким образом, полигенез концепций нефтегазообразования можно условно назвать «гарантом» их возобновляемости, а сторонникам всех концепций нефтегазообразования надо быть взаимно компромиссными и сделать так, чтобы накопленный научный потенциал по этой про-

блеме был востребован практикой, и тогда нефтегазовая геология продвинется вперед к новым открытиям месторождений.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 1021060808457-2-1.5.6.

Литература

1. Леворсен А. Геология нефти и газа. Мир, Москва, 1970. Серия «Науки о земле», т. 22. – 638 с.
2. А.А. Трофимук. Сорок лет борения за развитие нефтегазодобывающей промышленности Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1997. – 369 с.
3. Н.П. Запивалов Фундаментальные основы нефтегазовой геологии. Современные аспекты» ж-л «Neftegaz. RU» (№7, Июль 2020
4. Созанский В.И. Исчерпаемость ресурсов нефти и газа с позиций органической и неорганической теорий нефтегазообразования. В кн.: «Генезис углеводородных флюидов и месторождений». Москва. ГЕОС, 2006.314с.
5. Соколов Б.А. Новые идеи в геологии нефти и газа // Избр. Тр., МГУ 2001., С.479.
6. Валяев Б.М. Генезис нефти и газа: перспективы дальнейших исследований в канун смены парадигмы. В кн.: «Генезис нефти и газа». М. ГЕОС., 2003. С. 461.
7. Кисин. А.Ю., Коротеева В.А., Сазонов В.Н. О возможном генезисе углеводородов над выступами кристаллического фундамента платформ. В кн.: «Генезис нефти и газа». М. ГЕОС., 2003. С. 461.
8. Дмитриевский А.Н. Полигенез нефти и газа. В кн.: «Генезис нефти и газа». М. ГЕОС., 2003. С. 461.
9. Ярковский И.О. Всемирное тяготение как следствие образования весомой массы внутри небесных тел. М., 1889.
10. У. Кэри. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной // М.: Мир,1991. С.447.
11. Веселов К.Е., Карус Е.В., Савинский К.А. и др. Физико-геологические основы глобального рифтогенеза. Изд. МГУ. 1993. С. 127.
12. Маракушев А.А., Летников Ф.А. Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы // М.: Наука, 1992. С. 208.
13. ТрофимукА.А. и др. Газогидраты – новый источник углеводородов//Природа.1979. №1.
14. Макарова М.Г., В.Д. Скарятин. Грозит ли нам нефтяной кризис? // В кн.: «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа». Москва. ГЕОС, 2004. 577 с.
15. Соколов Б.А., Гусева А.Н. О возможной быстрой современной генерации нефти и газа // Вестн. МГУ, Сер.4. Геология. 1993. №3. С. 39-46.
16. Меликов М.М. История развития концепций нефтегазообразования и вопросы возобновляемости углеводородов: смена и единство взглядов в новом тысячелетии // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала, 2009г. Вып.№ 55. С.226-235
17. Баренбаум А.А. Новая концепция образования нефтегазовых залежей // VII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Москва. 2005, том 1, 331 с.
18. Муслимов Р.Х. Потенциал фундамента нефтегазоносных бассейнов – резерв пополнения ресурсов углеводородного сырья в XXI веке // В кн.: «Генезис нефти и газа». М.: ГЕОС., 2003. С. 461.
19. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М., 2001. С. 219–221.
20. Меликов М.М. К вопросу о существовании дренажной оболочки земной коры и ее влиянии на формирование глубинных флюидов и углеводородных ресурсов Восточного Предкавказья. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Южного Федерального округа // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 50. Изд. «Алеф». Махачкала2006. С.334- 350.
21. Соколов Б.А. Углеводородная сфера Земли. В кн.: Новые идеи в геологии нефти и газа // Избр. Тр. МГУ, 2001. 480 с.
22. Баренбаум А.А. Аквамаринные газогидраты: происхождение и время аккумуляции / В кн.: «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа». Москва. ГЕОС, 2005.510 с.

УДК 549.27:549.283(470.6)
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-13-17

АЛЬПИНОТИПНЫЕ УЛЬТРАБАЗИТЫ И ИХ СВЯЗЬ С БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНЫМ ОРУДЕНЕНИЕМ (Au-Pt-Pd) ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Черкашин[1] В.И., Рябов[2] Г.В
[1]Институт геологии ДФИЦ РАН
[2]Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова

В статье рассматриваются ультрабазиты Северного Кавказа которые являются древнейшими магматическими породами, возраст которых определяется как нижнепалеозойский (ордовик-силур). На основе проведенных исследований сделан краткий обзор ультрабазитов с ориентацией на генетические связи благородных металлов (Au, Pt, Pd) с ультрабазитовой магмой. Рассмотрены наиболее крупные на Северном Кавказе Беденский и Малкинский ультрабазитовые массивы и их потенциальная рудоносность. По химическому составу ультрабазиты этих массивов отнесены к альпинотипному формационному типу. Установлено, что насыщение ультраосновных пород благородными металлами проявляется при экзогенной переработке в обогащенных продуктах их разрушения. Потенциально промышленными осадочными комплексами, состоящими из обогащенных продуктов разрушения, являются коры выветривания ультрабазитов и осадочные черносланцевые толщи Северного Кавказа.

Ультрабазитовая магма на Северном Кавказе послужила первичным глубинным источником благородных металлов в осадочных и метаморфогенных фанерозойских толщах Кавказа.

***Ключевые слова*:** Северный Кавказ, альпинотипные ультрабазиты, благородные металлы (Au, Pt, Pd), источник оруденения, металлогения.

ALPINOTYPIC ULTRABASITES AND THEIR RELATIONSHIP WITH NOBLE METAL MINERALIZATION (Au-Pt-Pd) BLACK SHALE SEQUENCE OF THE NORTH CAUCASUS

[1]Cherkashin V.I., [2]Ryabov G.V.
[1]Institute of Geology Dagestan Federal Center, Russian of Sciences
[2]South Russian State Polytechnic University (NPI) named after. M.I. Platova

The article discusses the ultrabasites of the North Caucasus, which are the oldest igneous rocks, the age of which is determined as Lower Paleozoic (Ordovician-Silurian). Based on the conducted research, a brief review of ultramafic rocks was made with a focus on the genetic connections of noble metals (Au, Pt, Pd) with ultramafic magma. The largest Bedensky and Malkinsky ultramafic massifs in the North Caucasus and their potential ore content are considered. Based on the chemical composition, the ultrabasites of these massifs are classified as alpine formational type. It has been established that the saturation of ultramafic rocks with noble metals manifests itself during exogenous processing in enriched products of their destruction. Potentially industrial sedimentary complexes consisting of enriched destruction products are the weathering crusts of ultrabasites and sedimentary black shale strata of the North Caucasus.

Key words: Northern Caucasus, alpine-type ultrabasites, noble metals (Au, Pt, Pd), source of mineralization, metallogeny.

На Северном Кавказе альпинотипным ультрабазитам принадлежит ведущая роль в продуцировании благородных металлов [2,3,4,9]. Практический интерес в плане благороднометалльного оруденения представляют продукты разрушения и гидротермальной переработки ультрабазитов, в частности, толщи рудоносных чёрных сланцев палеозоя [10]. Алло- и автометасоматические преобразования повсеместно сопровождают тела гипербазитов и, как правило, локализуются в специфических зонах метасоматитов и гидротермалитов. Эти зоны локализуются в виде внешних ореолов вокруг ультрабазитовых массивов и часто приурочены к тектоническим экзоконтактам с присутствием хромита и асбеста. Процесс образования ореольных метасоматитов ультрабазитов, по предложению В.В. Плошко [7], получил название «полиметасоматоз». Продукты полиметасоматоза ультрабазитов Северного Кавказа практически не исследованы, а рудоносность их не оценена. В металлогении Северного Кавказа рудные металлы,

генетически связанные с ультрабазитами, представлены осадочными и остаточными железными рудами (Малкинский массив), марганцем, хромом, кобальтом, никелем и благородными металлами. Метасоматическими процессами образованы гидротермально осветлённые серпентиниты — «Белые осыпища» Беденского массива.

Мотивами для исследования авторами связи альпинотипных ультрабазитов с благородно метальным оруденением (Au-Pt-Pd) черносланцевых толщ Северного Кавказа послужили следующие геологические предпосылки и факты:

1. Пространственная и генетическая связь ультраосновных пород и черносланцевых толщ при установленной рудообразующей роли альпинотипных ультрабазитов для благородных металлов.

2. Все известные проявления золота и МПГ Северного Кавказа совпадают с ореолом развития черносланцевых толщ. Чётко проявляется пространственная связь рудоносных герцинских чёрных сланцев с глубинными герцинскими разломами и офиолитовым поясом Северного Кавказа [2,3].

3. Рудоносность (Au, Pt, Pd) продуктов разрушения и гидротермальной переработки ультрабазитов [1].

4. Тесная ассоциация лиственитов с рудными чёрными сланцами известного на Северном Кавказе Чучкурского золоторудного месторождения [2,3].

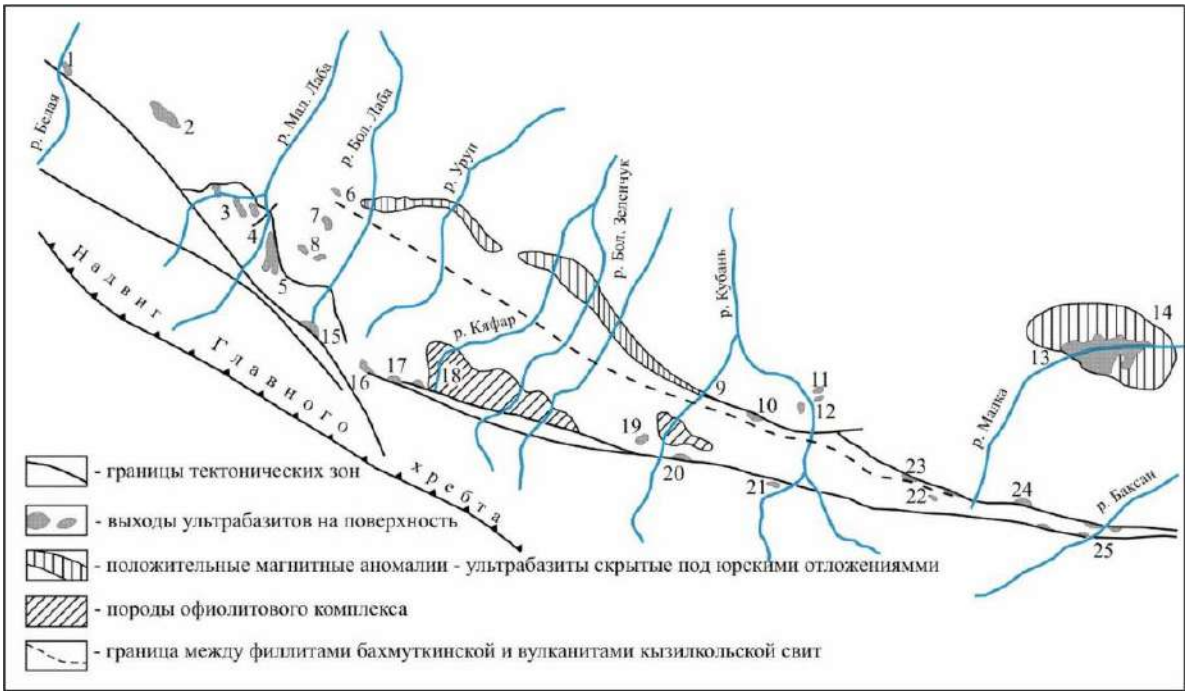
Длительное время основным направлением исследования благородных металлов Северного Кавказа были исследования исключительно золота и его кварцево-сульфидного типа. В тоже время большие территории распространения углеродсодержащих черносланцевых толщ и ультрамафитовые комплексы оставались за пределами должного внимания.

Углеродсодержащие черносланцевые девонские толщи Северного Кавказа, широко развитые в пределах Передового хребта, до 2000 г. не были объектом внимания металлогении. Северокавказскими геологами они рассматривались как пустые, бесперспективные, не содержащие макроскопически фиксируемого оруденения. Находки россыпных минералов всей платиновой группы в известных золоторудных районах Северного Кавказа способствовали поискам их первичных источников и значительно расширили потенциал благородных металлов регионе.

Уже в начале изучения чёрных сланцев остро вставал вопрос о первичном источнике их обогащения благородными металлами. Изучение вещественного состава и геохимии сланцев и полученные ранее геологические результаты [1,6] показали на тесную связь вещественного состава составляющей терригенной и хемогенно-осадочной сланцев с вещественным составом ультрабазитов. Было доказано, что чёрные сланцы состоят из продуктов экзогенного разрушения ультрабазитов [1]. Этот вывод существенно скорректировал важный дискуссионный теоретический вопрос о первичном источнике и накоплении благородных металлов, в пользу первичной ультрабазитовой магмы.

Региональная полоса альпинотипных ультрабазитов силурийского возраста выходит по северной границе зоны Передового хребта и совпадает с глубинной Тырныауз-Пшекишской тектонической зоной (рис. 1).

Восточный фланг этой полосы отмечен крупным Малкинским массивом, западный – Беденским массивом. Ультрабазиты Кавказа относятся к наиболее изученным магматическим образованиями региона. Возраст ультрабазитов определяется как нижнепалеозойский (450±25 млн. лет) [7], в связи с чем они являются наиболее древними магматическими породами Северного Кавказа, древнее чем вмещающие их отложения девонских (D_{2-3}) черных сланцев Тоханского покрова. Среди ультраосновных пород выделяются интенсивно серпентинизированные перидотиты, гарцбургиты, серпентиниты различного состава и их отальковaнные или карбонатизированные разности с переходами к талькитам и лиственитам. По химическому составу ультрабазиты Северного Кавказа относятся к альпинотипному формационному типу [7].



Условные обозначения: Номера на схеме – выходы ультрабазитов: 1-Белореченские и Кишинские, 2-Тхачский, 3-Уруштенские, 4-Маркопиджский, 5-Блыбский, 6-Беденский и Андрюкский, 6-Беденский и Андрюкский, 7-Пцыцерский, 8-Джентинские, 9-Нижнетебердинские, 10-Кольтюбинский, 11-Алыкбашинский, Шаман-Беклегенский, Худесский, 12-Кизилкольский, 13-Шитджатмазский, 14-Малкинский, 15-Заканский,16-Загеданский, 17-Ацгаринские и Речепстинский, 18-Кяфарские (архейский офиолитовый комплекс), 19-Верхнетебердинские и Гедамские, 20-Джемагатские, 21-Карачай-Аушские, 22-Худесского рудного поля, 23-Конушкольский и горы Сирх, 24-ультрабазиты Тырныаузского рудного поля, 25-Кестантинские.

Рис. 1. Схема размещения ультрабазитов в зоне Передового хребта (по Е.А. Снежко).

Последнее десятилетие научные работы и изучение серпентинитов производится исключительно в связи с прогнозом благородных металлов на Северном Кавказе. Эти работы показали непосредственное донорство ультрабазитов и первичный источник благородных металлов для всего фанерозоя. Аномальные содержания благородных металлов (Pt, Pd, Au) геохимически обнаружены в продуктах выветривания Малкинского [4] и Беденского [2,3]. Ультрабазиты Северного Кавказа являются первым и древнейшим каледонским источником благородных металлов в пределах зоны Передового хребта.

Донорская роль силурийских ультрабазитов наиболее широко, в площадном отношении, проявляется в черных сланцах андрюкской и артыкчатской свит (D_{1-2}), которые сопровождают пояс ультрабазитов на всем его протяжении. Нижняя граница свиты не вскрыта, верхняя граница тектоническая с породами даутской свиты (D_2).

Пространственно-временная связь ультрабазитов и черных сланцев подтверждается также широким развитием в сланцах шпинели (пикотит) и присутствием обломков ультрабазитового состава [6]. Устанавливаемое исключительное влияние в формирование черносланцевых отложений Тоханского покрова ультраосновной и офиолитовой составляющей неизбежно должно отразиться и на их металлогеническом, рудогенерирующем спектре. Продукты размыва ультрабазитов Беденского массива обогащались благородными металлами, и образовали аномальные содержания платины, платиноидов и золота [2,3]. На вероятную связь платиноидов медноколчеданных месторождений с ультрабазитами указывал в свое время Г.В. Рябов [8].

Наиболее показательными массивами при определении потенциальной рудоносности являются Беденский и Малкинский массивы ультрабазитов (см. рис. 1). Минералогическое изучение ультрабазитов [2,4] не обнаружило коренных находок минералов платиновой группы. Геохимические исследования непосредственно коренных серпентинитов в обнаженной части массива показали повышенный аномальный фон платиноидов в серпентинитах (0,09 г/т) [2]. Ведущая роль серпентинитов как постоянного источника благородных металлов (Au, Pt, Pd) подчеркивается постоянным присутствием их в продуктах разрушения серпентинитов во всех постсилурийских проявлениях этих металлов Северного Кавказа. Продукты выветривания серпентинитов содержат субпромышленные суммарные концентрации золота, платины и палладия: 0,9–2,0 г/т (рис. 2) [2].

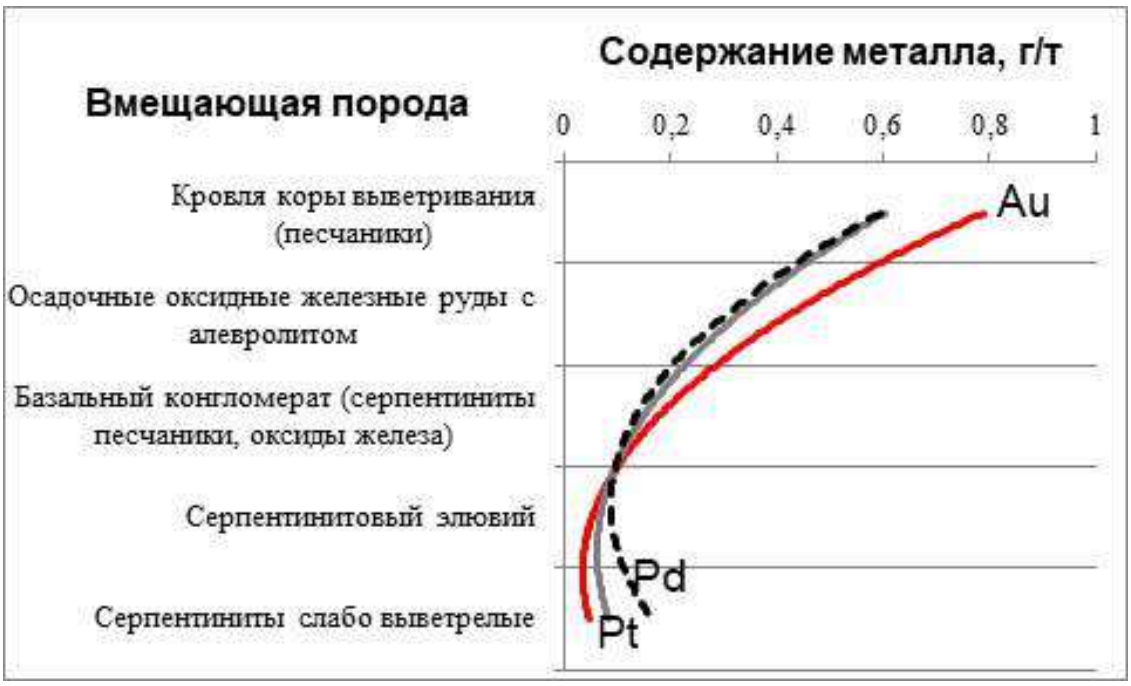


Рис. 2. Содержание благородных металлов в коре выветривания серпентинитов Беденского массива. (тренды 2-го порядка)

Практически не изучены благородные металлы лиственитов Северного Кавказа, сопровождающих ультрабазиты, отмечается лишь их повышенная золотоносность до 1,0 г/т [2].

Выводы

Рассматривая металлоносность ультрабазитов Северного Кавказа и их связь с благородными металлами можно сделать следующие выводы:

1) свежие, неизмененные серпентиниты ультрабазитовых массивов в настоящее время не обнаруживают аномальные содержания благородных металлов, представляющих промышленный интерес;

2) насыщение серпентинитов благородными металлами проявляется при их экзогенной переработке в обогащенных продуктах их разрушения;

3) потенциально промышленными осадочными комплексами, состоящими из обогащенных продуктов разрушения серпентинитов, являются коры выветривания серпентинитов и осадочные черносланцевые толщи Северного Кавказа;

4) ультрабазитовая магма на Северном Кавказе послужила первичным глубинным источником благородных металлов в осадочных и метаморфогенных фанерозойских толщах Кавказа.

По функциональной принадлежности ультрабазитовая формация можно относити к рудогенерирующей (РГФ), рудообразующей (РОФ) и рудопрофилирующей (РПФ) формам. Коренные ультрабазиты не содержат в данный момент промышленно-ценных концентраций благородных металлов, но являются их первичным источником и донорами на протяжении всего фанерозоя. Продукты экзогенного разрушения ультрабазитов (черносланцевые толщи и коры выветривания), обогащенные металлами, образуют рудные объекты и аномальные скопления вторичных благородных металлов.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 1021060808457-2-1.5.6.

Литература

1. Богуш И.А., Исаев В.С., Глазырина Н.В. Вещественный состав и условия формирования палеозойской черносланцевой формации зоны Передового хребта Северного Кавказа // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии юга России и Кавказа. Материалы 4-й науч. междунар. конф. Том 1. Актуальные проблемы геологического изучения Южного Региона. Новочеркасск. 2004. С.57–72.
2. Богуш И.А., Черкашин В.И., Рябов Г.В. и др. Новый тип оруденения благородных металлов на Северном Кавказе // Доклады РАН. 2016. Том 466. № 2. С. 193–195.
3. Богуш И.А., Рябов Г.В., Черкашин В.И. Центры и прогнозные ресурсы благородных металлов (Au, Pt, Pd) на Северном Кавказе. // Кол. монография «Современные проблемы геологии геофизики и геоэкологии Северного Кавказа». Москва. 2017. С. 20–32.
4. Богуш И.А., Черкашин В.И., Рябов Г.В. Особенности металлогении благородных металлов (Au+МПГ) Северного Кавказа // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 2(89). С. 5-10.
5. Парада С.Г. Предпосылки и признаки платиноносности гипербазитовых массивов Северного Кавказа // Наука Юга России. 2017. Том 13. № 1. С. 59–73.
6. Потапенко Ю.Я., Пруцкий Н.И. Офиолитовый конгломерат в среднем палеозое Передового хребта Северного Кавказа. // Доклады АН СССР, 1976. Т. 228. № 5. С. 1179–1181.
7. Плошко В.В. Гипербазиты Карпато-Крымско-Кавказской складчатой системы. Киев: Наук. думка, 1986. 192 с.
8. Рябов Г.В. Платиноносность руд колчеданных объектов Северного Кавказа (на примере Урупского месторождения) // Сб. науч. трудов «Геология, оценка и локальный прогноз месторождений цветных, редких и благородных металлов». Новочеркасск, ЮРГТУ(НПИ). 1994. С. 25–32.
9. Соболев Н.Д. Ультрабазиты Большого Кавказа. М.: Госгеолиздат, 1952. 240 с.
10. Черкашин В.И., Богуш И.А., Юсупов А.Р. Минералогические основы прикладной минералогии // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск № 63. 2014 г. С. 211-213.

УДК 550.424; 549.08
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-18-22

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЗОЛОТА В СИДЕРИТОВЫХ КОНКРЕЦИЯХ ДАГЕСТАНА

Юсупов[1] А.Р., Черкашин[1] В.И., Самудов[2] Ш.М., Мамаев[1,2] А.С., Юсупов[1] З.А.
[1]Институт геологии ДФИЦ РАН,
[2]Дагестанский государственный университет

Сидеритовые конкреции имеют широкое распространение в песчано-глинистых отложениях мезозоя-кайнозоя на территории Республики Дагестан. При изучении этих образований установлено наличие в них в различных концентрациях золота и других компонентов. Установлено, что содержания золота в сидеритовых конкрециях увеличивается от более молодых к более древним образованиям. По мере увеличения концентрации золота в конкрециях от их центральных частей к периферии сделан вывод, что некоторые компоненты накапливались в этих образованиях, после их формирования, в стадии диагенеза.

Ключевые слова: Сидеритовые конкреции, залежи, концентрации, золото, благородные металлы, тяжелые металлы, аргиллиты, глинистые отложения, диагенез.

FEATURES OF GOLD ACCUMULATION IN SIDERITE NODULES OF DAGESTAN

Yusupov[1] A.R., Cherkashin[1] V.I., Samudov[2] Sh.M., Mamaev[1,2] A.S., Yusupov[1] Z.A.
[1]Institute of Geology, Far Eastern Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
[2]Dagestan State University

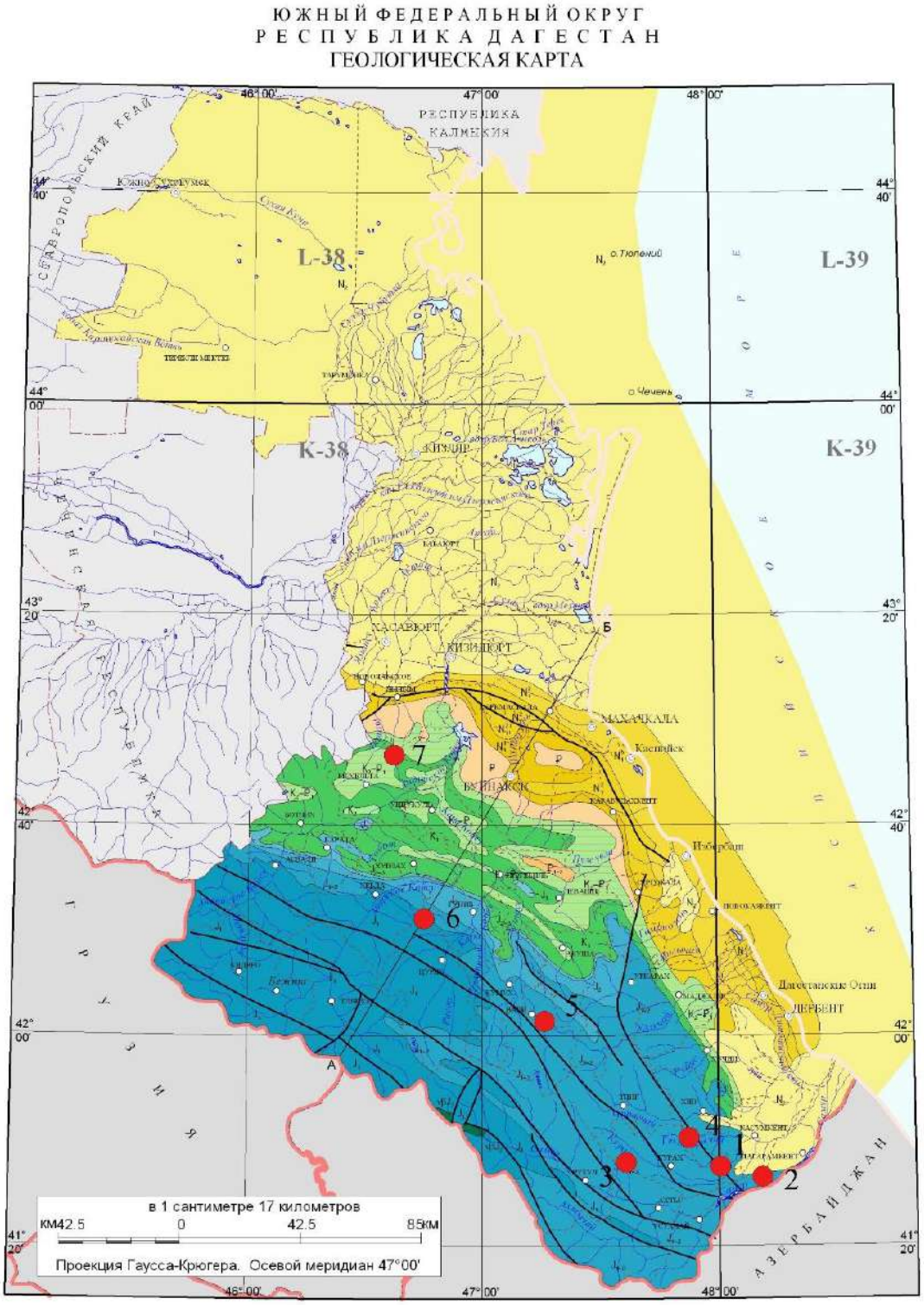
Siderite nodules are widespread in sandy-clayey deposits of the Mesozoic-Cenozoic in the territory of the Republic of Dagestan. When studying these formations, the presence of gold and other components in them in various concentrations was established. It has been established that the gold content in siderite nodules increases from younger to more ancient formations. As the concentration of gold in the nodules increases from their central parts to the periphery, it is concluded that some components accumulated in these formations, after their formation, during the diagenesis stage.

Keywords: Siderite nodules, deposits, concentrations, gold, precious metals, heavy metals, mudstones, clayey deposits, diagenesis.

Сидеритовые залежи Дагестана по географическому расположению, стратиграфическому уровню и сходности геологических условий залегания рудных тел сведены в три группы: Южнодагестанская, Центральнодагестанская и Северодагестанская. (рис 1).

Вещественный состав различных типов пород и руд изучен химическим, атомно-абсорбционным, пробирно-гравиметрическим, микроскопическим и минералогическим методами [1]. Породы рудоносной толщи характеризуются тремя типами: сферосидериты, глинистые сидериты и аргиллиты. В этих осадках установлено 11 минералов. Для сферосидеритов характерно высокое содержание сидерита – до 60%, подчиненное место занимает анкерит-доломит, реже кальцит (в среднем 8%). Алюмосиликатная примесь представлена в основном кварцем (в среднем 12%). В некоторых сферосидеритах отмечается небольшое содержание (1,3%) шамозита. Присутствует пирит в заметном количестве. (Рис. 2).

Сферосидериты, как и глинистые сидериты, содержат небольшое количество растительного вещества, которое представлено наиболее устойчивыми фюзенизированными компонентами. Глинистые сидериты по сравнению со сферосидеритами содержат меньше сидерита (29%) и значительно больше кальцита (18%). Алюмосиликатный материал в них представлен кварцем и гидрослюдой. Пирит в сферосидеритах присутствует в количестве (0,25%). Для аргиллитов рудных фаций характерно высокое количество сидерита (16.1%), пирита (7,4%) и растительных остатков (13%) [2].



Залежи: 1- Присамурская, 2- Казердимахская, 3- Текиндагская, 4- Штульская, 5- Кокмачайская, 6- Кара-Косуйская, 7- Чиркатинская.

Рис.1. Карта сидеритовых залежей Дагестана.

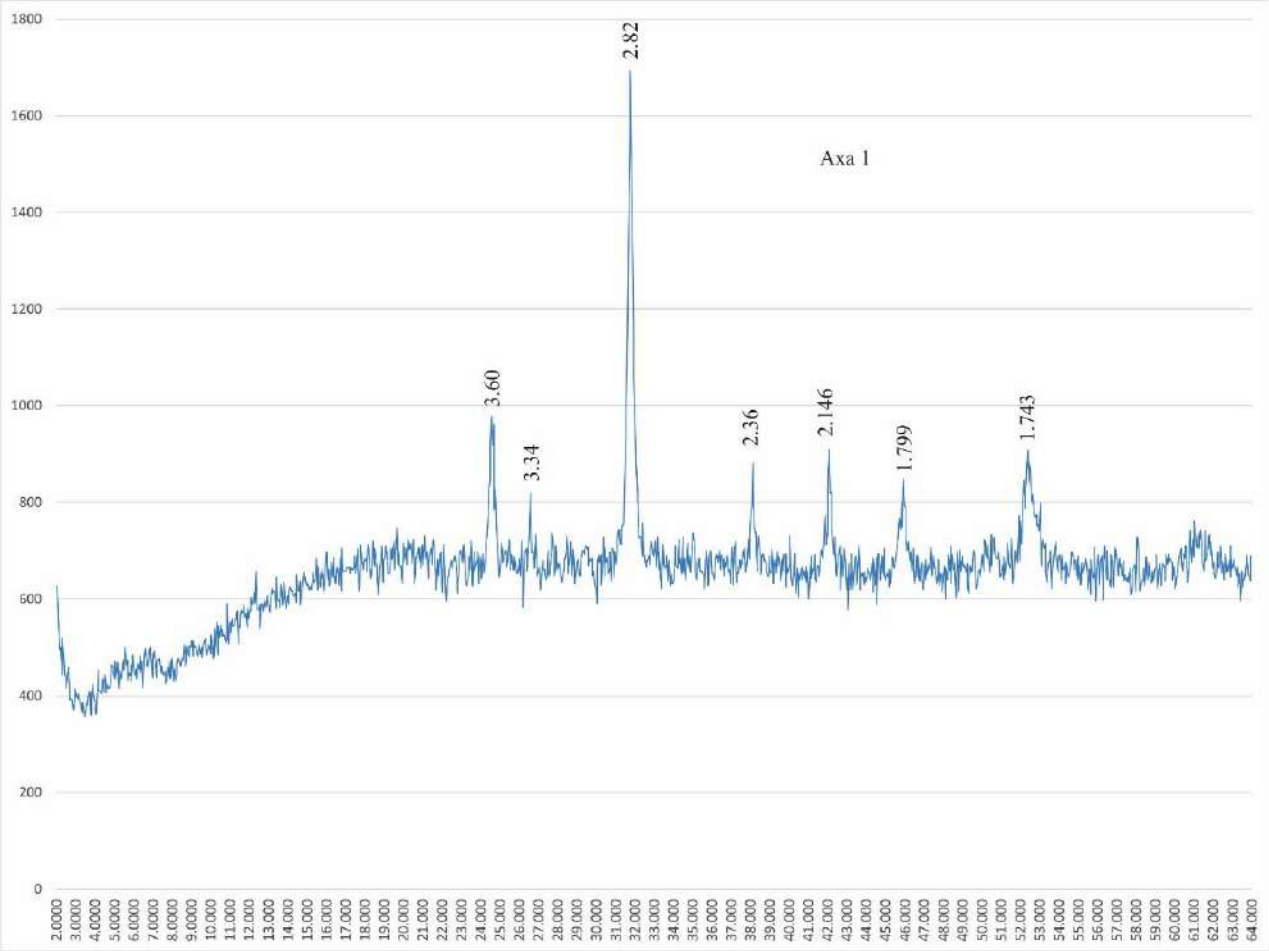


Рис. 2. Дифрактограмма конкреционного сидерита байоса. с. Хив.

Нами были отобраны 17 пробы сферосидеритов и около 20 проб вмещающих глинистых пород в мезозойско-кайнозойских осадочных образованиях Дагестана. Все пробы были проанализированы атомно-абсорбционным методом на содержание золота платины, палладия и ряда других элементов. Содержания золота в пробах майкопского возраста составляют: в сидеритах – 0,2-1,7 г/т, вмещающих глинах – 0,2-2,3 г/т; платины в сидеритах – 0,1-0,6 г/т, во вмещающих глинах 0,2-1,9 г/т.

В образованиях байоса соответственно: в сидеритах 0,3-2,0 г/т золота и 0,2- 1,2 г/т платины, во вмещающих глинистых породах 0,1-0,7 г/т золота и 0,1-0,3 г/т платины.

В отложениях верхнего аалена эти содержания составляют: в сидеритах 0,5-3,9 г/т золота и 0.3-1,3 г/т платины, во вмещающих аргиллитах 0,2-0,4 г/т золота и 0,1-0,3 г/т платины.

В осадочных образованиях нижнего аалена: сидериты 0,7-3,5 г/т золота и 0,3-1,5 г/т платины, аргиллиты 0,1-0,3 г/т золота и 0,1-0,3 г/т платины.

Исходя из данных анализов видно, что содержания благородных элементов выше в более древних породах. Притом, чем древнее породы, тем больше разница содержания этих компонентов в сидеритах и вмещающих их глинистых отложениях. В более молодых майкопских породах содержания золота и платины почти не отличаются в сидеритах и вмещающих их глинах, тогда как в ааленских отложениях содержания золота и платины в сидеритах на порядок выше, чем во вмещающих аргиллитах. [3;5].

Таблица 1.

Содержание элементов

пробы	Au	Pd	Pt	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	PbO	CuO	ZnO	NiO	SnO	Cr_2O_3	MnO	CoO	As	Al_2O_3
	г/т			Содержание, %														
1. Архит	0,40	0,5	0,3	0,011	0,141	0,160	0,108	4,344	0,193	0,0014	0,0035	0,0011	0,0025	0,074	0,0113	0,0014	0,0008	
2. Архит	0,30	0,3	0,2	0,009	0,120	0,253	0,134	4,367	0,110	0,0011	0,0034	0,0013	0,0025	0,075	0,0186	0,0020	0,0007	
3. Архит	0,37	0,4	0,3	0,035	0,266	0,405	0,135	4,579	0,151	0,0011	0,0045	0,0024	0,0026	0,077	0,0480	0,0017	0,0013	
4. Архит	0,32	0,4	0,4	0,031	0,250	0,520	0,131	4,143	0,284	0,0011	0,0046	0,0035	0,0022	0,073	0,0731	0,0027	0,0010	
5. Архит	0,35	0,5	0,4	0,043	0,259	0,364	0,174	4,468	0,084	0,0007	0,0042	0,0024	0,0023	0,074	0,0261	0,0014	0,0010	
6. Архит	0,40	0,5	0,4	0,034	0,199	0,737	0,240	4,689	0,034	0,0004	0,0036	0,0016	0,0102	0,078	0,0295	0,0015	0,0008	

Таблица 2.

Содержание элементов в сидеритах батского яруса верхней юры

пробы	Au	Pd	Pt	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	CuO	ZnO	NiO	Cr_2O_3	MnO	CoO	SrO
	г/т			Содержание, %											
1. Ятеха круг центр	0,31	0,5	0,6	0,030	0,007	0,261	0,897	20,02	0,0005	0,0006	0,0014	0,0083	0,043	0,0003	0,021
2. Ятеха плоск корка	0,54	0,50	0,61	0,005	0,040	0,193	1,137	25,32	0,0005	0,0010	0,0015	0,0079	0,078	0,0002	0,015
3. Ятеха плас.центр	0,38	0,37	0,45	0,008	0,046	0,225	0,946	20,86	0,0006	0,0107	0,0012	0,0069	0,045	0,0025	0,016
4. Ятеха круг корка	0,42	0,50	0,52	0,012	0,005	0,846	0,957	17,39	0,0005	0,0006	0,0011	0,0073	0,052	0,0005	0,020
5 Араканы 1 круг	0,23	0,30	0,40	0,010	0,013	0,639	1,017	22,12	0,0004	0,0009	0,0020	0,0058	0,058	0,0006	0,016
6. Араканы 1 плоск.	0,27	0,30	0,42	0,007	0,006	0,484	1,258	22,80	0,0011	0,0197	0,0019	0,0063	0,011	0,0002	0,018
7. Араканы 2 плоск	0,30	0,32	0,45	0,004	0,065	0,138	0,852	15,35	0,0010	0,0028	0,0010	0,0080	0,020	0,0009	0,012
8. Араканы 2 круг центр	0,36	0,35	0,46	0,011	0,042	0,518	1,395	23,15	0,0014	0,0008	0,0024	0,0088	0,068	0,0001	0,019
9. Араканы 2 круг корка	0,50	0,55	0,57	0,003	0,043	0,140	0,569	25,77	0,0006	0,0074	0,0031	0,0068	0,136	0,0015	0,014
10. Араканы 3 толстый	0,30	0,35	0,43	0,010	0,008	0,203	0,783	23,25	0,0006	0,0006	0,0028	0,0058	0,025	0,0001	0,015
11. Араканы 3 тонкий	0,43	0,48	0,50	0,006	0,055	0,158	1,04	14,05	0,0007	0,0026	0,0012	0,0064	0,09	0,0009	0,011

Этот факт говорит о том, что эти компоненты накапливались в сидеритах на стадии диагенеза, после формирования этих конкреций. Кроме благородных металлов в конкрециях накапливались также магний, медь, никель, олово, хром и марганец. Такие элементы, как свинец, цинк, кобальт и мышьяк во вмещающих породах имеют концентрации превышающие, чем в сидеритовых конкрециях из этих отложений. (таблица 1; 2).

Концентрации благородных металлов и некоторых других компонентов в сидеритах батского яруса и вмещающих их песчано-глинистых отложениях составляют почти равные количества. Количество благородных и некоторых тяжелых металлов в сидеритовых образованиях батского яруса распределены неравномерно по объему образцов. Наблюдается увеличение концентрации этих элементов от центральных частей конкреционных образований к их периферийным частям [4].

Анализ проб, взятых от центра к поверхности сидеритовой конкреции из байосских отложений, показывает, что содержания золота снаружи конкреции на более порядка выше чем в ее внутренних частях. Наблюдается постепенное уменьшение золота с внешней оболочки сидеритовой конкреции к его центру. (табл 3)

Таблица 3

Содержания золота в сидеритовой конкреции

№	Место взятия пробы в образце	Содержание (г/т)
1	Вблизи поверхности	3,5
2	В средней части	0,24
3	Ближе к центру	0,091

Данные результаты показывают, что накопление золота и некоторых компонентов в сидеритовых конкрециях происходит после формирования этих конкреций в стадии диагенеза

В стадии диагенеза основную роль для накопления определенных элементов в минералах играют инфильтрационно-диффузионные процессы метасоматоза (О.В.Япаскурт 2008). Золото из растворов осаждается под действием восстановителей, которыми являются прежде всего сульфиды и карбонаты (Г.В. Фосс. 1966).

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 1021060808457-2-1.5.6.

Литература

1. Халифа-заде Ч.М., Аббасова С.М. Сидеритовые залежи Дагестана. Издательство Академия Наук СССР. Москва 1963. 133 с.
2. Юсупов А.Р. Концентрации благородных металлов в различных осадочных толщах мезозоя и кайнозоя Восточного Кавказа (Дагестан). Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018, № 4(75). С 4-6.
3. Мацапулин В.У., Юсупов А.Р., Черкашин В.И. Редкие элементы и благородные металлы в осадочных отложениях мезокайнозоя предгорного Дагестана. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2007, № 51. С. 107-111.
4. Юсупов А.Р., Гаджиева Т.Р., Абдуллаев М.Ш., Магомедов Р.А. Плптиноиды в глинистых отложениях олигоцена и миоцена Дагестана и условия их накопления. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017, № 68. С 4-7.
5. 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.

УДК:551.763.12
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-23-31

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ФОРАМИНИФЕР НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАГЕСТАНА

Исаева Н.А.
Институт геологии ДФИЦ РАН

В статье рассматривается краткий обзор нижнемеловых отложений Дагестана. Приведена схема стратиграфического расчленения нижнемеловых отложений на основании изучения фораминифер, дан анализ вертикального распространения фораминифер, изложена стратиграфия нижнего мела по изученным комплексам фораминифер. Учитывая важность определения возрастной характеристики изучаемых объектов, продолжаются исследования в области стратиграфии на предмет недостаточного обоснования объемов отдельных ярусов, поъярусов, зон, стратиграфическое взаимоотношение нижнемеловых отложений с подстилающими и перекрывающими отложениями, а также между отдельными стратиграфическими подразделениями внутри нижнего мела.

Ключевые слова: биостратиграфическое расчленение, литология, угловое несогласие, стратиграфия, доломитизированные известняки, фаунистический анализ, биономические условия бассейнов, микрофаунистические исследования.

VERTICAL DISTRIBUTION OF FORAMINIFERS LOWER CRETACEOUS DEPOSITS OF DAGESTAN

Isaeva N.A.
Institute of Geology of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

The article provides a brief overview of the Lower Cretaceous deposits of Dagestan. A diagram of the stratigraphic division of Lower Cretaceous deposits based on the study of foraminifera is presented, an analysis of the vertical distribution of foraminifera is given, and the stratigraphy of the Lower Cretaceous according to the studied foraminiferal complexes is outlined.Considering the importance of determining the age characteristics of the objects under study, research in the field of stratigraphy continues regarding the insufficient justification of the volumes of individual tiers, tiers, zones, the stratigraphic relationship of Lower Cretaceous deposits with underlying and overlying deposits, as well as between individual stratigraphic units within the Lower Cretaceous.

Keywords: biostratigraphic division, lithology, angular unconformity, stratigraphy, dolomitized limestones, faunal analysis, bionomic conditions of basins, microfaunal studies.

Нижнемеловые отложения широко развиты на территории Дагестана. Они протягиваются вдоль Северного склона Главного Кавказского хребта, участвуя в строении складчатой зоны Дагестана. В центральной части Дагестана нижнемеловые отложения на дневную поверхность выходят в виде полосы, в области Дагестанского клина, которая расширяется до 40-50 км, в южном Дагестане ширина выходов нижнемеловых отложений резко сужается. На северо-восток и юго-восток от границы своих выходов нижнемеловые отложения погружены под мощный покров верхнемеловых и палеогеновых отложений. В ядрах антиклиналей они прерываются отложениями верхней и средней юры, и в крыльях синклинальных зон оконтуриваются отложениями верхнего мела (рис. 1).

Вопрос о положении границы между юрой и мелом является одним из наиболее дискуссионных в стратиграфии мезозоя, что связано в значительной степени с тем, что до сих пор для международной стратиграфической шкалы не выбран эталон разреза верхнего яруса юрской системы. Существуют варианты двух- и трехчленного деления берриаса, а также вариант, при котором ярус не делится на подъярусы. В последней схеме зонального расчленения берриаса, принятой для надобласти Тетис, предложено трехчленное деление яруса (Reboulet et al., 2011). Титонский ярус, используемый для надобласти Тетис, до настоящего времени не имеет стратотипа и общепринятого зонального деления [1].

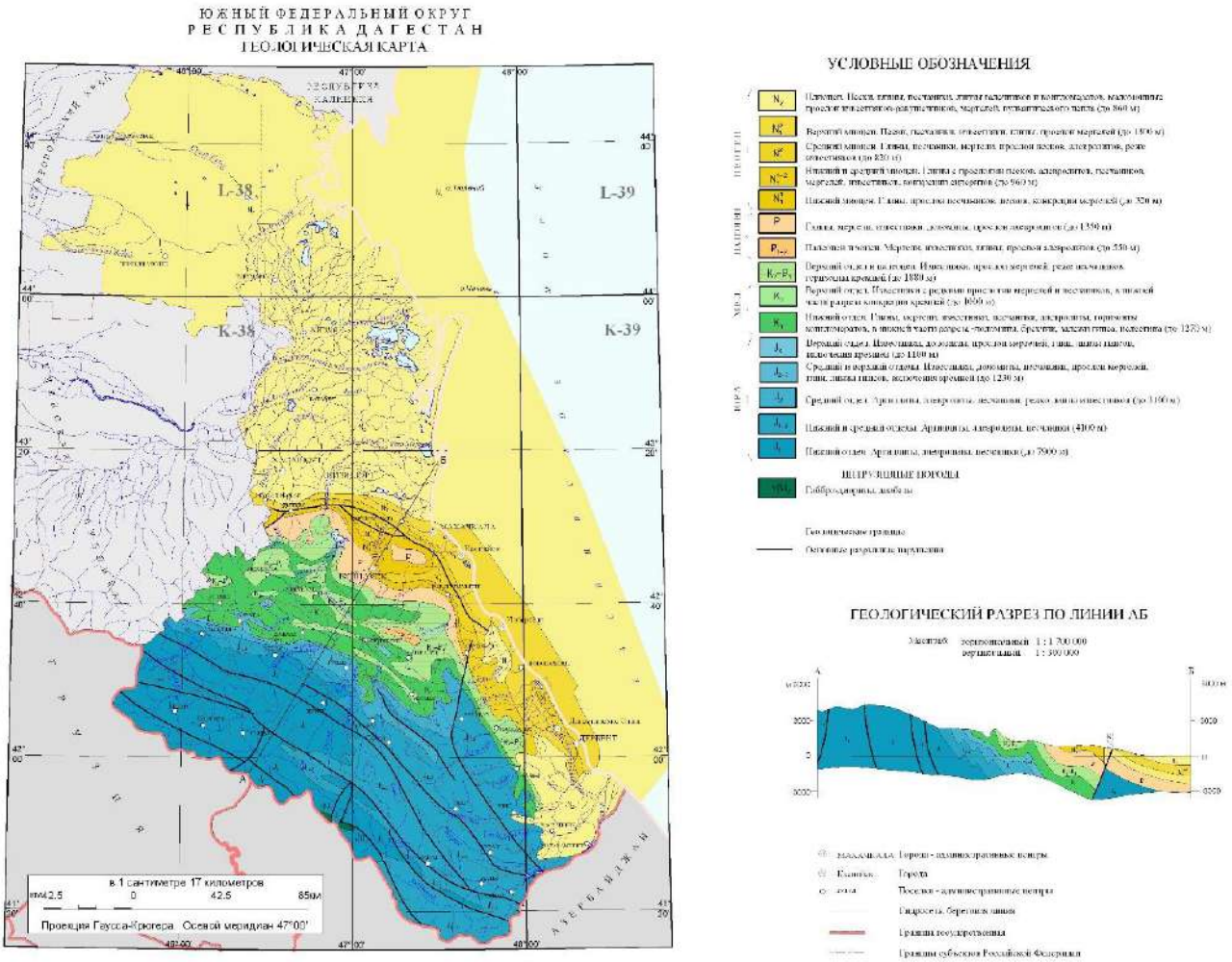
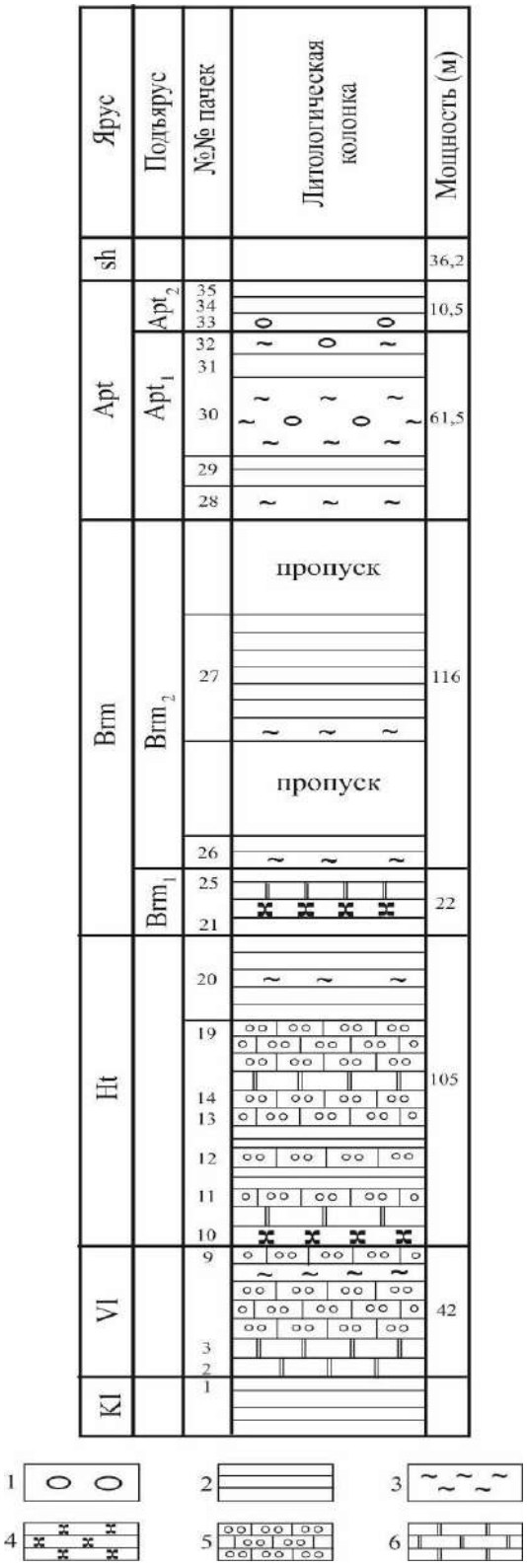


Рис.1 Геологическая карта Республики Дагестан

В литологическом отношении нижнемеловые отложения представлены двумя комплексами пород. Нижний – терригенно-карбонатный комплекс, включающий отложения берриас-валанжинскогои готеривского ярусов и верхний – терригенный комплекс, включающий барремский, аптский и альбский яруса. Наибольшая мощность этих отложений колеблется в пределах от 976м до 737м в разрезах у с.с.Гергебиль, Акуша, Могох и Ботлих и наименьшая мощность, в пределах от 400 до 200м известна в разрезах Южного Дагестана по р.Цмурчай, у с.с.Хучни и Маджалис. Взаимоотношение нижнемеловых отложений с таковыми юры самое разнообразное. В большинстве разрезов Северного Дагестана наблюдается согласное залегание нижнего мела на верхнеюрских отложениях, к таким разрезам относятся следующие: у с.Чирката-Игали, по р.Андийское Койсу, у с.Могох по р.Аварское Койсу, у с.Гергебиль по р.Кара-Койсу, в районе хребта Лес, у с.Гапшима – Акуша.

Угловое несогласие нижнего мела с подстилающими отложениями юры известно в разрезах у с.с.Аликент и Сеидкент по р.Цмурчай, где валанжин с угловым несогласием залегает на породах келловейского возраста юры. В пределах Мугринской антиклинальной зоны наблюдается стратиграфическое несогласие в разрезах у с.с.Бурдеки, Ванаши-Махи и Маджалис отложения верхнего готерива трансгрессивно залегают на различных пачках средней юры. (Разрез нижнемеловых отложений у сел.Аликент, рисунок 2.)



Изучением стратиграфии нижнемеловых отложений занимались многие исследователи; особенно большой вклад в разработку стратиграфии был внесен В.П.Ренгартеном, Д.В. Дробышевым, Т.А. Мордвилко, В, Д. Голубятниковым, Н.П.Лупповым и А.Е.Глазуновой [3]. За последнее время нижнемеловые отложения Дагестана привлекли к себе внимание многих исследователей в связи с нефтегазоносностью этих образований на территории Восточного Предкавказья.

В отложениях нижнего мела Дагестана наибольшим распространениемпользуется семейство Lagenidae, и меньшая доля приходится на представителей семейств Anomalinidae, Verneuilinidae, Textullaridae, Lituolidae, Epistominidae, Globigerinidae и др. Проведенное исследование показало, что в благоприятных условиях, некоторые виды достигают наивысшего расцвета в определенное время нижнемеловой эпохи; переходя выше, они сумели приспособиться и к новым условиям окружающей среды. При этом изменяются количество камер, величина раковины, характер ее поверхности и т.д.

Палеоэкологическое изучение динамики изменений комплексов основных групп микробиоты включает статистический, биометрический и морфологические анализы. Уже довольно давно показана приуроченность различных групп бентосных фораминифер к определенным батиметрическим условиям и оксическому уровню придонных вод, что позволяет использовать их в качестве наиболее точного инструмента при анализе гидрологического режима придонных вод. Установлено вертикальное распределение отдельных родов планктонных фораминифер в толще водном столбе, поэтому вариации в их составе дают информацию о гидрологии поверхностных вод бассейна [2].

Условные обозначения: 1 –конкреции, 2 – глина, 3 – алевролит, 4 – органогенно-оолитовый известняк, 5 – оолитовый известняк, 6 – доломит.

Рисунок 2. Литологический разрез с. Аликент.

Представители же других видов, переходя из одного бассейна в другой, спокойно переносят изменение внешней среды и характер строения их раковины не изменился. Наконец, третья группа видов резко реагировала на меняющуюся обстановку внешней среды, и представители ее быстро вымерли. Распространение таких форм, как правило, ограничивается пределами яру-

са. В итоге для каждого яруса и подъяруса имеется определенный микрофаунистический комплекс, в состав которого входят и виды, имеющие руководящее значение.

В числе заметных изменений в составе комплексов планктонных фораминифер (ПФ) на протяжении мелового периода является периодическое увеличение количества особей с удлиненными камерами последнего оборота. Удлинение камер являлось «возвращающимся» морфологическим признаком в меловом периоде и кайнозое. Это позволяет предположить, что такая раковина имела преимущество в определенных условиях окружающей среды. Одним из возможных условий этого преимущества является их адаптация к низкому содержанию кислорода в водной толще. Основанием для такого предположения послужил фактический материал из большого количества разрезов разных регионов мира [6].

Берриас-валанжинские отложения на территории Дагестана распространены неравномерно, их мощности колеблются в пределах от 40 до 115 м. Берриас-валанжинские отложения полностью отсутствуют в пределах Мугринской антиклинали в разрезах у с.с.Ванаша-Махи, Бурдеки, Маджалис. В литологическом отношении в основном они представлены в нижней части доломитами и доломитизированными известняками палево-серыми, иногда с маломощными в 2-5см редкими песчанистыми и мергелистыми прослоями. Верхние слои берриас-валанжина в большинстве разрезов представлены органогенно-оолитовыми и органогенно-обломочными известняками с редкими маломощными прослоями глин (Таблица 1).

При анализе вертикального распространения фораминифер нижнемеловых отложений Дагестана установлено, что в породах валанжинского яруса наблюдаются скудные остатки фораминифер, относящихся к семейству кристеллярии и трохолина. В готеривских же отложениях выявлено два комплекса фораминифер. Первый из них обнаружен в слоях, представленных сравнительно чистыми глинами, в составе его значительное место занимают вытянутые, развернутые и полуразвернутые кристеллярии –Cristellaria parallela Rss., Cr.subalikentensis Samyschk. – и вагинулины Vaginulina daghestanensis sp.nov., и V.praecristellarioides sp.nov.

Второй комплекс обнаружен в глинах, обогащенных грубообломочным материалом, в его составе значительное место занимают спиральносвернутые представители кристеллярий: Cristellaria caitarica Chalil., Cr. crassa Roem.

Отложения готеривского яруса на территории Дагестана распространены почти повсеместно. В Северном и Центральном Дагестане без признаков углового несогласия они залегают на подстилающих отложениях верхнего валанжина. В пределах Мугринской антиклинальной зоны (разрезы у с.с. Бурдеки, Ванаша-Махи, Маджалис) присутствует только верхняя карбонатная пачка верхнего готерива, трансгрессивно залегающая на разновозрастных отложениях юры. Граница между валанжином и готеривским ярусом проводится по резкой смене известняков терригенными пачками.

Наибольшая мощность готеривского яруса известна в разрезе у с.Могох 574м, у с.Ботлих 281м. В разрезах у с.с.Чирката, Гергебиль, Араканы, Красный Гунибский мост и Акуша – мощность их колеблется в пределах от 182 до 126м [9].

В литологическом отношении готеривский ярус представлен чередованием терригенных пачек – глин, мергелей, алевролитов и глауконитовых песчаников с карбонатными пачками известняков органогенно-оолитовых, органогенно-обломочных и слабо сцементированных известняков устричников. В направлении с юго-востока на северо-запад происходит замещение карбонатных пачек терригенными, литологическая граница между пачками становится расплывчатой.

В готеривских отложениях выявлено два комплекса фораминифер. Первый из них обнаружен в слоях, представленных сравнительно чистыми глинами, в составе его значительное место занимают вытянутые, развернутые и полуразвернутые кристеллярии – Cristellaria parallelia Rss., Cr.subalikentensis Samyschk. и вагинулины – Vaginulina daghestanensis sp.nov. и V.praecristellarioides sp.nov.

Схема стратиграфии валанжинских отложений Северного Кавказа (Дагестан)

Таблица 1.

Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Зоны единой шкалы	Местные зоны Северного Кавказа (по данным В.П. Ренгартена)	Характерный комплекс фораминифер	Литологический состав и мощность
						Дагестан	
Меловая	Нижний мел	Берриасс - Валанжинский	Средний и верхний валанжин	Saynoceras vericosum	Thurmanniceras thurmanni	Trocholina molesta Gorb., Tristix acutangulus (Reuss), Lentieulina calliopsis (Reuss) L. rotulata Lamarec. Subsp. munsteri (Roemer), L. subalikentensis subep. Longa (Samysehk), L. collignoni Espitalieet Sigal, L. secans Reuss, L. irregularis (Samyschk), Vaginulina rengarteni Samysehk., Textularia notha Gorb.	Известняки доломитизированные, органогенно-оолитовые, доломиты, с редкими прослоями от 3-5 см. до 15 см. известняковистых песчаников, мергелей 22-60 м.
				Kilianella roubaudi			
			Берриасс – нижний валанжин	Subthurmannia boissieri	Subthurmannia boissieri		Доломиты, доломитизированные известняки с прослоями гипса, чаще это толща представлена брекчированными известняками.

Второй комплекс обнаружен в пачках, обогащенных грубообломочным материалом, в его составе значительное место занимают спирально-свернутые представители кристеллярий: Cristellaria caitarica Chalii., Cr.crassa Roem.

Из фораминифер, встречающихся в готеривских отложениях, следует отметить Cristellaria parallela Rss., Cr.caitarica Chalil., Cr.crassa Roem., Cr.samur-diwidinica Chalil., Cr.alikentensis Samyschk., Cr.subparallela sp.nov., Vaginulina renngarteni Samyschk. В значительном количестве здесь была обнаружена Darbyella hauterivica Samyschk., Cristellaria secansiformis sp.nov.

Таким образом, готеривские отложенияот нижележащих пород берриас-валанжина отличаются литологическим составом пород, характеризующихся увеличением терригенных пачек с полным отсутствием доломитизированных известняков в карбонатных пачках готерива. Среди готеривской микрофауны не обнаружены виды, которые бы являлись переходящими из отложений валанжина. На основании изучения фораминифер в готеривских отложениях выделяются два вышеописанных комплексов фораминифер.

Отложения барремского яруса пользуются повсеместным распространением на территории Дагестана. Наибольшие мощности их известны в разрезах, расположенных в Северо-Западной части Дагестана. У с.Ботлих они достигают 228 м, у с.Чирката 208м, у с.Могох 119м, у с.Акуша 210м. В разрезах у с.с.Араканы, Хаджал-Махи и Леваши мощность барремского яруса колеблется в пределах от 46 м до 80 м.Литологический состав пород этих отложений в разрезах Северного Дагестана представлен глауконитовыми песчаниками часто косослоистыми, чередующимися с пачками песчанистых глин, известняка-ракушника и с редкими прослоями мшанкового детритуса. Залегают они согласно на подстилающих отложениях верхнеготеривского подъяруса. В пределах Мугринской антиклинальной зоны отложения барремского яруса представлены таким же терригенным комплексом пород, мощности которых колеблются в пределах 56-100 м. Залегают они без признаков углового несогласия на отложениях верхнего готерива. В Южном Дагестане, в разрезе у с.Хучни и по р.Цмур-чай барремские отложения представлены двумя литологически различными пачками пород. Нижняя глинистая пачка представлена глинами темно-серыми и зеленоватыми с прослоями известняков устричников, верхняя пачка песчанистая, представлена известковистыми песчаниками и алевролитами, имеющими конкрецеподобное строение за счет более уплотненных тонкослоистых образований песчаников диаметром до 2-х м.

В отложениях верхнего баррема установлено три комплекса фораминифер. Первый из них обнаружен в глинистых слоях, в составе его значительное место занимают Cristellaria samur-diwidjinica Chalil.var.barremensis Samyschk., Patelina comusana Chalil., Marginulina cozluschaica Agal., приуроченные только к отложениям верхнего баррема. В меньшем количестве встречаются Cristellaria mutabilis (Cjrnuel), Vagimulina praecristellarioides sp.n.var.majorvar.n. Редкими оказались представители родов Nodosaria и Textularia.

Из нижнебарремских форм продолжает жизнь Cristellaria suprahauteriviensis sp.nov., но уже встречающаяся редко. Второй комплекс обнаружен в глинистых алевролитах, в его составе значительное место занимает Epistomina daghestantnsis sp.nov., имеющая широкое горизонтальное и узкое вертикальное распространение. Менее распространенными, но встречающимися только в верхнебарремских отложениях, являются следующие формы: Marginulina piramidalis Koch, Dentalina oligostegia Rss, Cristellaria suprahauteriviensis sp.nov.var. barremensis Samyschk., Vaginulina truncate Rss. var. majorvar. nov. Наряду с ними продолжают существовать некоторые представители, перешедшие сюда из готеривского бассейна. К ним относятся Cristellaria secansiformis sp.nov., Cr. rotulata Lam., Vaginulina praecristellarioides sp. nov. Третий комплекс обнаружен в песчанистых глинах, в его составе значительное место занимает Cristellaria samur-diwidjinica Chalil.var. barremensis Samyschk., Marginulina gracilissima Rss. var.curta Zasp., Vaginulina aff. recta Rss. и др. Менее распространенными являются Dentalina oligostegia Rss., Cristellaria longaeformis sp.n.var. maximavar. nov. Этот комплекс, хотя и имеет сходство с первым, но явно отличается от него обновлением видового состава фораминифер.

Отложения аптского яруса широко распространены на территории Дагестана. Представлены они алевролито-глинистыми и песчанистыми осадками с включением шаровых конкреций. Наибольшие мощности этих отложений известны в разрезах Северного и Центрального Дагестана. У с.Акуша 380м, с.Могох 247м, с.Араканы 214 м, с.Гергебиль 260 м, с.с. Ботлих, Анди, Чирката от133 до 170 м. В южном Дагестане мощность аптских отложений резко сокращается. В разрезе р.Цмур-чай (у с.с.Аликент и Сеидкент) известна самая маленькая мощность аптских отложений – 66 м. В скрытых структурах восточной антиклинальной зоны их мощность по сравнению с разрезами Северного Дагестана значительно уменьшается от 106 м на участке Берикей до 84 м на участке Дузлак. Сокращение мощностей в Южном Дагестане происходит за счет неполноты разреза верхнеаптского подъяруса.

На основании изучения фаунистических остатков и литологии аптские отложения делятся на нижний и верхний подъярусы.

Нижний апт в литологическом отношении представлен алевролитами, глинами песчанистыми с редкими прослоями глауконитового песчаника с включением шаровых конкреций из известковистого алевролита, иногда ожелезненных, диаметром от нескольких сантиметров до 2-2,5 м. Границу между верхним барремом и нижним аптом проводят ниже маркирующего горизонта песчаника с фосфоритизированными включениями и многочисленными фаунистическими остатками.

Граница между нижним и верхним аптом проводится по аммонитам верхнеаптского возраста. В литологическом отношении отложения верхнего апта представлены песчаниками глауконитовыми, часто косослоистыми и алевролитами неоднородными, пятнистыми с включением крупных шаровых конкреций.

В отложениях нижнего апта оказалось два комплекса фораминифер. Первый из них обнаружен в глинистых алевролитах и характеризуется вздутыми формами кристеллярий, из которых спирально-свернутые обладают дискообразным наростом в центре раковины. Преобладающими формами этого комплекса являются Cristellaria rotulaeformis sp.nov.var., Cr.verica Saidova, Cr.longaeformis sp.nov.var., Cr. apticavar. nov. Из перечисленных видов первый и последний приурочены только к отложениям нижнего апта. Менее распространенными, но вместе с тем характерными, являются Cristellaria munsteri Roem., Marginulina hamulus Orb. Впервые здесь появляются Globigerina infracretacea Glaessner, Anomalina infracomplanata Mjatl., но раковины их единичны. Из верхнебарремских форм значительное развитие в нижнем апте получила Cristellaria schutsajae Saidova. Второй комплекс выявлен в известковистых алевролитах, переслаивающихся с их песчанистыми разностями. В составе фораминифер этих слоев в значительном количестве обнаружены Tritaxia dagestanensis sp.nov., встречающаяся только в отложениях нижнего апта; отмечается также появление Epistomina reticulate Rss., Anomalina infracomplanata Mjatl.

В отложениях верхнего апта установлено два комплекса фораминифер; первый, обнаруженный в песчанистых глинах (с.Дузлак), в своем составе содержит значительное количество песчанистых фораминифер: Bolivinopsis extullaroides Rss., Ammobaculifes agglutinans Orb., причем, последний приурочен только к верхнеаптским отложениям.

Во втором комплексе, обнаруженном в известковистых глинах (с.Аликент), значительное место занимает Epistomina spinulifera Rss., меньшим распространением пользуются спирально-свернутые кристеллярии и представители родов: Nodosaria, Pleurostomella, Frondicularia. Из нижнеаптских видов здесь продолжают развиваться Marginulina jonesinoides Subb., Cristellaria rotulataeformis sp.nov. и др.

Альбские отложения на территории Дагестана представлены весьма неравномерно. По палеонтологическим данным и литологическим признакам они делятся на три подъяруса: нижний, средний и верхний альб. Наибольшие мощности их известны в Центральном Дагестане в разрезах у с.с.Гергебиль 275 м. В северо-западном направлении их мощность сокращается от 114 м в разрезе у с.Араканы до 49 м у с.Руцуха (Ботлихский район).

В Южном Дагестане наблюдается резкое сокращение мощностей рассматриваемого яруса. В пределах Мугринской антиклинальной зоны у с.с. Ванаши-Махи и Бурдеки их мощности сокращаются от 85 до 56 м. В разрезе у с.Маджалис нижний альб мощностью 44 м перекрывается верхнесеноманским подъярусом. У с.Хучни мощность альба равна 26 м, причем на нижний альб приходится 18 м, выше с фосфоритизированным горизонтом в основании залегают средние и верхнеальбские отложения. В пределах восточной антиклинальной зоны, в скрытых структурах Дузлак и Берикей присутствует только нижний альб мощностью от 45 до 60м. Граница между верхнеаптскими и нижнеальбскими отложениями устанавливается по появлению головоногих моллюсков нижнеальбского возраста. В некоторых разрезах эта граница начинается фосфоритизированным горизонтом, проходящим в основании черных оскольчатых глин и алевролитов.

Верхние слои нижнего альба на территории Дагестана представлены относительно мелководными осадками в виде глауконитовых песчаников и алевролитов, иногда с включением шаровых конкреций. В большинстве разрезов Южного Дагестана рассматриваемые отложения выклиниваются, на некоторых участках они не отлагались или же были смыты сеноманской трансгрессией.

Альб средний и верхний сходны по литологическому составу и представлены чередованием темно-серых и черных глин со светло-серыми мергелями. По аммонитам каждый из указанных подъярусов по данным А.Е.Глазуновой, Т.А.Мордвилко и В.П.Ренгартена, делится на несколько зон. В среднем альбе снизу вверх выделяются следующие три зоны: 1) Douvilleiceras mamillatum, 2) Hoplites dentatus, 3) Annhoplites daghestanensis [8,10].

Первая из указанных зон Douvilleiceras mamillatum в Дагестане отсутствует. Данное обстоятельство связано с продолжающимся перерывом в осадконакоплении, как отмечает Т.А. Мордвилко в отдельных районах Северного Дагестана (р.Сулак) хорошо устанавливается перерыв в осадконакоплении между нижним и средним альбом. На территории Дагестана большое развитие получили отложения с Hoplites dentatus – относящиеся к средней зоне среднего альба и отложения с Annhoplites daghestanensis – относящиеся к верхней зоне среднего альба.

Отложения альббского яруса характеризуются тремя комплексами фораминифер. Нижнеальбский комплекс фораминифер, в основном, представлен песчанистыми формами, из которых наибольшим распространением пользуются Gaudryina filiformis Berrh., Proteonina difflugiformis Brady, Ammodiscus incertus (Orh.), Reophax scurpiurus (Montfort), Rhizammina indivisa Brady и др. Первые два вида единично встречаются еще в верхних слоях верхнего апта, в нижнем же альбе они встречаются обильно, а в вышележащих отложениях среднего и верхнего альба совершенно исчезают. Значительного развития здесь достигает Anomalina infracjmplanata Mjatl. Второй комплекс фораминифер характеризует отложения среднего альба. Наибольшее значение в его составе имеют Spiroplectammina terminalis Saidova, Anomalina agalarovae Vassilenko, Anomalina biinvoluta Mjatl., Trifarina acutangulum Rss. Третий комплекс фораминифер, наблюдаемый в слоях верхнего альба, характеризуется массовым скоплением Globigerina globigerinellinoides Subb., G. infracretacea Glaessnner, на долю которых приходится 60-70% остатка отмытой породы. Из среднеальбских видов продолжают существовать Spiroplectammina berminalis Saidova, Anomalina (Gavelinella) agalarovae Vassilenko, из новых видов особенно часто встречается Gaudryina daghestanensis sp.nov. В контакте же с верхнемеловыми отложениями в большом количестве обнаружены Gumbelitria cenomana Kell.

Изучение фораминифер нижнемеловых отложений Дагестана показало некоторое сходство их с таковыми синхроничными отложениями Северо-Германского и Англо-Парижского бассейнов, но, в основном, здесь развита своеобразная фауна фораминифер, типичная для нижнемеловых отложений Кавказа.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 1021060808457-2-1.5.6.

Литература

1. Аркадьев В.В., Богданова Т.Н. Берриас Горного Крыма. Санкт-Петербург, 2012 г., С.3-4.
2. Гаврилов Ю.О., Копаевич Л.Ф. О геохимических, биохимических и биотическихследствияхэвстатических колебаний. //Стратиграфия. Геологическая корреляция. //М.: Наука, том 4, №4. 1996. С.11-12.
3. Гаврилов Ю.О. Накопление углеродистых отложений в разнофациальных обстановках мезозойско-кайнозойских палеобассейнов Северного Кавказа (влияние региональных и глобальных факторов) // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, №4 (91), 2022 г., стр.32-40.
4. ДробышевД.В. Хребет Лес в Даргинском округе Дагестана. Тр. ГГРУ. Вып. 86. 1931г.

5. Исаева Н.А. Этапы развития фораминифер в отложениях позднего мела на территории Восточного Кавказа. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск №3 (98), 2019г., С.78-80.

6. Копаевич Л.Ф. Обстановки дефицита кислорода и их влияние на морфологию раковин меловых планктонных фораминифер. // Систематика организмов. Ее значение для биостратиграфии и палеогеографии. Материалы LX сессии Палеонтологического общества 1-5 апреля 2013г. Санкт-Петербург. 2013. С. 64.

7. Леонов Г. П. и Логинова Г А. Основные черты геологического развития Дагестана в эпоху верхней юры и валанжнна. В сб. Ученые записки МГУ, вып. 176. 1958 г.

8. МордвилкоГ. А. Нижнемеловые отложения Северного Кавказа и Предкавказья, Изд. АН СССР. ч. II. 1962 г.

9. Самышкина К.Г. Фораминиферы и стратиграфия меловых отложений Восточного Кавказа //М.: Наука, 1983. С.30-31.

10. Ренгартен В.П.Опорные разрезы нижнего мела Дагестана. М,, Изд. АН СССР. 1961г.

11. Ренгартен В.П.Геологическое описание. Меловая система. В кн.: Геология СССР, т.IX, Северный Кавказ, ч.1. 1947 г.

12. Reuss A. Foraminiferen des norddeutschen Hils und Gault. Sitz. Akad.Wiss. Wien, 1863, Bd 46, S.55

УДК:551.762
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-32-35

ДИНАМИКА ТАКСОНОМЕТРИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И СТРУКТУРЫ ФОРАМИНИФЕРОВЫХ СООБЩЕСТВ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ (БАЙОС-БАТ) ДАГЕСТАНА

Баркуева Л.С.
Институт геологии ДФИЦ РАН

В статье рассмотрены отложения байоса и бата соответствующие кумухской и цудахарской свитам в разрезе горы Шунудаг центральной части Горного Дагестана. Приведены результаты анализа динамики таксономического разнообразия и структуры фораминиферовых сообществ. Результаты изучения фауны показывают, что фораминиферы в нем распространены неравномерно и их присутствие тесно связано с литологическим составом пород, комплексом абиотических факторов – глубиной, соленостью, газовым режимом, гидродинамикой, температурой и др.

Ключевые слова: средняя юра, байос, бат, фораминиферы, Центральный Дагестан.

DYNAMICS OF TAXONOMETRIC DIVERSITY AND STRUCTURE OF FORAMINIFERAL COMMUNITIES IN THE JURASSIC SEDIMENTS OF DAGESTAN

Barkueva L.C.
Institute of Geology of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

The article examines the Bajocian and Bathonian deposits corresponding to the Kumukh and Tsudahar formations in the section of Mount Shunudag in the central part of Mountainous Dagestan. The results of an analysis of the dynamics of taxonomic diversity and the structure of foraminiferal communities are presented. The results of studying the fauna show that foraminifera are unevenly distributed in it and their presence is closely related to the lithological composition of the rocks, a complex of abiotic factors - depth, salinity, gas regime, hydrodynamics, temperature, etc.

Keywords: Midlle Jurassic, Bajocian, Bathonian, foraminifera, association, Central Dagestan.

Байос-батские отложения на территории Дагестана повсеместно представлены терригенными осадками: аргиллитами, алевролитами, песчаниками, причем количественное соотношение их в разных разрезах неодинаково.

Нижнебайосские отложения, выделяемые под названием кумухской свиты в разрезе горы Щунудаг, снятые недалеко от с. Циша представлены зеленовато-серыми, неслоистыми песчаниками и алевролитами мощностью 50-70 м. (Рис.1).

Далее вверх по разрезу они замещаются мощной толщей темно-серых аргиллитов. В аргиллитах часто встречаются глинисто-сидеритовые конкреции и карнизики маломощных песчаников. Мощность аргиллитов достигает 250-300 м. Верхняя часть нижнего байоса (верхняя часть кумухской свиты) представлена песчаниками и алевролитами, мощность которых составляет 400 м. Фаунистически отложения нижнего байоса в этом разрезе охарактеризованы слабо. Единичные находки аммонитов Безносов Н.В. (1967) Holcophlloceras zignodianum (Orb.) свидетельствуют о нижнебайосском возрасте. Фораминиферы малочисленны, встречаются редко и приурочены в основном к аргиллитовой толще. Ведущую роль в составе выявленного здесь комплекса играют агглютинирующие фораминиферы, встречающиеся в образцах в небольшом количестве, но постоянно. Из этой части разреза определены: Hyperammina flexuosa Ant., Haplophragmoides planus Ant., H. convexus Antonova, Trochammina sp., Lenticulina chodzica (Ant.). L.subalatiformis Dain., Eoguttulina sp.

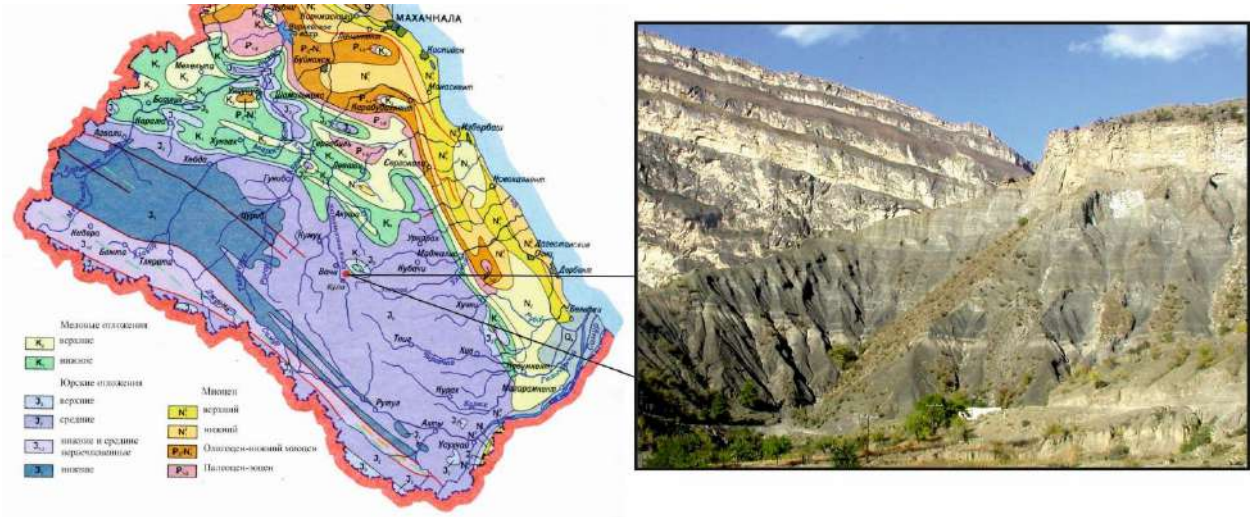


Рисунок 1. Нижнебайосские отложения снятые недалеко от селения Циша.

Нижняя часть верхнего байоса (нижняя подсвита цудахарской свиты) представлена зеленовато-серыми, глинистыми алевролитами и мелкозернистыми серыми песчаниками, с редкими прослоями аргиллита. Из этих отложений Безносовым Н.В. [1] определены Dinolitoceras zhivagoi Besn., Partschiceras sp., характерные для верхнего байоса. Мощность хиндахских слоев около 100м. Фораминиферы в образцах этих слоев отсутствуют.

Верхняя часть верхнего байоса (примерно 2/3 части средней подсвиты цудахарской свиты) могохские слои представлены монотонной толщей черных аргиллитов в разной степени алевритистых, содержащих многочисленные глинисто-сидеритовые и глинисто-кальцитовые конкреции различной формы и размера. В толще встречаются линзы и прослои мергелей и алевролитов.

В этом разрезе встречен Nannolytoceras okribensa, а повыше Partschiceras belinskji Besn. Parkinsonia of. Parkinsoni (Sow), характерные для верхней зоны позднего байоса [1]. При переходе к средней подсвите цудахарской свиты меняется облик фораминиферовых ассоциаций. Широкое развитие аргиллитов, свидетельствующее об углублении бассейна, отразилось и на развитие фораминифер. Почти все образцы содержат немногочисленную фауну фораминифер, бентосную и планктонную формы. Мощность могохских слоев составляет здесь 320 м.

Секреционный бентос представлен видами: Lamarckella epistominoides Kap, Garantella caucasica Antonova, Reinholdella ex gr. exelsa(Antonova.), Discorbis lacunosus Antonova, Globigerina dagestanica Mor. et Mosk, O.caucasicum Antonova, O.clarum Antonova., Lenticulina labensa (Antonova.), L. chodzica (Antonova.), L. sabalatiformis Dain, L.subinvoluta Kap., L. perlusida (Antonova.), Astacolus caucasicus (Antonova.), A. dainae Kos., A.disctyodes (Deesce), A. decora Chab., Planularia anseps (Terq.)., P. Instabilis (Terq.), Marginulina minuta Terq., M. glabra d,Orb, Dentalina jurensis Terq, D. subplana Terq, D. varians Terq, Hipocreppina maratica Temirb, Jaculella conica (Mak.).Вместе с фораминиферами постоянно и в значительном количестве присутствуют раковины пелециподов и гастропод.

Перечисленные милиолиды рода Ophthalmidium такие как O.caucasicum широко распространены на Кавказе, Молдавии и характеризуют верхний байос, а Ophthalmidium infraooliticum имеет более широкий вертикальный диапазон на Кавказе – верхний аален-байос. Встреченные представители цератобулиминид, как Kaptarenkoella epistominoides (Kapt.), Reinholdella media (Kapt.), Garantella caucasica Antonova и другие характерны для верхнего байоса - нижнего бата Кавказа. Число раковинок встреченных видов родов нодазариид и вагинулинид не превышает

4-5. В основном это широко распространенные виды на территории Кавказа и Европы и стратиграфически - байос- бат, таблица 1.

Таблица 1.

Разрез среднеюрских отложений у с. Цища.

Отдел	Ярус	Подъярус	Свита	Слои	Литология	Мощность (м)	Микрофаунистическая характеристика
Средняя юра	Батский	Бат	Цудахарская	Могохские		-100	*Reinholdella ex gr. exelsa(Ant.), Lenticulina labensa (Ant.), L. chodzica (Ant.), L.subinvoluta Kapt., Astacolus decora Chab., A. habrida(Terq.), A.dainae Ros., Planularia anseps (Terq.)., P. instabilis (Terq.), Dentalina jurensis Terq, D. subplana Terq, D. varians Terq, , Jaculella conica (Mak.).*
	Байосский	Верхний байосс				-200	*Lamarckella epistominoides Kap, Garantella caucasica Antonova, Reinholdella ex gr. exelsa(Antonova.), Discorbis lacunosus Antonova, Globigerina dagestanica Mor. et Mosk, Ophthalmidium infraooliticum (Terq.), O. corinatum Kubl. et Zw, O.caucasicum Antonova, O.clarum Antonova., Lenticulina labensa (Antonova.), L. chodzica (Antonova.), L. sabalatiformis Dain, L.subinvoluta Kap., L. perlusida (Antonova.), Astacolus caucasicus (Antonova.), A. dainae Kos., A.disctyodes (Deesce), A. decora Chab., Planularia anseps (Terq.)., P. Instabilis (Terq.), Marginulina minuta Terq., M. glabra d,Orb, Dentalina jurensis Terq, D. subplana Terq, D. varians Terq, Hipocreppina maratica Temirb, Jaculella conica (Mak.)*
						-300	
				Хинд-е		-400	
						-500	
		Нижний байосс	Кумухская			-600	*Hyperammina flexuosa Ant., Haplophragmoides planus Antonova, H. convexus Antonova, Trochammina sp., Lenticulina chodzica (Antonova). L.subalatiformis Dain., Eoguttulina sp.*
						-700	
						-800	
						-900	
						-1000	
						-1100	
						-1200	

Планктонные фораминиферы рода Globigerina имеют довольно короткий период (верхний байос-нижний бат) существования в Дагестане, на Северном Кавказе и указывают на наиболее глубоководные условия бассейна в это время.

В нижней части батского яруса, составляющая примерно верхнюю треть средней подсвиты цудахарской свиты, представлена аргиллитами. Состав аммонитов не меняется. Продолжают существовать почти все виды встреченных фораминифер. Это Lamarckella epistominoides Kap., Garantella caucasica Ant., Reinholdella quadrilobata (Kapt),Discorbis lacunosus Ant., Ophthalmidium clarum Kubl. et Zw., O. infraooliticum (Terq.), Lenticulina chodzica (Ant.), L. perlusida (Ant.), L.subalatiformis Dain., Astacolus caucasicum (Ant.). Происходит изменение количественных соотношений планктонных фораминифер, глобигерины здесь редки и единичны. Примерно также обстоит дело с видами Reinholdella ex gr. exelsa(Ant.), Lenticulina labensa (Ant.), L. chodzica (Ant.), L.subinvoluta Kapt., Astacolus decora Chab., A. habrida(Terq.), A.dainae Ros., Planularia anseps (Terq.)., P. instabilis (Terq.), Dentalina jurensis Terq, D. subplana Terq, D. varians Terq, , Jaculella conica (Mak.).

На этом уровне отмечается появление новых видов фораминифер. Здесь в верхней части разреза отмечены виды Spiroloculina perlucida Temirb., довольно часты находки Brotzenia aff. Peregrine (Kap.). Реже встречается Sigmoilina costata (Ant.). Quinqueloculina inconstans Terq. Мощность этой части разреза составляет 200 м.

Карадахские слои срезаны трансгрессивно налегающими отложениями валанжина. В результате проведенного исследования было установлено, что отложения кумухской свиты и хиндахских слоев (цудахарская свита) содержат редкую фауну фораминифер. Преобладают агглютинированые формы, каждая из которых представлена 1-2 экземплярами. По резкому увеличению числа фораминифер и их видовому разнообразию четко фиксируется нижняя граница могохских слоев. Внутри могохских слоев происходит смена комплексов милиолид и уменьшениие глобигеринид, чем фиксируется граница байосских и батских отложений. Переход к батскому ярусу характеризуется резким уменьшением фораминифер.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 1021060808457-2-1.5.6.

Литература

1. Безносов Н.В. Байосские и батские отложения Северного Кавказа М.Недра.1967, 179 С.
2. Гофман Е.А. Фораминиферы юры Северного Кавказа. 1967, М., Наука, с.149
3. Магомедов А.М., Темирбекова У.Т. Стратиграфия и микрофауна байосских и батских отложений Дагестана. Махачкала, 1978. 136 С.
4. 4.Темирбекова У.Т. Иванова Э.И. Баркуева Л.С. Новый комплекс фораминифер в батских отложениях Дагестана // Геология и геохимия минерального сырья Дагестана. Труды Института геологии Даг. Филиала АН СССР. Вып.38, Махачкала.1989. с.197-202
5. Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С., Микробиота среднеюрских бассейнов Дагестана // Труды ИГ ДНЦ РАН, «Геология и ресурсы Кавказа» №4(71) 2017, с.25–28.
6. Темирбекова У.Т., Баркуева Л.С., Стратиграфия среднеюрских отложений Дагестана // Труды ИГ ДНЦ РАН, «Геология и ресурсы Кавказа» №1(72), 2018, с.60–64.

УДК 551.24
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-36-46

УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ И УСКОРЕНИЕМ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА

Харебов К.С., Баскаев А.Н., Макиев В.Д.
Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН

Резюме: Актуальность работы. Влияние грунтов на параметры проявления сейсмического эффекта является актуальной проблемой. Поэтому представляется важным установить характер корреляционной связи между интенсивностью в баллах и ускорениями колебаний грунта и параметрами, определяющими состояние геологической среды: скоростями продольных и поперечных волн, плотностью и жесткостью грунтов. Цель исследования. Продолжение авторами предыдущих исследований, а именно изучение влияния скорости распространения продольных V_p, поперечных V_s волн, плотности ρ и сейсмической жесткости ρV_s грунтов на корреляционную связь между интенсивностью в баллах и ускорениями колебаний грунта. Методы исследования. Использовалась японская система K-NET, руководство которой любезно предоставило нам для некоммерческого использования доступ к своим инструментальным трехмерным записям на 1006 станций. Были выбраны записи по четырем землетрясениям магнитудой 9; 7,7; 7,2; 6,7 с эпицентральным расстоянием от 200 до 250 км актуальные на 05 ноября 2023. В выборке имеются скорости распространения продольных и поперечных волн, а также плотности и жесткости грунтов, усредненные до глубины 20 м по грунтам станций. Результаты работы. Показано, что при высоких магнитудах увеличивается коэффициент корреляции между интенсивностью проявления и логарифмом ускорения, а также стандартные ошибки интенсивности, ускорения и логарифма ускорения. При высоких значениях плотности и жесткости грунтов расчетная интенсивность больше измеренной интенсивности из K-NET.

***Ключевые слова*:** база данных сильных движений, K-NET, землетрясение, эпицентральное расстояние, скорость продольной и поперечной волны, плотность грунтов, сейсмическая жесткость грунтов.

ESTABLISHING CORRELATIONS BETWEEN THE INTENSITY OF EXPOSURE AND ACCELERATION OF GROUND VIBRATIONS

Kharebov K.S., Baskaev A.N.
Geophysical Institute of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Summary: Relevance of the work. The influence of soils on the parameters of the seismic effect is an urgent problem. Therefore, it seems important to establish the nature of the correlation between the intensity in points and accelerations of ground vibrations and the parameters that determine the state of the geological environment: the velocities of longitudinal and transverse waves, the density and rigidity of soils. Purpose. Continuation by the authors of previous studies, namely, the study of the influence of the propagation velocity of longitudinal V_p, transverse V_s waves, density ρ and seismic stiffness ρV_s of soils on the correlation between the intensity in points and accelerations of soil vibrations. Methodology. The Japanese K-NET system was used, the management of which kindly provided us with access to its instrumental three-dimensional recordings on 1006 stations for non-commercial use. Records were selected for four earthquakes of magnitude 9; 7.7; 7.2; 6.7 with an epicentral distance of 200 to 250 km current on November 05, 2023. The sample contains the propagation velocities of longitudinal and transverse waves, as well as the densities and stiffness of soils averaged to a depth of 20 m over the soils of the stations. Findings. It is shown that at high magnitudes, the correlation coefficient between the intensity of manifestation and the logarithm of acceleration increases, as well as the standard errors of intensity, acceleration and the logarithm of acceleration. At high values of soil density and hardness, the calculated intensity is greater than the measured intensity from K-NET.

***Keywords*:** Strong Movements Data Base, K-NET, earthquake, epicentral distance, velocity of longitudinal and transverse waves, soil density, seismic rigidity of soils.

ВВЕДЕНИЕ

В инженерной сейсмологии весьма важным представляется исследование взаимозависимости между различными характеристиками очага землетрясения, инструментальными записями грунтовых движений и параметрами грунтов на выбранном сайте [Заалишвили, 2009б; Chernov etal., 2020; Dzhuriketal., 2015; Zaalishvili, 2020]. Установление статистических зависи-

мостей между различными параметрами производится на основе обработки баз данных сильных движений, разработанных в ГФИ ВНЦ РАН. Результаты подобных исследований позволяют выявить ценность каждой из выбранных характеристик при изучении сейсмического воздействия на здания и сооружения.

Оценка вероятности превышения уровня воздействий при расчетах сейсмостойкости зданий и сооружений проводится в работе [Аптикаев, 2021б]. Показано, что нормативный уровень ускорений при расчетах сейсмостойкости более чем в два раза ниже реальных значений.

В работе [Аптикаев, 2020] показано соотношение сейсмической интенсивности в баллах и ускорения грунта и найдены параметры сейсмического движения грунта, наиболее тесно коррелируемые со степенью повреждения зданий и сооружений. Показано, что задание уровня ускорений в отечественных нормах занижено примерно вдвое и не соответствует допустимым уровням превышения воздействий в баллах на картах ОСР.

В статье [Erteleva et al., 2022] предлагается методика расчетов ускорений и интенсивностей, основанная на эмпирических данных. Для землетрясения Монте КристоРэйндж, 15.05.2020 г., предложены уравнения затухания пиковых ускорений, и оценен сейсмический эффект.

Записи землетрясений, как правило, даются с весьма приблизительным описанием грунтовых условий. Например, термин аллювий, недостаточно объясняет конкретный тип грунта и его физико-механические свойства. Не надежны описания: «мягкий грунт», «жесткий грунт», «скальный грунт». Ведь скала может быть сильно выветрелой, и тогда по своим сейсмическим свойствам приближаться к самым слабым грунтам. При этом, например, аллювий по своим сейсмическим свойствам может намного превосходить те же сильно выветрелые скальные грунты и т.д. Более того, для адекватного учета грунтовых условий недостаточно и более определенного понятия такого, как, например, «глинистый грунт». В связи с этим, мы используем количественные показатели свойств грунта: скорости распространения продольных и поперечных волн, плотность, сейсмическую жесткость, мощность залегания и плотность грунтовых слоев и т.п. [Вознесенский и др., 2016; Вознесенский, Кушнарева, 2020; Zhang & Lin, 2014]. Скорость продольных V_p и поперечных V_s волн определяется свойствами геологической среды. Отношение скорости поперечной волны к скорости продольной волны характеризует пористость, трещиноватость и вещественный состав поро- и трещинонаполнителя в геологических объектах. Высокая вертикальная трещиноватость ведет к возрастанию отношения V_s/V_p. Высокая газонаполненная пористость ведет к уменьшению отношения V_s/V_p [Гик, 2000]. Соотношение V_p/V_s для нефте- и газонасыщенных пород всегда меньше, чем для водонасыщенных [Воскресенский, 2001]. В приповерхностных отложениях отношение скорости *P* - волны к скорости *S*-волны (V_p/V_s), как правило, намного выше, чем в консолидированных отложениях или твердых породах [Woelzetal., 2009]. Изменение параметра V_p/V_s может использоваться в качестве предвестника для прогноза времени совершения сильного землетрясения [Дещеревский и др., 2003; Гаджиев, Газанова, 2011]. Для оценки влияния грунтового массива на изменение интенсивности сейсмических воздействий используется параметр, называемый сейсмической жесткостью – произведение плотности грунта на скорость сейсмической волны [Заалишвили, 2009а]. Возможно изменение сейсмической жесткости грунтов с помощью устройства грунтобетонных геотехнических барьеров [Маковецкий, 2017]. Методом сравнения спектров записи местного землетрясения на целевой и эталонной станциях можно определить спектральные характеристики среды [Гусев, Скоркина, 2020]. В статье [Джурик и др., 2020] рассмотрены динамические параметры сейсмических сигналов и установлены диапазоны их колебаний, связанные с влиянием сезонных факторов (оттаивание-промерзание). Особенности затухания макросейсмической интенсивности с расстоянием для территории Центральной Азии приведены в работе [Artikovetal., 2020]. Региональные зависимости затухания амплитуд скоростей колебаний грунта и их спектральных составляющих с расстоянием для землетрясений различного

энергетического уровня получены в статье [Artikovetal., 2018]. Комплексный подход к оценке сейсмической опасности грунтов рассмотрен в работе [Eskinetal., 2018]. В статье [Шевченко, Яковенко, 2019] излагается методика и представлены результаты расчета грунтовых коэффициентов на сейсмических станциях в г. Петропавловске-Камчатском и соседних поселках относительно опорной станции Петропавловск.

В работе [Баскаев, Харебов, 2015] проведено исследование влияния различных видов грунтов на интенсивность проявления сильных грунтовых движений. Для различных типов грунта (скала, песок, гравий, ил, глина) получены корреляционные зависимости интенсивности от логарифма пикового горизонтального ускорения и от гипоцентрального расстояния по отдельности.

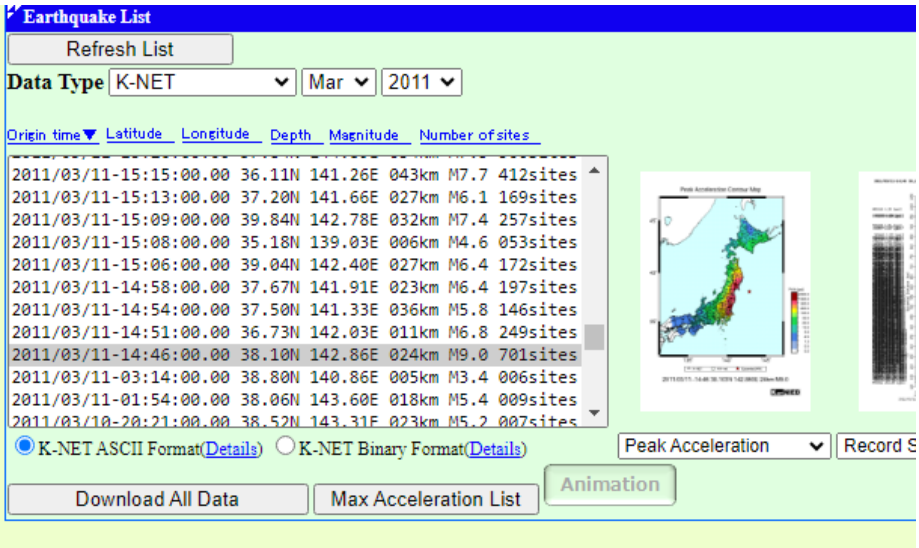
В данной работе проведено исследование корреляционной связи между интенсивностью в баллах и ускорениями колебаний грунта. Рассмотрены параметры грунтов: скорости продольных и поперечных волн, плотность и жесткость грунтов. В основу исследования положены трехмерные акселерограммы землетрясений, произошедших в Японии, из системы K-NET [Kinoshita, 2003].

ОТБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ЗАПИСЕЙ

В классическом виде [Gutenberg, Richter, 1956] интенсивность колебаний зависит от магнитуды сейсмического события и эпицентрального расстояния. Соответственно, мы должны выбрать записи с одним и тем же событием, и приблизительно равными эпицентральными расстояниями (200–250 км). Авторы уже проводили подобные исследования [Харебов и др., 2020] на записях K-NET при близких (не более 50 км) эпицентральных расстояниях. Но катастрофическое землетрясение магнитудой 9, 11 марта 2011 года мы не рассматривали, так как эпицентральные расстояния составляли более 100 км. В представленной статье рассмотрены четыре землетрясения, данные по которым актуальны на 05 ноября 2023.Первое выбранное событие характеризуется параметрами M = 9;2011/03/11-14-46: 00.00; 38.10N 142.86E; всего в K-NET 701 подобных сайтов. Нами было отобрано37 сайтов с эпицентральными расстояниями от 200 до 250 км (рис. 1).

А также отобраны: 39 сайтов M = 7,7;2011/03/11-15-15: 00.00; 36.11N 142.26E; 40 сайтовM = 7,2;2005/08/16-11-46: 00.00; 38.15N 142.28E; 40 сайтовM = 6,7;2018/09/06-03-08: 00.00; 42.69N 142.01E.

Всего в K-NET 1006 станций. По каждой станции представленыпараметры грунтов: скорости продольныхV_p и поперечных волнV_s, плотностьρи жесткостьρV_sгрунтов.



Data List

Network	Site code	Recording start time	Latitude	Longitude	Peak acceleration	Intensity	Epicentral distance	Site n
K-NET	FKS031	2011/03/11-14:46:56	37.34N	140.81E	0472.0gal	5.5	0200km	KAWAUCHI
K-NET	FKS002	2011/03/11-14:46:55	37.85N	140.60E	0629.3gal	5.4	0201km	YANAGAWA
K-NET	IWT012	2011/03/11-14:46:52	39.32N	141.14E	0627.7gal	5.9	0202km	KITAKAMI
K-NET	FKS011	2011/03/11-14:46:58	37.09N	140.90E	0436.8gal	5.4	0206km	IWAKI
K-NET	MYG005	2011/03/11-14:46:57	38.80N	140.65E	0279.9gal	5.1	0208km	NARUKO
K-NET	IWT017	2011/03/11-14:46:56	39.63N	141.44E	0350.4gal	5.0	0210km	KADOMA
K-NET	FKS003	2011/03/11-14:46:58	37.76N	140.48E	0329.1gal	5.3	0213km	FUKUSHIMA
K-NET	IWT014	2011/03/11-14:46:56	39.48N	141.15E	0249.5gal	5.1	0214km	ISHIDORIYA
K-NET	IWT019	2011/03/11-14:46:56	39.85N	141.80E	0335.0gal	5.4	0214km	IWAIZUMI
K-NET	FKS008	2011/03/11-14:46:58	37.43N	140.57E	1069.2gal	5.7	0215km	FUNEHIKI
K-NET	FKS009	2011/03/11-14:47:00	37.28N	140.63E	0809.6gal	5.5	0216km	ONO
K-NET	YMT007	2011/03/11-14:46:58	38.43N	140.39E	0235.6gal	4.9	0219km	HIGASHINE
K-NET	AKT023	2011/03/11-14:46:59	39.15N	140.72E	0099.2gal	4.2	0220km	TSUBAKIDAI
K-NET	FKS019	2011/03/11-14:46:57	37.60N	140.44E	0461.4gal	5.5	0220km	NIHOMMATSU
K-NET	YMT010	2011/03/11-14:47:00	38.26N	140.35E	0103.5gal	4.2	0221km	YAMAGATA
K-NET	YMT006	2011/03/11-14:47:02	38.60N	140.41E	0251.4gal	5.1	0221km	OBANAZAWA
K-NET	IWT015	2011/03/11-14:47:00	39.32N	140.78E	0100.1gal	4.3	0226km	KAWAJIRI
K-NET	FKS012	2011/03/11-14:47:03	36.91N	140.79E	0387.0gal	5.6	0226km	NAKOSO
K-NET	YMT011	2011/03/11-14:47:02	38.15N	140.27E	0157.3gal	5.0	0227km	KAMINOYAMA
K-NET	IWT003	2011/03/11-14:47:02	40.01N	141.89E	0163.0gal	4.9	0228km	FUDAI
K-NET	YMT009	2011/03/11-14:47:04	38.39N	140.27E	0116.5gal	4.3	0229km	SAGAE
K-NET	IWT020	2011/03/11-14:46:58	39.78N	141.33E	0277.1gal	5.4	0229km	YABUKAWA
K-NET	IWT018	2011/03/11-14:46:58	39.70N	141.15E	0259.5gal	4.8	0231km	MORIOKA
K-NET	FKS013	2011/03/11-14:47:00	37.09N	140.55E	0359.6gal	5.3	0233km	FURUDONO

Download All Channels Data

Network	Site code	Recording start time	Latitude	Longitude	Peak acceleration	Intensity	Epicentral distance	Site n
K-NET	FKS013	2011/03/11-14:47:00	37.09N	140.55E	0359.6gal	5.3	0233km	FURUDONO
K-NET	FKS018	2011/03/11-14:47:00	37.40N	140.36E	1110.5gal	5.9	0234km	KORIYAMA
K-NET	AKT019	2011/03/11-14:47:04	39.04N	140.45E	0050.9gal	3.8	0234km	OGACHI
K-NET	YMT017	2011/03/11-14:47:03	38.79N	140.31E	0098.0gal	4.2	0235km	SHINJO-SHISHO
K-NET	YMT002	2011/03/11-14:47:01	38.77N	140.30E	0072.5gal	4.2	0236km	SHINJO
K-NET	IWT025	2011/03/11-14:47:01	39.52N	140.83E	0164.7gal	4.4	0236km	OHSHIDA
K-NET	IBR019	2011/03/11-14:47:06	36.88N	140.65E	0699.9gal	5.5	0238km	KITAIBARAKI
K-NET	FKS017	2011/03/11-14:47:02	37.28N	140.37E	0684.4gal	6.0	0238km	SUKAGAWA
K-NET	AKT017	2011/03/11-14:47:04	39.30N	140.56E	0062.8gal	4.0	0240km	YOKOTE
K-NET	YMT005	2011/03/11-14:47:01	38.61N	140.16E	0129.7gal	4.3	0242km	HIJIORI
K-NET	YMT015	2011/03/11-14:47:03	37.90N	140.10E	0200.3gal	5.1	0243km	YONEZAWA
K-NET	IBR002	2011/03/11-14:47:05	36.71N	140.71E	0683.7gal	5.9	0245km	TAKAHAGI
K-NET	IWT023	2011/03/11-14:47:03	40.04N	141.45E	0146.2gal	4.1	0247km	KUZUMAKI
K-NET	YMT012	2011/03/11-14:47:08	38.11N	140.04E	0068.2gal	3.7	0247km	NAGAI
K-NET	IWT002	2011/03/11-14:47:07	40.18N	141.76E	0130.7gal	4.6	0249km	KUJI
K-NET	FKS015	2011/03/11-14:47:09	37.02N	140.38E	0285.4gal	4.9	0250km	TANAGURA
K-NET	FKS020	2011/03/11-14:47:03	37.55N	140.11E	0280.7gal	5.5	0250km	INAWASHIRO
K-NET	FKS024	2011/03/11-14:47:03	37.40N	140.13E	0394.4gal	5.8	0253km	NAKANO
K-NET	YMT008	2011/03/11-14:47:02	38.39N	139.99E	0098.8gal	4.4	0253km	NAKAMURA
K-NET	IWT021	2011/03/11-14:47:03	39.92N	141.08E	0356.2gal	5.2	0254km	NISHINE
K-NET	FKS014	2011/03/11-14:47:09	36.87N	140.43E	0252.0gal	5.0	0255km	YAMATSURI
K-NET	AKT016	2011/03/11-14:47:10	39.45N	140.48E	0140.1gal	4.7	0256km	OHMAGARI
K-NET	AKT012	2011/03/11-14:47:05	39.70N	140.72E	0080.2gal	4.0	0257km	TAZAWAKO

Download All Channels Data

Рис. 1. Список сайтов землетрясения M = 9;2011/03/11-14-46: 00.00; 38.10N 142.86E; 37 сайтов с эпицентральными расстояниями от 200 до 250 км

В таблице 1 представлены описательные статистики минимума, максимума, медианы, среднего значения, нижней и верхней квартилей, а также стандартной ошибки среднего.

Попытка разделить диапазоны параметров на 4 участка (первый участок –менее нижней квартили, второй –от квартили до медианы, третий – от медианы до верхней квартили, четвертый – выше верхней квартили) показала несостоятельность подобного деления, так как количество сайтов иногда было ниже 2, что не имеетстатистического смысла. Поэтому, чтобы увеличить количество используемых сайтов, проведено исследование при разделении диапазона параметров грунтов не на четыре, а на две категории. В результате получены следующие результаты для четырех магнитуд 9; 7,7; 7,2; 6,7.

Таблица 1.

Descriptive Statistics (STATION KNET 05_11_2023)

Variable	Valid N	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.	Standard Error
V_p	1006	1514,000	256,0000	3971,500	1347,500	1734,000	387,5378	12,21842
V_s	1006	365,000	81,0000	1676,000	258,000	480,000	188,7103	5,94972
ρ	1006	1,870	1,1100	2,532	1,740	2,000	0,2043	0,00644
ρV_s	1006	602	118,9215	4025,810	424,135	816,470	382,7197	12,06651

Рассмотрим первое землетрясение *M*=9 (табл. 2). В первой графе представлены по два значения скоростей продольных V_p и поперечных волн V_s, плотности ρ и жесткости ρV_s грунтов. Во второй графе приводится результат расчета по статистическим программам уравнения зависимости интенсивности *Int* в баллах MSK от логарифма максимального ускорения*LAcc*.Далее приведен коэффициент корреляции*R* и три графы стандартных ошибок *SE*интенсивности*Int*, ускорения*Acc*, логарифма ускорения *LAcc*; В заключительной графе приведено количество обработанных сайтов*N*.

Таблица 2.

Зависимость интенсивности в баллах от логарифма максимального ускорения для *M* = 9; *Ep*=200÷250 км; 2011/03/11-14-46: 00.00; 38.10N 142.86E;37 sites

Значения параметров	*Int*, балл	*R*	*SE*			*N*
			Int,балл	*Acc*, гал	*LAcc*, гал	
V_p<=1514 м/с	*Int* =-0,466+3,57**LAcc*	0,923	0,231	46,00	0,060	24
V_p>1514 м/с	*Int* =-0,319+3,47**LAcc*	0,933	0,43	73,5	0,116	13
V_s<=365 м/с	*Int* =-1,56+4,12* *LAcc*	0,936	0,277	34,02	0,063	16
V_s>365 м/с	*Int* =-0,355+3,43* *LAcc*	0,948	0,308	62,27	0,085	21
ρ<=1870кг/м^3	*Int* =-1,29+3,97* *LAcc*	0,920	0,291	36,24	0,067	16
ρ>1870 кг/м^3	*Int* =-0,344+3,47* *LAcc*	0,934	0,290	59,00	0,078	21
ρV_s<=60200 кг/с/м^2	*Int* =-0,296+3,51* *LAcc*	0,917	0,243	49,62	0,0637	25
ρV_s>60200 кг/с/м^2	*Int* =-0,163+3,36* *LAcc*	0,940	0,380	63,30	0,106	12
All	*Int* =-0,362+3,51* *LAcc*	0,927	0,209	39,2	0,0552	37

Таблица 3.

Зависимость интенсивности в баллах от логарифма максимального ускорения для *M*= 7,7; *Ep*=200÷250 км; 2011/03/11-15-15: 00.00; 36.11N 142.26E

Значения параметров	*Int*, балл	*R*	*SE*			*N*
			Int, балл	*Acc*, гал	*LAcc*, гал	
V_p<=1514 м/с	*Int*=2,96+1,54**LAcc*	0,795	0,114	4,18	0,059	18
V_p>1514 м/с	*Int*=2,36+1,96**LAcc*	0,842	0,124	3,93	0,053	21
V_s<=365 м/с	*Int*=2,33+2,06* *LAcc*	0,889	0,123	3,52	0,053	20
V_s>365 м/с	*Int*=2,89+1,47* *LAcc*	0,818	0,308	2,27	0,085	19
ρ<=1,87 кг/м^3	*Int*=2,65+1,76* *LAcc*	0,849	0,109	3,44	0,053	26
ρ>1,87 кг/м^3	*Int*=2,61+1,73* *LAcc*	0,776	0,139	3,30	0,063	13
ρV_s<=60200 кг/с/м^2	*Int*=2,21+2,13* *LAcc*	0,909	0,136	3,67	0,058	19
ρV_s>60200 кг/с/м^2	*Int*=3,00+1,42* *LAcc*	0,772	0,109	3,68	0,059	12
ALL	*Int*=2,60+1,78* *LAcc*	0,834	0,087	2,56	0,041	39

Таблица 4.

Зависимость интенсивности в баллах от логарифма максимального ускорения для *M*= 7,2; *Ep*=200÷250 км; 2005/08/16-11-46: 00.00; 38.15N 142.28E

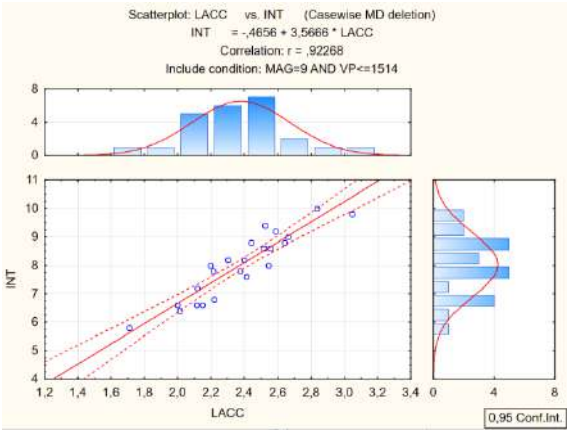
Значения параметров	*Int*, балл	*R*	*SE*			*N*
			Int, балл	*Acc*, гал	*LAcc*, гал	
V_p<=1514 м/с	*Int*=2,78+1,69**LAcc*	0,880	0,128	7,54	0,066	26
V_p>1514 м/с	*Int*=2,300+1,99**LAcc*	0,884	0,203	6,28	0,090	14
V_s<=365 м/с	*Int*=2,60+1,89* *LAcc*	0,913	0,194	10,29	0,093	18
V_s>365 м/с	*Int*=2,68+1,66* *LAcc*	0,908	0,130	6,07	0,071	22
ρ<=1,87 кг/м^3	*Int*=2,42+1,95* *LAcc*	0,909	0,155	7,00	0,072	26
ρ>1,87 кг/м^3	*Int*=2,67+1,68* *LAcc*	0,888	0,167	9,76	0,088	14
ρV_s<=60200 кг/с/м^2	*Int*=2,46+1,96* *LAcc*	0,935	0,17	8,02	0,081	24
ρV_s>60200 кг/с/м^2	*Int*=3,02+1,40* *LAcc*	0,935	0,122	7,91	0,077	16
ALL	*Int*=2,56+1,82* *LAcc*	0,896	0,1156	5,72	0,057	40

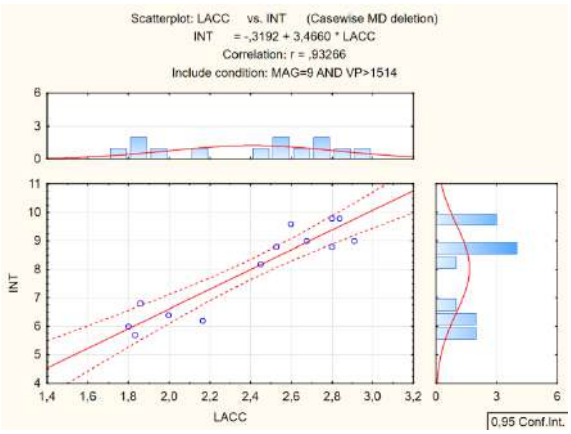
Таблица 5.

Зависимость интенсивности в баллах от логарифма максимального ускорения для *M*= 6,7; *EP*=200÷250 км; 2018/09/06-03-08: 00.00; 42.69N 142.01E

Значения параметров	*Int*, балл	*R*	*SE*			*N*
			Int, балл	*Acc*, гал	*LAcc*, гал	
V_p<=1514 м/с	*Int*=3,25+1,29**LAcc*	0,971	0,104	3,06	0,078	17
V_p>1514 м/с	*Int*=2,92+1,38**LAcc*	0,909	0,102	1,47	0,067	23
V_s<=365 м/с	*Int*=3,00+1,43* *LAcc*	0,948	0,100	2,02	0,066	30
V_s>365 м/с	*Int*=3,17+1,08* *LAcc*	0,606	0,106	1,01	0,059	10
ρ<=1,87 кг/м^3	*Int*=2,96+1,46* *LAcc*	0,944	0,105	2,106	0,068	29
ρ>1,87 кг/м^3	*Int*=3,15+1,19* *LAcc*	0,700	0,683	1,16	0,062	11
ρV_s<=60200 кг/с/м^2	*Int*=2,99+1,44* *LAcc*	0,941	0,102	2,037	0,067	30
ρV_s>60200 кг/с/м^2	*Int*=3,08+1,22* *LAcc*	0,691	0,107	1,076	0,060	10
ALL	*Int*=2,97+1,43* *LAcc*	0,9164	0,0813	1,568	0,0521	40

На рисунке 2 представлены графики зависимостей интенсивности в баллах *Int* от логарифма максимального ускорения *LAcc* для различных характеристик геологической среды.





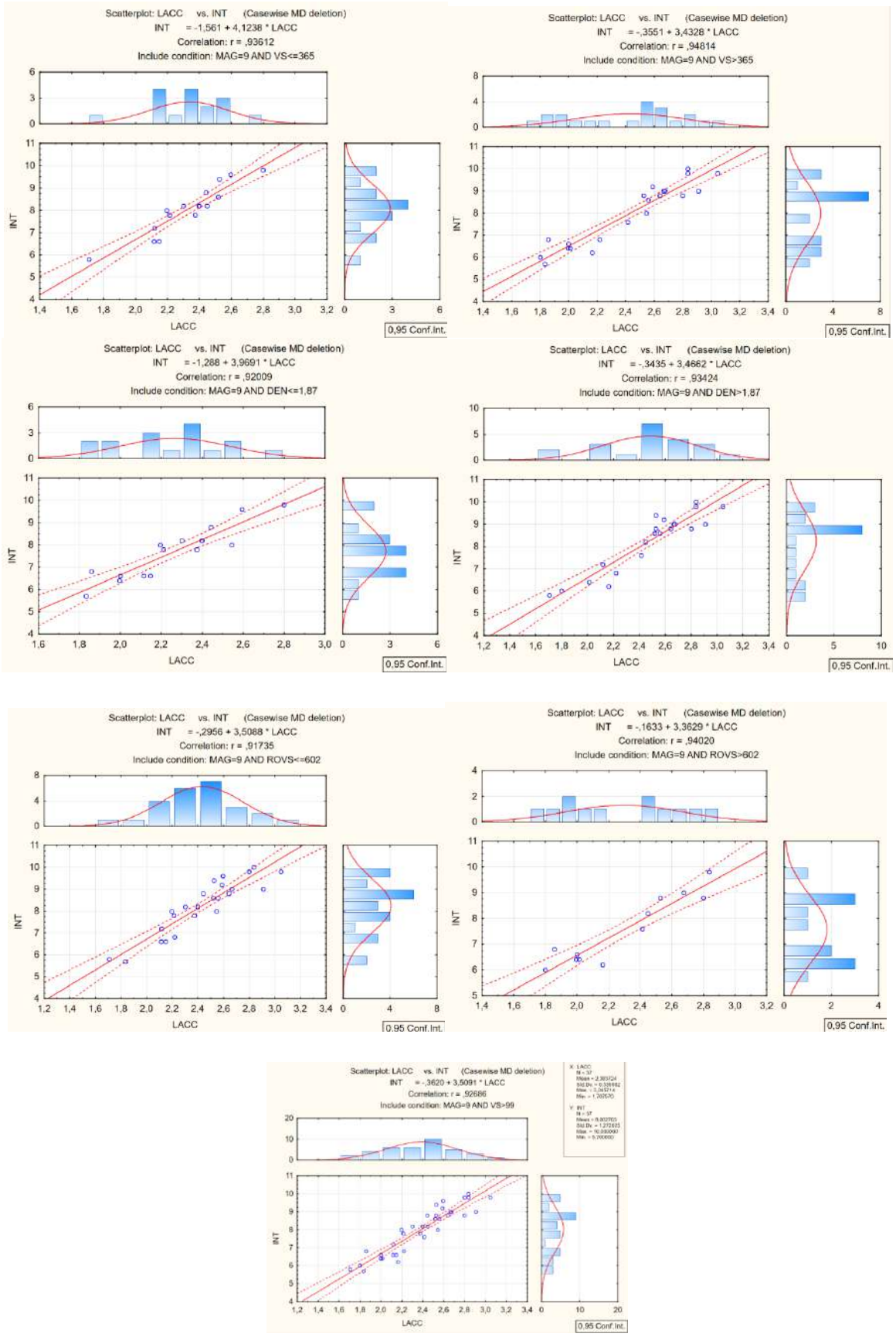


Рис. 2. Зависимость интенсивности в баллах от логарифма максимального ускорения M = 9; 2011/03/11-14-46: 00.00; 38.10N 142.86E; 37 сайтов с эпицентральными расстояниями от 200 до 250 км

Аналогичные рисунки, не приведены в тексте, но имеются у авторов для следующих событий: M = 7,7;Ep=200÷250 км; 2011/03/11-15-15: 00.00 36.11N 142.26E; 39 сайтов; M = 7,2;Ep=200÷250 км; 2005/08/16-11-46: 00.00 38.15N 142.28E; 40 сайтов; M = 6,7;Ep=200÷250 км; 2018/09/06-03-08: 00.00 42.69N 142.01E; 40 сайтов.

Для уточнения влияния грунтов на зависимость интенсивности воздействия от логарифма ускорения были рассмотрены сайты, испытавшие воздействие более чем одного землетрясения; эпицентральные расстояния по-прежнему составляют 200–250 км. Среди 156 сайтов имеется двенадцать с воздействием двух землетрясений (табл.6). Обозначения: M– магнитуда; I_r– измеренная интенсивность в баллах; A– ускорение в гал; LA– логарифм ускорения; Ep– эпицентральное расстояние; V_p– скорость распространения продольных волн; V_s– скорость распространения поперечных волн; ρ– плотность грунта; ρV_s– жесткость грунта;I_{Vp}– расчетная интенсивность определенная по табл. 2-5 для V_p; I_{Vs}–расчетная интенсивность определенная по табл. 2-5 дляV_s; I_ρ–расчетная интенсивность определенная по табл. 2-5 дляρ; $I_{\rho Vs}$–расчетная интенсивность определенная по табл. 2-5 для ρV_s;I_0– расчетная формула зависимости интенсивности от логарифма ускорения при данной магнитуде M для всех учтенных сайтов N (табл. 2-5), I_m–среднее значение расчетной зависимости$I_m = (I_{Vp} + I_{Vs} + I_\rho + I_{\rho Vs})/4$; $\Delta I = I_m - I_r$.

Таблица 6.

Сайты с воздействием двух землетрясений с эпицентральными расстояниями *Ep*от 200 до 250км

SITE	M	I_r	A	LA	Ep	V_p	V_s	ρ	ρV_s	I_{Vp}	I_{Vs}	I_ρ	$I_{\rho Vs}$	I_0	I_m	ΔI
FKS002	9,0	8,8	629	2,8	201	1538	522	2,04	918	9,4	9,3	9,4	9,2	9,4	9,3	+0,5
	7,7	5,5	51,0	1,7	202	1538	522	2,04	918	5,7	5,4	5,6	5,8	5,6	5,7	+0,2
FKS021	7,7	4,7	19,0	1,3	212	1510	451	1,9	573	4,96	4,80	4,86	4,98	4,86	4,90	+0,20
	7,2	4,5	9,3	1,0	220	1510	451	1,9	573	4,47	4,34	4,35	4,42	4,35	4,40	-0,11
FKS022	7,7	5,4	31,0	1,5	220	1553	206	1,73	364	5,30	5,42	5,29	5,41	5,29	5,35	-0,05
	7,2	5,1	18,8	1,3	239	1553	206	1,73	364	4,89	5,06	4,96	5,01	4,96	4,98	-0,12
FKS024	9,0	9,6	394	2,6	253	1673	224	1,87	420	8,70	9,15	9,03	8,83	9,03	8,93	-0,67
	7,2	6,8	80,0	1,9	207	1673	224	1,87	420	6,08	6,19	6,13	6,18	6,13	6,15	-0,65
IWT002	9,0	7,2	131	2,1	249	1506	332	1,91	569	7,03	7,09	6,94	7,07	6,94	7,03	-0,17
	7,2	5,6	43,5	1,6	230	1506	332	1,91	569	5,48	5,62	5,36	5,60	5,36	5,52	-0,08
IWT003	9,0	7,8	163	2,2	228	1390	208	1,71	356	7,38	7,50	7,44	7,42	7,44	7,44	-0,36
	7,2	6,2	82,0	1,9	209	1390	208	1,71	356	5,99	6,19	6,14	6,18	6,14	6,13	-0,07
IWT018	9,0	7,6	259	2,4	231	1330	371	1,91	699	8,10	7,88	7,89	7,98	7,89	7,96	+0,36
	7,2	5,6	82,0	1,9	198	1330	371	1,91	699	5,99	5,83	5,86	5,68	5,86	5,84	+0,24
IWT020	9,0	8,8	277	2,4	229	1498	138	1,7	239	8,10	8,33	8,24	8,12	8,24	8,20	-0,60
	7,2	7,4	131	2,1	199	1498	138	1,7	239	7,03	6,57	6,52	6,58	6,52	6,67	-0,73
IWT023	9,0	6,2	146	2,2	247	2010	596	2,23	1149	7,32	7,19	7,29	7,23	7,29	7,26	+1,06
	7,2	5,0	53,0	1,7	221	2010	596	2,23	1149	5,50	5,50	5,53	5,40	5,53	5,48	+0,48
NIG012	7,7	5,1	17,0	1,2	237	1602	205	1,74	338	4,80	4,80	4,76	4,77	4,76	4,78	-0,32
	7,2	5,2	24,0	1,4	252	1602	205	1,74	338	5,09	5,25	5,15	5,20	5,15	5,17	-0,03
YMT012	9,0	5,7	68,0	1,8	247	1834	374	1,77	566	5,93	5,82	5,86	6,02	5,86	5,91	+0,21
	7,7	4,0	8,0	0,9	247	1834	374	1,77	566	4,12	4,21	4,23	4,13	4,23	4,17	+0,17
YMT15	9,0	8,2	200	2,3	243	1155	133	1,65	178	7,75	7,92	7,84	7,77	7,84	7,82	-0,38
	7,7	5,6	40,0	1,6	225	1155	133	1,65	178	5,50	5,63	5,47	5,62	5,47	5,55	-0,05

Результаты расчетов, представленные в таблице, показывают, что для одного и того же сайта расчетная интенсивность I_m как правило возрастает при высоких магнитудах. При этом стандартная ошибка интенсивности также возрастает. Среднее значение расчетной интенсивности I_mравно интенсивности от логарифма ускорения при данной магнитуде M для всех

учтенных сайтов I_0в пределах статистической ошибки: $I_m = I_0$. Среднее значение расчетной интенсивности I_m превышает реальную интенсивность, приведенную в K-NETI_r для следующих сайтов: FKS002, IWT018, IWT023, YMT012, что обусловлено высокими значениями плотности ρ, и жесткости грунтов ρV_s. Как правило $I_m < I_r$. Точность аппроксимации интенсивности воздействия можно оценить, сравнивая $\Delta I = I_m - I_r$- разностью между средним значением расчетной интенсивности иинтенсивность приведенную в K-NET(табл. 6) со стандартной ошибкой измеренной интенсивности (табл. 2-5). Расчетная интенсивность равна измеренной интенсивности в пределах стандартной ошибки, за исключением сайтов FKS002, FKS024, IWT018, IWT020, IWT023, для которых ΔI превышает стандартную ошибку максимум в 2,5 раза (для IWT023). Тем не менее, подобные результаты согласуются со словами Аптикаева: «При заданной интенсивности ускорение грунта в инженерном диапазоне может изменяться более чем на порядок»[Аптикаев, 2021а].

Для примера рассмотрим сайт IWT002, информация по которому представлена на рис. 3.

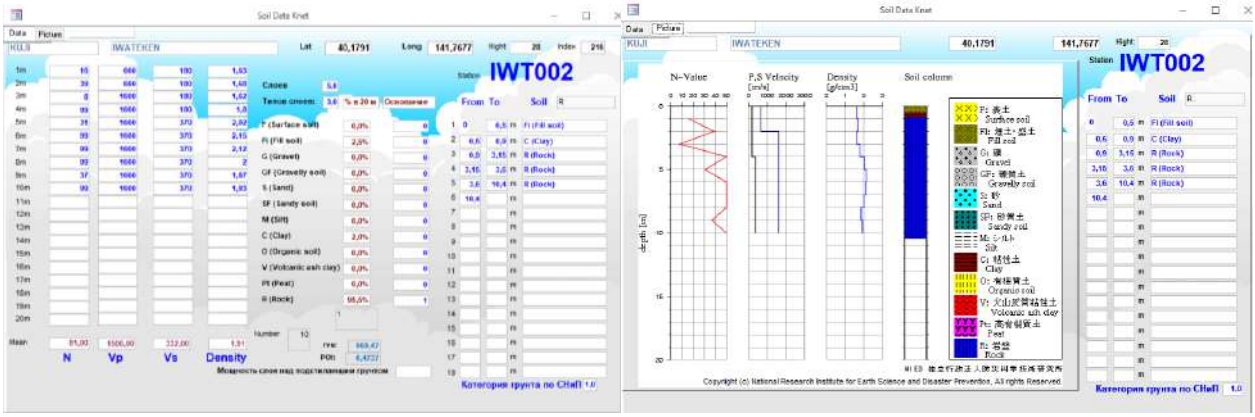


Рис. 3. Грунты сайта IWT002KUJI префектуры IWATE

На этом сайте зафиксировано одно землетрясение M=9, 2011/03/11-14:46 сэпицентром 38.10 N 142.86 E с интенсивностью 4.6 JMA, пиковым ускорением 130.7 gal, эпицентральное расстояние 249 км, и другого землетрясения M=7,2 2005/08/16-11:46:00.00 с интенсивностью 3.6 JMA, пиковым ускорением 43,5 гал, эпицентральное расстояние 207 км. Стандартная ошибка интенсивности I_r для M=9 составляет 0,4 балла, что больше ΔI=0,17 – разницей между реальной и расчетной интенсивностью. Для M=7,2 стандартная ошибка интенсивности составляет 0,2 балла, что больше ΔI =0,08. Отсюда следует, что прогноз интенсивности находится в рамках статистической вероятности.

ВЫВОДЫ

1. Установлен характер корреляционной связи между интенсивностью воздействия в баллах и ускорениями колебаний грунта и параметрами, определяющими состояние геологической среды: скоростями продольных и поперечных волн, плотностью и жесткостью грунтов.

2. Использовалась японская система K-NET, руководство которой любезно предоставило нам для некоммерческого использования доступ к своим инструментальным трехмерным записям на 1000 станций. Были выбраны записи по четырем землетрясениям магнитудами 9; 7,7; 7,2; 6,7 с эпицентральнымирасстояниями от 200 до 250 км актуальные на 05 ноября 2023. В выборке есть скорости распространения продольных и поперечных волн в грунтах, а также плотности и жесткости грунтов, усредненные до глубины 20 м по грунтам станций.

3. Показано, что при высоких магнитудах увеличивается коэффициент корреляции между интенсивностью проявления и логарифмом ускорения, а также стандартные ошибки интенсив-

ности, ускорения и логарифма ускорения. Среднее значение расчетной интенсивности равно измеренной интенсивности при данной магнитуде M для всех учтенных сайтов N в пределах статистической ошибки. Как правило расчетная интенсивность меньше измеренной интенсивности, приведенной в K-NET. Но при высоких значениях плотности и жесткости грунтов расчетная интенсивность больше измеренной интенсивности из K-NET.

4. Расчетная интенсивность равна измеренной интенсивности в пределах стандартной ошибки, за исключением сайтов FKS002, FKS024, IWT018, IWT020, IWT023, для которых ΔI превышает стандартную ошибку максимум в 2,5 раза (для IWT023). Тем не менее, подобные результаты согласуются с выводами отдельных работ, а именно, что при заданной интенсивности ускорение грунта в инженерном диапазоне может изменяться более, чем на порядок [Аптикаев, 2021а].

Литература

1. Аптикаев Ф.Ф. О картах ОСР в ускорениях // Геология и геофизика Юга России. – 2021. – 11 (1). С. 95–103. DOI: 10.46698/VNC. 2021.24.94.008.

2. Аптикаев Ф.Ф. О вероятности превышения воздействий в строительных нормах // Геология и геофизика Юга России. – 2021. – 11 (3). – С. 55–62. DOI: 10.46698/VNC.2021.11.83.005.

3. Аптикаев Ф.Ф. Новые строительные нормы: шаг вперед, два шага назад // Геология и геофизика Юга России. 2020. 10 (2): 71–81. DOI: 10.46698/VNC.2020.50.57.005.

4. Баскаев А.Н., Харебов К.С. Влияние типов грунтов на интенсивность сильных грунтовых движений // Геология и геофизика Юга России. – 2015. – №4. – С. 9–17.

5. Вознесенский Е.А., Латыпов А.И., Жаркова Н.И. Сейсмическая разжижаемость песков основания башни "Казанская ривьера" // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2016. – № 4. – С. 4–8.

6. Вознесенский Е.А., Кушнарева Е.С. Динамические испытания грунтов методом простого сдвига и их стандартизация // Грунтоведение, издательство Региональная общественная научная организация "Охотинское общество грунтоведов" (Санкт-Петербург). – 2020. – № 1. – С. 30–44.

7. Воскресенский Ю.Н. Изучение изменений амплитуд сейсмических отражений для поисков и разведки залежей углеводородов. Учебное пособие для вузов. – М.: РГУ нефти и газа. – 2001. – 68 с.

8. Гаджиев А.А., Газанова Н.Ш. К вопросу о прогностической информативности изменения отношения V_p/V_s событий форшоковой деятельности в локальном участке земной коры (на примере Восточного Предкавказья) // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2011. – №4 (23). – С. 49–57.

9. Гик Л.Д. Использование результатов физического моделирования для диагностики карбонатных коллекторов Восточной Сибири // Геология и геофизика. – 2000. – т. 41, №2. – С. 268−279.

10. Гусев А.А., Скоркина А.А. Эмпирические спектральные характеристики среды вблизи сейсмических станций сильных движений Камчатки // Геология и геофизика. – 2020. – №2. – С. 275–287.

11. Дещеревский А.В., Лукк А.А., Сидорин А.Я. Флуктуации геофизических полей и прогноз землетрясений // Физика Земли. – 2003. – №4. – С. 3–20.

12. Джурик В.И., Брыжак Е.В., Серебренников С.П., Ескин А.Ю. Динамика спектрального состава колебаний приповерхностного слоя годовых вариаций температур при землетрясениях в байкальском регионе // Геология и геофизика. – 2020. – №8. – С. 1136–1146.

13. Заалишвили В.Б. Введение в инженерную сейсмологию. – Владикавказ: ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, 2009. – 240 с.

14. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. – Москва: Наука. – 2009. – 350 с.

15. Маковецкий О.А. Анализ изменения сейсмической жесткости основания в системе грунтобетонных геотехнических барьеров // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. –2017. – №3. – С. 121 – 138.

16. Харебов К.С., Баскаев А.Н., Майсурадзе М.В., Макиев В.Д. Влияние отношения скоростей распространения продольных волн к скоростям поперечных волн и плотности грунтов на проявление сейсмического воздействия // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2020. – № 4(83). – С. 89–94.

17. Шевченко Ю.В., Яковенко В.В. Спектральные характеристики грунта на сейсмических станциях Камчатки // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2019. – Т. 46. – №3. – С. 74-94.

18. Artikov T.V., Ibragimov R.S., T.L., Mirzaev M.A. Models of the macroseismic field earthquakes and their influence on seismic hazard assessment values for Asia // Geodynamics and tectonophysics. – 2020. – Volume 11, Issue 3. – Pp. 606–623. DOI: 10.5800/GT-2020-11-3-0494.

19. Artikov T.V., Ibragimov R.S., T.L., Kuchkarov K.I., Mirzaev M.A. Quantitative assessment of seismic hazard for the territory of Uzbekistan according to the estimated maximum ground oscillation rates and their spectral amplitudes // Geodynamics and tectonophysics. – 2018. – Volume 9, Issue 4. – Pp. 1173–1188. DOI: 10.5800/GT-2018- 9-4-0389.

20. Chernov Y.K., Zaalishvili V.B., Chernov A.Y. Strong ground motion simulation for forecasting the probable seismic impacts in the territory of the Republic of North Ossetia-Alania // Physics of the Solid Earth. – 2020. – Volume 56, Issue 5. – Pp. 644–655. DOI: 10.134/S1069351320050018.

21. Dzhurik V.I., TubanovTs.A., Serebrennikov S.P., Drennov A.F., Bryzhak E.V., EskinA.Yu. An overview of the technique for seismicity microzonation mapping of the Ulan-Ude city territory // Geodynamics and tectonophysics. – 2015. – Volume 6, Issue 3. – Pp. 365–386. DOI: 10.5800/GT-2015-6-3-0186.

22. Erteleva O., Aptikaev F., Karthik Reddy F., Chanda S., Somala S. Monte Cristo Range earthquake May 15, 2020: calculated intensity and macroseismic field //Geology and Geophysics of Russian South. – 2022. – 12 (1): Pp. 62–74. DOI: 10.46698/VNC.2022.92.93.005.

23. EskinA.Yu., Dzhurik V.I., Serebrennikov S.P., Bryzhak E.V. Integrated approach to assessing the seismic hazard of urban areas in Southern Priangarie (Case of the left bank of the Angara river in Irkutsk) // Geodynamics and tectonophysics. – 2018. – Volume 9, Issue 2. – Pp. 515–530. doi. org/10.5800/GT—2018-9-2-0359.

24. Gutenberg B., Richter C. F. Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration // Bull. Seismol. Soc. Am. – 1956. – Volume 46. – Pp. 105–145.

25. Kinoshita S. Kyoshin Net (K-NET). Japan. Int. Handbook of Earthquake and Engineering seismology. – 2003. –Volume 81B. – Pp.1049–1056.

26. Woelz S., Rabbel W., Mueller C. Shear waves in near surface 3D media–SH–wavefield separation, refraction time migration and tomography // Journal of Applied Geophysics. – 2009. – Volume 68, Issue 1.–Pp. 104–116. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2008.11.004.

27. Zaalishvili V. B., Pinar A., Erdik M., Burdzieva O. G, Melkov D. A. Issues of seismic risk assessment of Vladikavkaz city // Geology and Geophysics of Russian South. – 2020. – 10 (3). – Pp. 94–113. DOI: 10.46698/VNC.2020.47.51.006.

28. Zhang Q., Lin G. Three-dimensional Vp and Vp/Vs models in the Coso geothermal area, California: Seismic characterization of the magmatic system //Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 2014. – Vol. 119, Issue 6. – Pp. 4907–4922. DOI: 10.1002/2014JB010992.

УДК 556; 553.7
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-47-50

ПРОИЗВОДСТВО ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД – ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ

Абдуллаев[1] М.Ш., Курбанисмаилова[1] А.С., Мамаев[1,2] А.С.
[1]Институт геологии ДФИЦ РАН
[2]Дагестанский государственный университет

В данной статье изложены, некоторые критерии качества сточных вод для закачки в подземные горизонты. Определяются в основном, опытом заводнения пластов нефтепромысловыми водами и сводятся к трем основным показателям: содержанию эмульгированной нефти (нефтепродуктов) и частиц твердых механических примесей, химической и микробиологической совместимости ее с пластовой водой и породой коллекторов. Большое внимание уделяются геоэкологии, рациональному использованию термоминеральных и промышленных подземных вод для развития геотермальной энергетики, санаторно-бальнеологического комплекса, бизнеса и перспективам утилизации редкометальных рассолов для добычи ценных полезных ископаемых и минеральных солей.

Ключевые слова: подземные воды, геотермальные воды, коррозионно – агрессивные воды, закачка сточных вод, извлечению различных элементов из гидроминерального сырья.

PRODUCTION OF THERMOMINERAL AND INDUSTRIAL GROUNDWATER – PROSPECTS AND PROBLEM

Abdullaev M.Sh., Kurbanismailova A.S., Мамаев A.S.
Institute of Geology DFIC RAS

This article outlines some criteria for the quality of wastewater for injection into underground horizons, which are determined mainly by the experience of flooding reservoirs with oil field waters and are reduced to three main indicators: the content of emulsified oil (petroleum products) and particles of solid mechanical impurities, its chemical and microbiological compatibility with the formation water and reservoir rock. Much attention is paid to geoecology, the rational use of thermomineral and industrial groundwater for the development of geothermal energy, the sanatorium and balneological complex, business and the prospects for the utilization of rare metal brines for the extraction of valuable minerals and mineral salts.

Keywords: groundwater, geothermal water, corrosive - aggressive water, wastewater injection, extraction of various elements from hydromineral raw materials.

В XXI веке с еще большими темпами продолжится дальнейшее истощение традиционных месторождений твердых полезных ископаемых, особенно редких и рассеянных элементов. Поэтому, видимо, в скором будущем геотермальные рассолы займут достойное место в производстве этих элементов. Большей частью геотермальные воды представляют собой высокоминерализованные рассолы, содержащие в растворенном виде различные ценные химические компоненты, с минерализацией от 20 до 400 г/дм^3. При комплексном освоении, наряду с использованием теплового потенциала, они могут стать мощной сырьевой базой для организации высокорентабельной нетрадиционной гидроминеральной отрасли экономики. В природных водах сосредоточено до 78 % мировых запасов лития [Итемен и др. 2020], 40 % – рения, 35 % – цезия. Бром извлекается в промышленном масштабе только из природных вод, так как не образует больших скоплений своих минералов, равно как и йод, мировая добыча которого из природных вод составляет 80–85 %. В нефти обнаружено более 60 микроэлементов [Колодяжный и др., 2006], а в попутных пластовых водах, представленных в основном рассолами, в промышленных масштабах содержатся хлористый натрий, хлористый кальций, другие соли и редкие элементы, такие как литий, стронций, цезий, рубидий, йод, бром, бор и др. [Зелинская и др., 2009]. Вопрос извлечения этих редких микроэлементов и их соединений в настоящее время приобрел значительную актуальность.

В минерализованных подземных водах растворено значительное количество ценных химических элементов и их соединений. В них содержатся такие элементы как: натрий, калий, литий, рубидий, магний, цезий, йод, бром, которые широко применяются в химической, электротехнической, пищевой промышленности, в медицине и сельском хозяйстве. Поэтому, воды указанного типа являются ценным гидроминеральным сырьем.

Для предварительной оценки вод в качестве гидроминерального сырья во ВСЕГИНГЕО были разработаны требования по минимальной промышленной концентрации (МПК), с учетом зарубежного и отечественного опыта извлечения ценных компонентов из природных вод. Здесь следует отметить, что при извлечении нескольких компонентов МПК каждого из них, как известно, уменьшаются.

В условиях возрастающей потребности народного хозяйства в химической продукции и с увеличением трудоемкости добычи ее традиционными способами становится необходимой организация широкомасштабного промышленного освоения гидроминеральных ресурсов. При этом приоритетным направлением создания нового гидроминерального производства является использование отработанных скважин нефтяных и газовых месторождений. В этом случае экономятся капиталозатраты на бурение и инфраструктуру месторождений, и продлевается на 20-25 лет жизненный цикл производственных комплексов, что имеет большое социальное значение.

Общая перспектива вхождения на российский рынок продукции гидроминерального производства может быть уверенно оценена как благоприятная, причем по йоду и брому она оценивается как, весьма благоприятная. Маркетинговый анализ свидетельствует о целесообразности развертывания работ по созданию объектов гидроминерального производства.

Необходимо особо отметить и другие социально-экономические аспекты целесообразности развития гидроминерального производства:

- освоение в промышленных масштабах новых технологий по извлечению различных элементов из гидроминерального сырья, продление жизни газовых и нефтяных месторождений;
- улучшение использования природных ресурсов за счет эффективной переработки извлекаемых вод;
- получение продукции с соответствующим сокращением долларовой зависимости народного хозяйства страны;
- экологический эффект, заключающийся в отказе от альтернативных методов получения той же продукции, связанных с отрицательным воздействием на среду;
- развитие региональной инфраструктуры;
- социальный эффект, заключающийся в создании новых рабочих мест в районе строительства объекта, задействовании смежных предприятий и повышении загрузки имеющихся строительных и монтажных организаций.
- общее содействие научно-техническому прогрессу посредством освоения новых технологий.

Исследованиями установлено, что промышленные воды являются коррозионно - агрессивными, причем коррозионная активность этих вод обусловлена ее солевым составом. Как известно, коррозионные свойства воды определяются в основном ее химическим составом, а именно присутствием в воде солей. Соли галогеноводородных кислот активизируют поверхность металла, что и провоцирует коррозионные процессы. Причем, активизирующее влияние возрастает в ряду: йодиды - бромиды – хлориды; они образуют с металлом растворимые соединения, которые не экранируют поверхность металла. Увеличение концентрации нейтральных солей (как NaCl) повышает электропроводность растворов, а в случае хлоридов провоцируются анодные процессы растворения металлов, что способствует усилению коррозии [Рачев и др., 1982]. Растворы, содержащие ионы хлора, вызывают более значительную коррозию, чем сульфат-ионы или нитрат-ионы, при этом на металлической поверхности образуется не прочная пористая пленка оксидов металлов.

Агрессивность воды, как правило, определяется по валовому составу основных макроэлементов, к которым относятся катионы - натрия, кальция и магния, а также анионы – хлориды, сульфаты и бикарбонаты. В процессе технологического передела неизбежен контакт перерабатываемой воды с атмосферным воздухом при переливании, промывке и перемешивании в различных аппаратах. Вследствие этого происходит насыщение промышленных вод кислородом, наблюдается непрерывная аэрация воды. Как известно скорость коррозии металлов существенно зависит от концентрации растворенного в среде кислорода, который обеспечивает протекание катодной реакции и в соответствии механизмом диффузионной кинетики электрохимического процесса и прямо пропорциональна его концентрации. Содержание кислорода в коррозионной среде зависит как от состава и концентрации растворенных солей, так и от температуры, условий перемешивания и других факторов, определяющих его растворимость в данной среде. Неравномерный перенос кислорода к поверхности металла вызывает местную коррозию, скорость которой зависит от степени аэрации [Техника борьбы ….., 1980]. После извлечения ценных компонентов из гидроминерального сырья накапливаются большие количества отработанных промышленных вод.

Утилизация таких вод, без нанесения ущерба окружающей среде – проблема в настоящее время актуальная. При благоприятных геологических и гидрогеологических условиях метод подземного захоронения позволяет удалять значительное количество отходов, без ущерба окружающей природной среде, прогнозировать дальнейшее распространение отходов по пласту с обеспечением необходимого контроля [Гаев, 1981].

Обратная закачка, как способ утилизации возвратных вод в глубокие подземные пласты, широко практикуется в нефтегазовом производстве и рекомендуется применять в случае низкой эффективности предлагаемых методов водоподготовки, при наличии полигона захоронения стоков и, естественно, при их совместимости с водовмещающими породами и флюидом пласта. При этом подземное захоронение возвратных вод, как правило, следует осуществлять при соблюдении требований законодательства, а также утвержденных в установленном порядке отраслевых норм и правил.

В настоящее время, критерии качества сточных вод для закачки в подземные горизонты определяются в основном, опытом заводнения пластов нефтепромысловыми водами и сводятся к трем основным показателям: содержанию эмульгированной нефти (нефтепродуктов) и частиц твердых механических примесей, химической и микробиологической совместимости ее с пластовой водой и породой коллекторов. До сих пор нет единых нормативных требований, регламентирующих содержание в закачиваемой воде нефтепродуктов, механических примесей и других показателей воды. При этом основной задачей подготовки стоков к закачке является исключение или предельно возможное уменьшение кольматации пласта за счет твердой фазы закачиваемых сточных вод или образования осадков при контакте с пластовыми водами и породами.

В «Инструкции по проектированию предприятий» СН 173 – 61, требования к качеству закачиваемой воды, в основном, сводятся к следующим показателям: содержание механических примесей не более 2 мг/дм^3, железа не более –1 мг/дм^3, и отсутствие нефтепродуктов.

На практике, возможность применения закачки сточных вод и определение предельнодопустимых концентраций регламентируемых ингредиентов, устанавливается исследованиями по совместимости сточных вод с пластовой водой, пробными закачками или на основании опыта других месторождений.

Как правило, закачка вод в поглощающие пласты производится на глубину от нескольких сотен до 3000м с помощью насосов высокого давления (15,0 – 17,5 МПа), а затраты на нее соизмеримы с затратами на добычу промышленных вод. Так как, закачка отработанной воды в пласт предполагается в течение многих лет, то содержащиеся в ней механические примеси могут оказывать существенное влияние на приемистость нагнетательных скважин, которая по-

степенно будет снижаться из-за закупоривания пор пласта в призабойной зоне - загрязнениями, содержащимися в воде. Поэтому содержание взвешенных частиц в закачиваемой воде должно быть минимальным

Необходимым условием осуществления подземного захоронения промышленных стоков является обустройство накопительных емкостей, способных принять отработанные промышленные воды перед закачкой в пласт, рассчитанные с учетом аварийных сбросов и неравномерности их поступления в течение суток.

Изучение литературных данных, посвященных обратной закачке и захоронению промышленных сточных вод, указывает, что отработанная вода перед закачкой в пласт должна отвечать следующим требованиям:

– содержание взвешенных веществ и продуктов коррозии технологического оборудования до 2 мг/дм^3;
– концентрация железа до 0,5 мг/дм^3;
– активная реакция среды (pH) в интервале 6,5-8,5;
– отсутствие свободных галогенов и газов.

Для выбора рациональных методов очистки отработанных вод, предназначенных для подземного захоронения необходимо исследование их химического состава. По отобранным пробам определяют электропроводность воды, pH, окисляемость, концентрацию свободных и связанных CO_2, O_2, Ca^{2+}, Mg^{2+} , Cl^-, SO_4^{2-}, Fe^{2+} , Mn^{2+}, иногда - содержание NH^+_4, NO^-_2, NO^-_3 [Унифицированные…., 1974; Бухбиндер и др., 1988; Дияров и др., 1990].

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

Литература

1. Рачев Х, Стефанова С. «Справочник по коррозии», М. Мир, 1982.
2. Техника борьбы с коррозией. Л. «Химия» 1980.
3. Гаев А.Я. Подземное захоронение сточных вод на предприятиях газовой промышленности, Л. «Недра», 1981, с.166.
4. Унифицированные методы исследования качества вод. М. СЭВ. 1974.
5. Pacific Lithium. URL: http://www.Pacificlithium/com/technology/associations.html.
6. Бухбиндер Г.Л., Шабанова Л.Н., Гильберт Э.Н. Определение микроэлементов в нефти атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой // Журн. аналит. химии. 1988. № 7. С. 1323–1328.
7. Дияров И.Н., Батуева И.Ю., Садыков А.Н., Солодова Н.Л. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям. Л.: Химия,1990. 240 с.
8. Колодяжный А.В., Ковальчук Т.Н., Коровин Ю.В., Антонович В.П. Определение микроэлементного состава нефтей и нефтепродуктов. Состояние и проблемы // Журн. Методы и объекты химического анализа. 2006. Т. 1, № 2. С. 90–104.
9. Итемен Н.М., Дутова Е.М. Освоение гидроминеральных ресурсов на месторождениях нефти и газа Западного Казахстана // Природопользование и охрана природы: Охрана памятников природы, биологического и ландшафтного разнообразия Томского Приобья и других регионов России. Материалы IX Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Томск, 21–23 апреля 2020 г. С.293-297.
10. Зелинская Е.В., Воронина Е.Ю. Теоретические аспекты использования гидроминерального сырья. М.: Издво «Академия Естествознания», 2009. 118 с.

УДК 55.556; 556.311.31; 620.190
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-51-58

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИН ПУТЕМ УТИЛИЗАЦИИ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ

Курбанисмаилова А.С.
Институт геологии ДФИЦ РАН

В данной работе рассматриваются проблемы нецелесообразного использования попутных газов путем сжигания на факеле, их экологические последствия и перспективы решения этой проблемы. Геотермальные источники являются фактически неисчерпаемыми, возобновляемыми, экономически выгодными и экологически чистыми источниками энергии. Геотермальная энергия является перспективным видом энергии и уже активно используется в энергетических целях. Ещё одной проблемой в геотермальных системах является эффективное использование попутного с геотермальной водой газа. Попутный газ считается побочным продуктом геотермальных систем и обычно сжигается на факелах, что является экологически и экономически нерентабельным.

***Ключевые слова*:** геотермальная провинция, геотермальная энергия, твердая фаза карбоната кальция, утилизация углеводородных газов.

OPTIMIZATION OF GEOTHERMAL WELL OPERATION BY RECYCLING COMBUSTIBLE GASES

Kurbanismailova A.S.
Institute of Geology DFIC RAS

This paper examines the problems of inappropriate use of associated gases by flaring, their environmental consequences and prospects for solving this problem. Geothermal sources are virtually inexhaustible, renewable, cost-effective and environmentally friendly sources of energy. Geothermal energy is a promising type of energy and is already actively used for energy purposes. Another problem in geothermal systems is the efficient use of gas associated with geothermal water. Associated gas is considered a by-product of geothermal systems and is usually flared, which is environmentally and economically unprofitable.

***Keywords*:** geothermal province, geothermal energy, solid phase of calcium carbonate, utilization of hydrocarbon gases.

Введение

Дагестан является уникальной геотермальной провинцией России, где открыто 17 месторождений термальных вод, пробурено и подготовлено к эксплуатации 120 скважин. В месторождении Тарумовка температуры на глубинах 5-6 км зафиксированы 190-210 ^{o} С, что позволяет строительство геотермальных электрических станций. В геотермальной энергии в качестве теплоносителя используют сухой пар, перегретую воду или любой теплоноситель с низкой температурой кипения, для выработки электроэнергии, обогрева жилья и т.п.

Актуальность статьи заключается не только интересом к возобновляемым источникам энергии, сколько прогнозными данными по истощению в обозримом будущем запасом нефти, угля, газа и необходимостью защиты окружающей среды от загрязнений и всевозможных техногенных катастроф. К тому же, во многих странах с дефицитом традиционных источников энергии, использование источников возобновляемой энергии, является, хотя бы, частичным решением вопроса быть энергонезависимыми. По этим причинам они ориентируются на рациональное сочетание традиционных источников энергии с возобновляемыми.

В настоящее время в использовании перспективной геотермальной энергетики все чаще возникают проблемы, связанные с отложением карбоната кальция на стенках оборудования геотермальных систем, что связано с нарушением равновесного состояния. Ещё одной проблемой в геотермальных системах является эффективное использование попутного с геотермаль-

ной водой газа. Попутный газ считается побочным продуктом геотермальных систем и обычно сжигается на факелах, что является экологически и экономически нерентабельным.

В данной работе рассматриваются проблемы нецелесообразного использования попутных газов путем сжигания на факеле, их экологические последствия и перспективы решения этой проблемы.

Целью и задачами исследования является:

1. Обеспечение рационального использования геотермальных систем
2. Анализ горючих газов геотермальных систем, для использования в качестве топлива
3. Эксплуатация геотермального оборудования при утилизации попутных газов

При сжигании попутного газа на факелах в атмосферу попадают загрязняющие вещества в огромных количествах (тыс. тонн), среди которых более 250 опасных химических соединений. При оценке экологической безопасности ГеоТЭС данная проблема носит многоплановый характер и является одной из причин теплового загрязнения атмосферы Земли.

Исследования проводились на основе анализа горючих газов геотермальных станций Дагестана. При анализе на газовом хроматографе «Кристалл 5000.2» в Геологическом институте РАН (г. Москва) газового состава геотермальных вод Дагестана, были сделаны выводы о нецелесообразности утилизации попутных с геотермальной водой газов. Так как, коррозия оборудование и отложение солей происходит из-за нарушения равновесного состояния в следствии выхода горючего газа из вод.

В работе предлагается вместо сжигания попутного горючего газа, использовать его в качестве топлива, так как по результатам анализа на геотермальные газы Дагестана богаты метаном. А также предлагается часть попутных газов закачивать обратно в геотермальные воды на станциях для возвращения в равновесное состояние и соответственно решении проблемы с солеотложением и коррозией стенок геотермального оборудования.

Данное исследование состоит из 2 глав. В первой главе проведен литературный обзор геотермальной энергетики в мире и геотермальных вод в России. Рассматриваются негативные факторы сжигания попутных газов и проблемы с использованием источников геотермальных вод. Во второй главе проводится анализ исследования попутных газов. Установив, что в попутных газах содержится метан (70-90 **%**), приходим к выводу о целесообразности использования газов в качестве топлива. При этом так же можно осуществить защиту геотермального оборудования от твердых отложений карбоната кальция используя попутный горючий газ.

Геотермальная энергия, проблемы в эксплуатации

Основные ресурсы тепла земли на территории России представленые в таблице 1. известны и обладают значительным промышленным потенциалом. В России на данный момент разведано 70 месторождений геотермальной энергии, на 20 из которых ведется эксплуатация термальных вод в промышленных целях, среди них: Черкесское в Карачаево-Черкесии, Паратунское на Камчатке, Кизлярское и Махачкалинское в Дагестане, Мостовское и Вознесенское в Краснодарском крае. Во времена СССР были проведены исследования в данной области на сумму более 4 млрд. долларов, не Камчатке уже пробурено около 365 скважин глубиной от 225 до 2266 м. (таблица 1) [1].

Головным предприятием, осуществляющим работу в сфере освоения геотермального тепла, является ОАО «Геотермнефтегаз», которое тесно взаимодействует с ООО «НПЦ Подземгидроминерал», имеющей опыт проектирования и обустройства геотермальных месторождений, а также с «Институтом проблем геотермии» ДНЦ РАН. Подготовлен инвестиционный проект по реконструкции и развитию геотермального теплоснабжения в г. Махачкала, Кизляр и Избербаш. Основные проблемы использования геотермального тепла связаны с солеотложением и коррозией материалов и оборудования, работающих в условиях агрессивной среды, а также проблема закачки отработанной воды обратно в водоносный горизонт [1].

Таблица 1.

Разведанные геотермальные месторождения

Субъект РФ	Кол-во месторождений	Температура, ^{0}С	Эксплуата-ционные запасы, тыс. м^3/сут	Добыча, тыс. м^3/сут	Объем замещаемого топлива, т у.т./год
Республика Дагестан	17	40 – 104	86,2	10,4	71400
Чеченская республика	14	60 – 108	64,68	н/д	н/д
Краснодарский край	13	72 – 117	35,574	4,39	49400
Ставропольский край	4	55 – 119	12,2	1.0	2800
Республика Адыгея	3	70 – 91	8,98	2,1	13300
Карачаево-Черкесская республика	1	50 – 75	6,8	0,4	2900
Кабардино-Балкарская республика	2	56 – 67	5,3	0,05	н/д
Камчатская область	12	70 – 300	83,8(32,5*)	34,3	151900
Сахалинская область	2	85 – 320	8,2*	н/д	н/д
Чукотский авт. окр. и Магад об	3	60 – 87	3,5	н/д	н/д

Геотермальная энергия обладает широким спектром экологически и экономически привлекательных качеств.

- она обладает практически неисчерпаемым запасом энергии и превышает запасы различных видов топлива в 3,5 тысячи раз.
- концентрация геотермальной энергии широко распространена и связана в основном с активной сейсмической деятельностью, занимающая десятую часть Земли. Примерами таких «геотермальных районов» являются Калифорния, Новая Зеландия, Исландия, Япония, Камчатка и Северный Кавказ.
- источники геотермальной энергии не требуют высоких издержек, так как уже готовы к использованию, без каких-либо сторонних вмешательств
- и наконец, эта энергия не загрязняет окружающую среду, и, следовательно, совершенна, безвредна в экологическом отношении

Однако при использовании геотермального оборудования возникает ряд проблем:

- Коррозия оборудования на геотермальных станциях
- Солеотложение на стенках оборудования
- Дороговизна замены оборудования на геотермальных скважинах
- Сжигание попутного газа на факелах [4].

Сжигание попутного газа, причины и последствия

В настоящее время существует проблема утилизации попутных с геотермальной водой горючих газов, так как при использовании геотермальных вод для отопления и горячего водоснабжения, горючий газ считается побочным продуктом и сжигается на факеле. При сжигании попутного газа теряется значительное количество ценного сырья, который главным образом состоит из метана, этана, пропана и некоторые другие углеводородные и не углеводородные газы. Количественный состав варьируется в зависимости от месторождения [2].

Так же сжигание горючего газа на факельных установках способствует попаданию в атмосферу тонны загрязняющих веществ, ухудшая экологическую обстановку как в районах геотермальных станций, так и в целом.

При оценке экологической безопасности ГеоТЭС данная проблема носит многоплановый характер. Углекислый газ (CO_2) в больших количествах присутствует в выбросах многих ГеоТЭС. В ряде случаев в них содержится и значительное количество метана (CH_4). Таким образом, формально эксплуатация ГеоТЭС сопровождается выбросом парниковых газов. Однако не следует забывать, что эти газы и в естественных условиях на геотермальных полях просачиваются в атмосферу., сохраняя при этом работу оборудования геотермальных систем в режиме без солеотложения.

Говоря о причинах сжигания попутного газа в России, можно выделить технические, экономические и организационные [4].

Технические причины:

1) Большинство российских факелов не оборудовано замерными счетчиками, что не дает полного представления об объемах сжигаемого газа.

2) На многих месторождениях отсутствует необходимая производственная и технологическая инфраструктура. 3) Удаленность потенциальных рынков.

Экономические и организационные причины:

1)Незначительные штрафы за выбросы продуктов сгорания попутных нефтяных газов

2) Многие технические решения, разработанные для утилизации попутного газа, в настоящее время ориентированы на применение центральных систем.

3) Несовершенство законодательно-нормативной базы, вследствие чего попутный газ не рассматривается законодательством Российской Федерации в качестве объекта государственного регулирования.

4) Экономическая незаинтересованность компаний в решении проблемы утилизации и использовании попутного газа [5].

Вследствие наличия недостатков обозначенных методов утилизации попутного газа и проблем, возникающих при их реализации на тех или иных месторождениях, становиться ясной актуальность проблемы переработки попутного газа.

Солеотложения на стенках оборудования и возможные пути решения

Причиной солеотложения на стенках геотермального оборудования является нарушение химического равновесия между растворенными в воде компонентами (рис 1).

Рисунок 1. Солеотложение на геотермальном оборудовании

Рассмотрим геотермальную станцию на месторождениях Кизляр и Махачкала-Тернаир (на примере ТРС «Черемушки», г. Кизляр). На рисунке 2 представлена типовая схема станции, где благодаря геотермальным источникам район снабжается горячим водоснабжением и отоплением. Отбор геотермальной воды осуществляется из двух скважин в дегазатор 5, газ из которого сжигают на факеле. При этом во избежание нарушения карбонатно-кальциевого равновесия в растворе воды по реакции (1), как показывает практика наблюдений, давление в дегазаторе при температуре воды 100 ^{o}C не должно опуститься ниже, примерно, 0,4 Мпа [6].

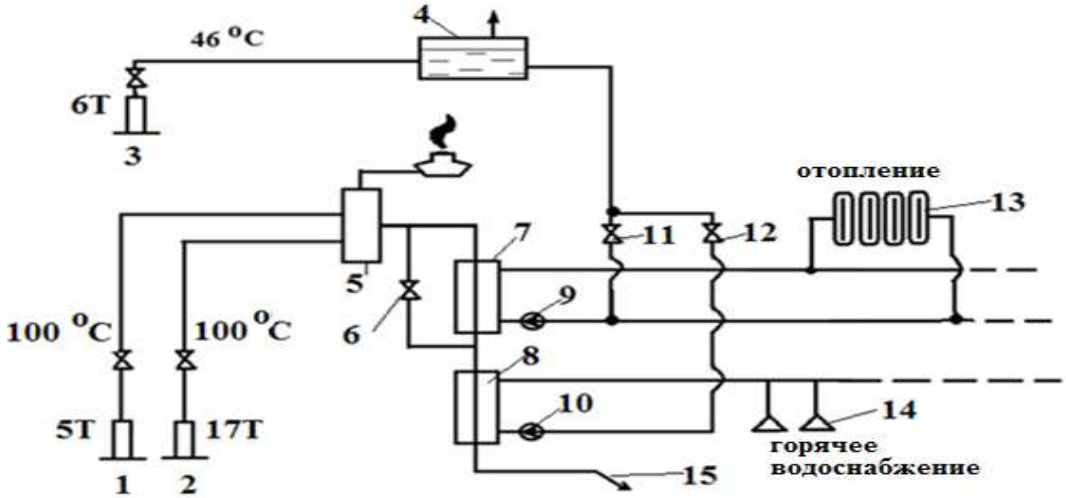


Рис. 2. Эксплуатация геотермальных скважин на месторождении Кизляр (ТРС «Черемушки»)

При выходе из геотермальной воды углекислого газа, равновесие системы нарушается, что приводит к образованию твердой фазы карбоната кальция. При этом выход углекислого газа сверх равновесного значения создает опасность карбонатных отложений в теплоэнергетическом оборудовании в связи с нарушением химического равновесия между растворенными в воде компонентами:

$$Ca\,(HCO_3)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow \text{ [5].}$$

Из уравнения следует, что количество ионов HCO_3^-должно находится в достаточном количестве, для удержания равновесного состояния карбоната кальция в геотермальной воде. Уменьшение газа CO_2 одновременно с уменьшением общего давления в системе приводит к нарушению карбонатно-кальциевого равновесия в растворе воды и осаждению твердой фазы $CaCO_3$ на поверхности оборудования [3]. Для предотвращения карбонатных отложений в оборудовании геотермальных систем в настоящее время приходится поддерживать высокое давление как, к примеру, на месторождениях Каясула в Ставропольском крае (2 МПа), Тарумовская площадь в Республике Дагестан (10 МПа), что, в общем, снижает эффективность использования геотермальных скважин.

Анализ и методы исследования геотермальных вод

Методы исследования

Исследования проводились на геотермальных станциях в городах Махачкала и Кизляр, был проведен забор попутных газов на данных станциях. После отбора со скважин с термальной водой проведено определение концентраций компонентов свободной газовой фазы (He, Ar, CO, CO_2, N_2, O_2) методом газовой хроматографии на газовом хроматографе «Кристалл 5000.2» в Геологическом институте РАН (г. Москва).

В результате анализа подтвердились данные, представленные в таблице 1, о том, что рассматриваемые термальные воды Дагестана – метановые (79-90 %), это дает перспективу для использования попутных газов как топливо. Исходные значения величин, входящих в компонентный состав вод некоторых скважин месторождений Кизляр и Махачкала – Тернаир.

Таблица 1.

Результаты газохроматического анализа

Компонента	Скважина №						
	3Т	4Т	5Т	17Т	19Т	27Т	28Т
	Концентрация, мг/л						
Na^{+}	2260	5800	2540	2420	5240	8640	8820
Ca^{+2}	160	170	50	28	540	104	95
Mg^{+2}	40	47	11	17	127	82	40
Cl^{-}	3550	8870	3030	3010	9040	12800	12900
HCO_3^{-}	390	720	1070	1080	390	1450	1700
SO_4^{-2}	150	125	180	270	200	143	120
CO_3^{-2}	-	-	-	-	-	-	-
Минерализация	6580	15800	6950	6830	15540	23220	23650
Температура воды в устье, °С	103	101	103	100	100	100	100
Газосодержание, $м^3/м^3$	1,2	1,4	1,1	1	1	1	1,2
CO_2, %	18	21	14	12	14	13	17
N_2+CH_4, %	82	79	86	83	84	87	83

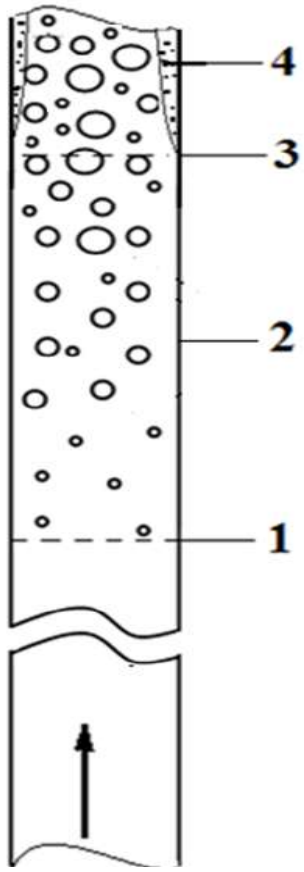


Рис. 3. Выход газов в скважине

Следует помнить, что попутный газ является ценным химическим сырьем и высокоэффективным органическим топливом, поэтому возможно два направления использования попутного газа: энергетическое и нефтехимическое в настоящее время все действия в отношении попутного газа главным образом регулируются Федеральным законом 31.03.1999 № 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации», но юридически попутного газа не рассматривается в качестве отдельного полезного ископаемого [4].

Несмотря на то, что законопроект «Об использовании попутного газа и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» находится на рассмотрении, в сфере регулирования уровня полезного использования ПНГ действует Постановление Правительства РФ от 8 января 2009 г. №7 «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного газа на факельных установках» [7].

Помимо использования попутного газа в качестве топлива, в данной работе предлагается часть попутного газа вводить в водоносный горизонт геотермальной станции, для стабилизации давления в оборудовании, и переход геотермальных вод в равновесное состояние, что решает вопрос с солеотложением на стенках оборудования.

Для наглядности на рис 3. представлена схема начала выхода метана CH_4 (точка 1), углекислого газа CO_2 (точка 2) и, в случае нарушения углекислого равновесия в растворе воды, начало формирования на стенках труб твердых отложений карбоната кальция (позиция 4). Путем снижения общего давления (не ниже уровня равновесной линии

насыщения воды $CaCO_3$ согласно рис.1) в дегазаторе 2 и сепараторе 3 можно частично утилизировать H_2 и CH_4.

Обсуждение результатов исследования

Проведенные исследования показали, что для защиты оборудования от карбонатных отложений представляется перспективным метод закачки углекислого газа, полученного при сжигании попутного с водой метана, обратно в геотермальную воду. При этом, одновременно с утилизацией метана и его использованием для целей отопления и горячего водоснабжения решается вопрос и защиты оборудования от солеотложения [7].

А также, использование попутных газов в борьбе с солеотложением, вместо сжигания на факеле, что в свою очередь приводит к загрязнению окружающей среды.

Примерный расчет выхода метана из геотермальной воды горизонта чокрак на скважинах г. Махачкалы показывает, что в варианте эксплуатации энергетического оборудования по схеме на рис. 4 можно утилизировать метан в 1,3 раза больше, чем при других вариантах. Исходя из данных, полученных Пятигорским НИИ курортологии и физиотерапии, по анализу газового состава в последнем варианте на одной скважине при дебите геотермальной воды около 3000 $м^3$/сут можно получить, ориентировочно, около 1500 $м^3$ метана в сутки.

Описанные и проанализированные в данной работе существующие и возникающие проблемы при использовании геотермальных источников не являются исчерпывающими. Проблем много, но объём работы не позволяет описать их все.

Заключение

Проведенные в работе исследования подтверждают целесообразность утилизации попутных с геотермальной водой горючих газов на, распространенных в России, месторождениях метановых вод. При этом установлено, что основой для утилизации рационально использовать различие в растворимости метана и углекислого газа в геотермальной воде.

Попутный газ с геотермальных источников может быть использован как экологически чистое топливо, состоящее из смеси газов с парообразными углеводородами и не углеводородными компонентами, а также использоваться как способ решения солеотложения на стенках геотермального оборудования. Тем не менее, на всех предприятиях по использованию геотермальных вод часть попутного газа сжигается на факеле.

При этом необходимо придерживаться равновесных параметров воды используемых скважин, а также учитывать растворимость скважин в воде. Процесс выхода газов из воды начинается еще на скважине.

Следовательно, обратной закачкой попутных газов в систему можно предотвратить отложения карбоната кальция. Таким образом, стабильной геотермальной водой считается, такая вода в которой поддерживается необходимая концентрация CO_2, для определенной температуры воды.

Из всего сказанного можно сделать вывод о нецелесообразности утилизации горючих газов путем сжигания его на факеле. Правильная эксплуатация принесет экологическую и экономическую выгоду. Перечисленные способы дают перспективу для улучшения работы систем геотермального оборудования и максимального использовании в будущем данного возобновляемого источника энергии.

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

Литература

1. Алхасов А.Б. Современное состояние и перспективы развития геотермальной энергетики. //Институт проблем геотермии ДНЦ РАН; Махачкала, Россия; 2008. 6-8 с.

2. Курбанисмаилова А.С., Эфендиев К.А., Ахмедова Л.М., Ахмедов Г.Я. К вопросу о перспективах утилизации попутных с геотермальной водой горючих газов и режимах эксплуатации энергетического оборудования // В сборнике: Научные исследования в области теплофизики и конденсированных сред. Сборник научных трудов. Дагестанский государственный технический университет. Махачкала, 2023. С. 16-24.

3. Курбанисмаилова А.С., Ахмедов Г.Я. Об экологических аспектах использования геотермальных вод в условиях засушливого климата // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 2 (95). С. 128-135.

4. Курбанов М.К. Геотермальные и гидротермальные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья / М.К. Курбанов // М.: Наука, МАИК «Наука / Интерпериодика», 2001. – 260 с.

5. Курбанисмаилова А.С. Экологические аспекты сжигания попутного горючего газа на геотермальных скважинах В книге: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа // Коллективная монография по материалам XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Москва, 2022. С. 471-476.

6. Курбанисмаилова, А.С. К вопросу о проблемах эффективного использования термоминеральных вод Предкавказья и попутных с ними горючих газов / А.С. Курбанисмаилова, Г.Я. Ахмедов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2016. – № 66. – С. 267–270.

7. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. О проблемах утилизации метана из геотермальных вод // В сборнике: Неделя науки - 2021. Сборник материалов 42 итоговой научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ. Махачкала, 2021. С. 342-344.

УДК 504.4; 330.15
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-59-63

ПРОБЛЕМЫ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ДАГЕСТАНА

Курбанова Л.М.
Институт геологии ДФИЦ РАН

В статье освещаются актуальные вопросы водообеспеченности республики. Вода – это один из важнейших ресурсов экономического и социального развития. Объемы забора воды из водных объектов Дагестана увеличиваются вместе с ростом населения. При этом несоблюдение правил эксплуатации водных объектов привело к увеличению загрязненности и ухудшению качества вод, что в свою очередь создает угрозу здоровью населения республики. Поэтому необходимо разработать и принять комплекс мер по стратегии водопользования в регионе.

Ключевые слова: водопользование, водообеспеченность, водозабор, подземные воды, поверхностные воды, запасы, ресурсы.

PROBLEMS OF WATER SUPPLY FOR THE POPULATION OF DAGESTAN

Kurbanova L.M.
Institute of Geology DFIC RAS

The article highlights current issues of water supply in the republic. Water is one of the most important resources for economic and social development. The volume of water intake from water bodies in Dagestan is increasing along with population growth. At the same time, non-compliance with the rules for the operation of water bodies has led to increased pollution and deterioration of water quality, which in turn creates a threat to the health of the population of the republic. Therefore, it is necessary to develop and adopt a set of measures for a water use strategy in the region.

Key words: water use, water availability, water intake, groundwater, surface water, reserves, resources.

Являясь системообразующим компонентом природы, водные ресурсы оказывают большое влияние на экономическое и социальное развитие регионов, формируют предпосылки для устойчивого стратегического развития и определяют возможности модернизации всех сфер экономики. Увеличение водопотребления растущим населением и экономикой ведет ко все большей ее нехватке.

Водообеспеченность – это степень обеспеченности водой промышленного производства, сельского и коммунального хозяйства. Она является определяющим фактором эффективного развития народного хозяйства любого государства. Среднемноголетний показатель водообеспеченности составляет 7,4 тыс. м^3/год на человека.

В Дагестане водообеспеченность суммарными водными ресурсами составляет 7,04 тыс. м^3/год на человека. Для сравнения: в России средний уровень водообеспеченности составляет 29,1 тыс. м^3/год на человека [1].

Среднегодовой объем забора воды из всех водных объектов Дагестана за 2020г. как видно из таблицы 1 (составлена по данным Государственных докладов «О состоянии и использовании водных ресурсов РФ за 2014-2020 гг.) составил 3.57 км^3 [2, табл.1]. При этом нагрузка на местные водные ресурсы Дагестана очень высокая (43,96%), что говорит о серьезном дефиците воды и необходимости ограничения водопотребления или привлечения дополнительных ее источников [3].

Водные ресурсы Дагестана образуются совокупностью поверхностных и подземных вод. По состоянию на 01.01.2022г. в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Дагестан 67% составляют поверхностные воды и 33% – подземные [4]. То есть, основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Дагестан являются поверхностные воды. Однако проблема заключается в неравномерном их распределении. Поверхностные воды используются преимущественно для водоснабжения город-

ского населения. Подземные воды в республике используются в основном для водоснабжения сельских населенных пунктов (70%), и, частично, городов Дербент, Кизляр, Хасавюрт, Буйнакск, Южно-Сухокумск. Население Дагестана по данным Росстат РД на 2023г. составляет 3,21 млн. чел.: 1,45 млн. чел. (45,2%) – городское; 1,76 млн. чел. (54,8%) – сельское [5]. Грубо говоря, на 45% населения приходится 67% водных ресурсов, на остальные 55% населения – 33% водных ресурсов.

Таблица 1

Среднегодовой объем забора воды из всех водных объектов Республики Дагестан

Год	Водозабор, млн м^3
2010	4150,15
2013	3254,14
2014	3968,36
2015	3357,54
2016	3420,18
2017	3635,75
2018	3413,92
2019	3539,58
2020	3574,13

Все это является следствием неравномерного распределения водных ресурсов по территории Дагестана: основная часть поверхностных вод сосредоточена в горных и предгорных областях, а низменная, особенно северная, часть Дагестана практически лишена естественных водных артерий (Ногайский, Тарумовский районы). Единственная крупная река в Северном Дагестане – река Кума в силу аридных климатических условий территории не всегда доносит свои воды до Каспийского моря. В устьевой части река представляет собой цепь расположенных вдоль русла небольших мелководных пресных водоемов, размеры которых зависят от режима Кумы и Каспийского моря. Качество воды соответствует загрязненным, грязным и очень грязным рекам и используется незначительно только для орошения. Поэтому подземные воды остаются здесь практически единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Самый крупный поставщик водных ресурсов для хозяйственно-питьевого водоснабжения на территории Дагестана – это река Сулак. Она почти полностью обеспечивает водой крупные города Махачкала, Каспийск, Кизилюрт, Хасавюрт, Буйнакск, а также прилегающие поселки и села. Ежегодный водозабор из реки порядка 1248 млн. м^3 [6].

Среднегодовой водозабор из реки Самура значительно меньше – 512 млн. м^3. Водами Самура частично обеспечиваются потребности городов Дербент, Дагестанские Огни и некоторых сел Южного Дагестана. Роль остальных рек в водохозяйственном обеспечении республики невелика: суммарный водоотбор из рек бассейна Каспийского моря между Самуром и Сулаком составляет 129 млн. м^3/год.

Общий водозабор поверхностных вод реки Терек в Дагестане значительный: в 2011 году он составлял 2058,2 млн. м^3. Однако в основном эти воды используются для орошения, обводнения пастбищных земель и других целей сельскохозяйственного производства [7].

Река Сулак имеет воду со средней степенью минерализации 380 мг/л. Сравнительный анализ гидрохимического режима бассейна р. Сулак указывает на увеличение содержания органических, биогенных веществ вблизи населенных пунктов в устьевой зоне на 10-15 %.

Превышение ПДК наблюдается по сульфатам и марганцу, что носит, скорее всего, природный характер. Содержание сульфатов превышает норму в 1,1-1,6 раза. Концентрация марганца 2-8 ПДК, содержание всех остальных тяжелых металлов ниже нормы. Минерализация и жесткость находятся в пределах нормы – 281 мг/л и 4,3 мг-экв/л соответственно. Содержание нефтепродуктов и органических веществ ниже ПДК [6].

На химический состав вод бассейна р. Самур активное влияние оказывают существующие рудопроявления цветных металлов. Жильные рудопроявления характеризуются содержанием свинца от 0,05 до 52%, цинка – от следов до 22% и меди. В высокогорной части бассейна выявляются до восьми рудопроявлений мышьяка, в которых содержание мышьяка колеблется до 0,32%. В среднем только концентрация марганца и железа превышает значение ПДК в 1,7-5,5 и 1,1-2,7 раза соответственно. Содержание нефтепродуктов и органических веществ не превышает ПДК [6].

На формирование химического состава вод рек бассейна реки Терек существенное влияние оказывают антропогенные воздействия: коммунальное и промышленное водопотребление, орошение и обводнение земель, агротехнические мероприятия. Качество воды реки Терек характеризуется как умеренно загрязненная, а местами – очень грязная. Основными загрязняющими веществами являются нефтепродукты, органические вещества, металлы. На территории Республики Дагестан уровень загрязненности воды несколько улучшается за счет естественного самоочищения. Начиная с 2003 г. состояние водного объекта стабилизировалось, категория качества воды – «загрязненная»-«умеренно загрязненная». В 2008 г. из-за высокой концентрации марганца (14,7 ПДК) вода была отнесена к V классу «грязная». Содержание биогенных веществ находится на уровне ПДК. Концентрация тяжелых металлов не превышает норму. Содержание сульфатов превышает ПДК в 2,16 раза. Минерализация и жесткость составляют в среднем 504 мг/л и 5,6 мг-экв/л соответственно [7].

Важное значение для народного хозяйства имеет также регулирование речного стока. Зарегулированный сток используется главным образом для орошения сельскохозяйственных угодий и рыборазведения.

В регионах с недостаточной обеспеченностью поверхностными водными ресурсами, а также в связи с ухудшением их качества, большое значение имеют запасы подземных вод, которые выступают в роли альтернативных источников пресной воды. В Дагестане это примерно половина ее территории. Почти весь Равнинный Дагестан к северу и югу от Махачкалы преимущественно обеспечивается за счет подземных вод: Бабаюртовский, Кизлярский, Тарумовский и Ногайский, Дербентский районы республики.

Основными эксплуатируемыми горизонтами являются неоплейстоценовые, плиоценовые, миоценовые и меловые водоносные комплексы Восточно-Предкавказского артезианского бассейна.

По состоянию на 01.01.2022 г. запасы подземных вод Дагестана оценены по 56 месторождениям и участкам месторождений питьевых и технических подземных вод и составили 324,13 тыс. м^3/сут., в том числе около половины запасов (134 тыс. м^3/сут.) – для водоснабжения городов Кизляр, Дербент, Буйнакск и Хасавюрт. Общий объем добычи составил 234,14 тыс. м^3/сут. Из общего количества добытых вод использовано 227,18 тыс. м^3/сут., в т.ч. для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения – 162,50 тыс. м^3/сут, для производственно-технического водоснабжения – 11,04 тыс. м^3/сут, на нужды сельского хозяйства использовано 53,64 тыс. м^3/сут. [8,9]. Горная часть Дагестана, однако, слабо обеспечена кондиционными пресными подземными водами. Обеспеченность населения Дагестана подземными водами питьевого качества в среднем составляет 0,80 м^3/сут на одного человека (для горных районов эта величина составляет 0,03 м^3/сут) [2].

Месторождений пресных подземных вод на территории республики разведано 33, 16 из которых находятся в эксплуатации. Крупнейшим резервуаром пресных подземных вод в Республике Дагестан является Терско-Кумский артезианский бассейн, воды которого используются для обеспечения хозяйственно-питьевых потребностей всего Равнинного Дагестана. Качество питьевой воды не соответствует требованиям СанПиН по содержанию кадмия (до 30 ПДК), мышьяка (6 ПДК), железа, нефтепродуктов [10].

В результате отбора значительных объемов подземных вод при несоблюдении режима эксплуатации водозаборов происходит истощение их запасов и загрязнение, формируются мощные депрессионные воронки, происходит перетекание подземных вод из смежных водоносных горизонтов и привлечение в питание подземных вод поверхностных водотоков. Все это негативно сказывается на качестве добываемых вод, несмотря в целом на низкий уровень освоенности их ресурсов [11].

Так, по результатам мониторинга подземных вод на территории Дагестана по 11 постам опорной государственной наблюдательной сети отмечено:

- снижение уровней на 17 м в пределах северной части Ногайского и Тарумовского районов, вплоть до прекращения самоизлива по скважинам (Ногайский, Тарумовский и Кизлярский районы);
- продвижение границы некондиционных (солоноватых) вод на 1-4 км со стороны Калмыкии с одновременным повышением концентрации нефтепродуктов воде в 3,0-4,0 раза.

Также на этих участках зафиксированы изменения в гидрохимическом составе подземных вод. На всей территории Северной и Центральной части республики (Ногайский, Тарумовский, Кизлярский и Бабаюртовский районы) в подземных водах хозяйственно-питьевого назначения высокое содержание аммония (до 12,5 ПДК), кремния (2,2-3,3 ПДК), бора (3-4,4 ПДК), брома (до 2,5 ПДК). Для водоснабжения г. Кизляр используются подземные воды, содержащие мышьяк (2,4-5 ПДК), кремний (1,79-3,1 ПДК), аммоний (1,1-2,2 ПДК), бор, бром (до 6,4 ПДК) [12].

Причинами сложившейся неблагоприятной ситуации является:

1. несоблюдение недропользователями лицензионных соглашений на большей части водозаборов,
2. отсутствие зоны санитарной охраны,
3. отсутствие программ по контролю за качеством подземных вод,
4. неудовлетворительное техническое состояние большинства эксплуатационных скважин (особенно в сельских населенных пунктах).

Результаты ежегодных обследований показывают, что часто источниками загрязнения подземных вод являются эксплуатационные скважины. В результате проведенной инвентаризации более 500 скважин в Хасавюртовском, Бабаюртовском, Тарумовском, Кизлярском районах выявлено, что 100% скважин не оборудованы под замеры, всего 10-12% имеют зоны санитарной охраны [4].

Одним из важнейших факторов, определяющих актуальность проблемы водообеспечения, является несоответствие территориального распределения водных ресурсов плотности проживания населения республики, а также масштабам и уровню хозяйственной деятельности.

Население РД растет, причем увеличиваются и темпы роста. За 10 лет прирост населения составил 263746 чел., из них почти 56000 чел. – за последний год [13]. Соответственно год от году увеличиваются объемы изъятия вод на хозяйственные и бытовые нужды.

Уровень заболеваемости населения, ассоциируемый с неудовлетворительным качеством питьевой воды в Дагестане по данным Роспотребнадзора выше среднероссийского. Наибольший вклад в формирование дополнительных случаев заболеваемости, ассоциированной с неудовлетворительным качеством воды системы питьевого водоснабжения, вносят превышения гигиенических нормативов содержания в питьевой воде тетрахлорметана, бромдихлорметана, аммиака и аммоний-иона, железа, мышьяка, нитритов, свинца, хлора, алюминия, марганца, а также микробиологическое загрязнение воды.

По данным Роспотребнадзора в 2020 г. в Дагестане отмечено неблагоприятное санитарное состояние источников централизованного питьевого водоснабжения: 96,65% источников не отвечают санитарно-эпидемиологическим требованиям; 65,64% водопроводов Дагестана не соответствовало требованиям санитарного законодательства [13].

Вместе с тем растет и количество загрязненных стоков, сбрасываемых в водные объекты, что создает реальную угрозу для здоровья людей. Полностью отсутствует очистка сточных вод,

сбрасываемых в поверхностные природные водоемы. Системы оборотного и повторного водоснабжения в Дагестане практически отсутствуют.

Недостаточный уровень финансирования развития водохозяйственного комплекса может привести к снижению водоотдачи водохозяйственных систем, ухудшению экологического состояния водных объектов, повышению рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера и росту ущерба от негативного воздействия вод.

Ограниченность возможностей региональных бюджетов в целом ряде случаев снижает эффективность исполнения ими собственных полномочий в сфере водопользования, приводит к росту межрегиональных различий в области обеспеченности населения качественной водой и защиты от негативного воздействия вод.

Необходимо обратить особое внимание на риски возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера на гидротехнических сооружениях. В настоящее время значительная часть их находится в неудовлетворительном техническом состоянии; проблема усугубляется большим количеством бесхозяйных объектов. Таким образом, растет вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций.

Требуются экстренные и хорошо скоординированные меры по водопользованию на основе глубоко продуманной водной стратегии.

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

Литература

1. Иванкова Т. В. Социальная и экологическая безопасность сооружений водного хозяйства // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2016»: материалы IX Международной научно-практической конференции; г. Ростов-на-Дону, 5–7 октября 2016 г. Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) имени М. И. Платова. Новочеркасск: Лик, 2016. С. 30–35.

2. Доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2020 году». – М.: Росводресурсы, НИА-Природа, 2022. – 510 с.

3. Чернова О.А. Водные ресурсы и водообеспеченность стратегического развития регионов Юга России // Современные вызовы и реалии экономического развития России. – Мат-лы V Международной научно-практической конференции. – Ставрополь, 2018. С. 506-508с.

4. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2022 году вып. 46. М., 2023. 393 с.

5. Федеральная служба государственной статистики https://05.rosstat.gov.ru/naselenie.

6. Схема комплексного использования и охраны водных объектов, включая нормативы допустимого воздействия рек бассейна Каспийского моря на юг от бассейна Терека до государственной границы РФ (российская часть бассейна). Приложение к приказу Западно-Каспийского бассейнового водного управления от 30.09.2014 г. № 51/а-П. 313 с.

7. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Терек (российская часть бассейна). Приложение к приказу Западно-Каспийского бассейнового водного управления от «10» ноября 2014г. №62-П. Книга 1. 166 с.

8. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2020 году вып. 44. М., 2021. 392 с.

9. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2021 году вып. 45. М., 2022. 423 с.

10. Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш. Экологические аспекты мышьяковистого загрязнения Северо-Дагестанского артезианского бассейна // Аридные экосистемы, № 1(62), 2015 г. С. 48-52.

11. Курбанова Л.М., Меликов М.М., Гусейнова А.Ш. Геолого-экологические аспекты контаминации подземных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна // Горный журнал №3, 2018. С. 77-81.

12. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Терек (российская часть бассейна). Приложение к приказу Западно-Каспийского бассейнового водного управления от «10» ноября 2014г. №62-П. Книга 2 Прил. 4. 53 с.

13. Вода России: Научно-популярная энциклопедия. Регионы России 2542. Республика Дагестан https://water-rf.ru.

УДК 556.3
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-64-69

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СУЛАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (РЕСПУБЛИКА ДАГЕСТАН)

Самедов[1] Ш.Г., Газалиев[1] И.М., Юрченко[2] Св.А.
[1]Институт геологии ДФИЦ РАН,
[2]ООО «Даггеомониторинг» г.Махачкала

В статье представлен обзор и анализ гидродинамического и гидрохимического режима подземных вод в пределах Сулакской аллювиально-пролювиальной равнины (АПР), отражены основные изменения в гидродинамическом и гидрохимическом режиме подземных вод Сулакского месторождения пресны подземных вод. Изучение режима подземных вод необходимо для моделирования гидрогеологических условий, оценки состояния и тенденций их изменения, прогнозирования происходящих в них процессов, оценки состояния ресурсной базы по подземным водам.

Ключевые слова: Терско-Кумский артезианский бассейн (ТКАБ), аллювиально-пролювиальная равнина (АПР), водоносный комплекс (ВК), подземные воды (ПВ), месторождение пресных подземных вод (МППВ), гидродинамический режим, хозяйственно-питьевое водоснабжение (ХПВ).

HYDRODYNAMIC AND HYDROCHEMICAL REGIME OF THE SULAK FIELD OF FRESH GROUNDWATER (REPUBLIC OF DAGESTAN)

Sh.G. Samedov[1], I.M. Gazaliev[1], St.A. Yurchenko[2]
[1]Institute of Geology DFRC RAS,
[2]OOO "Daggeomonitoring" Makhachkala

The article presents an overview and analysis of the hydrodynamic and hydrochemical regime of groundwater within the Sulak alluvial-proluvial plain (APR), reflects the main changes in the hydrodynamic and hydrochemical regime of groundwater of the Sulak freshwater deposit. The study of the groundwater regime is necessary for modeling hydrogeological conditions, assessing the state and trends of their change, forecasting the processes occurring in them, and assessing the state of the groundwater resource base.

Key words: Tersko-Kuma artesian basin (TKAB), alluvial-proluvial plain (APR), aquifer complex (VK), groundwater (PV), fresh groundwater deposit (MPPV), hydrodynamic regime, household drinking water supply (CPV).

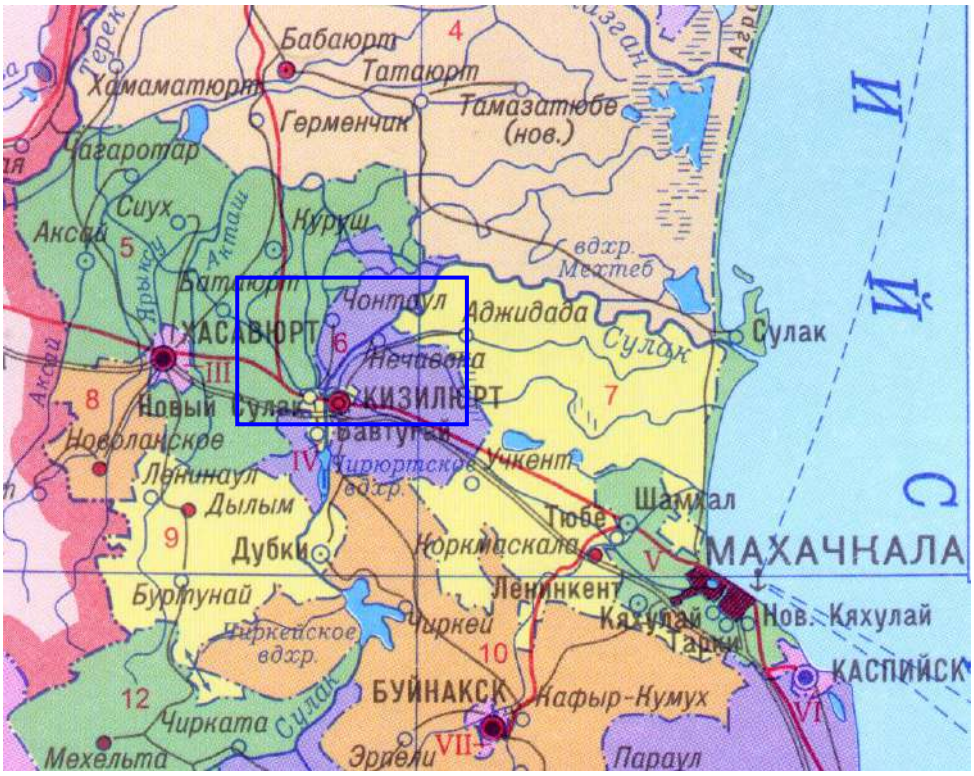
По особенностям режима в Восточно-Предкавказском артезианском бассейне (ВПАБ) в целом, и в Терско-Кумском (ТКАБ), как в его части, выделяется ряд гидрогеологических районов, отличающихся:

- по условиям формирования ресурсов подземных вод в области питания;
- по глубинам залегания водоносных комплексов и гидродинамическим особенностям области транзита;
- по условиям разгрузки водоносных горизонтов и комплексов;
- по особенностям распределения макро – и микрокомпонентного состава подземных вод.

Для удобства анализа полученного материала, правильной его интерпретации и в силу выше указанных различий, в пределах Восточно-Предкавказского артезианского бассейна выполнено специальное районирование и отдельно выделены структуры предгорных аллювиально-пролювиальных равнин (АПР).

Сулакская АПР – это конус выноса р. Сулак, сложенный водоносными валуно-галечниковыми аллювиальными (aQ_{II-III}) и песчаными морскими (mQ_{I-III}) отложениями древнечетвертичного возраста. Подземный поток здесь направлен в сторону Аграханского полуострова, а внушительный по размерам резервуар пресных подземных вод служит основным источником питания эксплуатационных водоносных комплексов юго-восточной части Терско-Кумского артезианского бассейна.

Месторождение по гидрогеологической принадлежности относится к ТКАБ, конус выноса р. Сулак. В административном отношении расположено в 50,0км северо-западнее г.Махачкала, Кизилюртовском и Хасавюртовском районах РД (рис. 1).



Масштаб 1:1000000
- площадь Сулакского месторождения
Рис. 1 Обзорная карта

Для оценки состояния и прогноза изменений подземных вод основных водоносных горизонтов в естественных и природно-техногенных условиях на территории Республики Дагестан проводятся регулярные наблюдения по наблюдательным пунктам государственной опорной наблюдательной сети (ГОНС).

По пунктам наблюдательной сети проводится сбор, анализ и обобщение данных о показателях состояния подземных вод в пределах ТКАБ по средне-верхненеоплейстоценовому аллювиальному ВК и морскому эоплейстоценовому (amQ_{II-III} и mQ_Ib) водоносным комплексам (ВК) в границах Сулакского месторождения пресных подземных вод (МППВ), воды которых используются населением для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Оценка гидродинамического и гидрохимического состояния подземных вод на Сулакском месторождении выполнена по морскому и аллювиальному средне-верхненеоплейстоценовому (amQ_{II-III}) и эоплейстоценовому (mQ_Ib) водоносным горизонтам.

По метеорологическим данным 2020-2021 годы на территории Республики можно отнести к засушливым, при этом 2020г., в северной части Республики по осадкам был на уровне среднемноголетних значений, а за отчетный период 2021г осадки были чуть выше 2020г. В целом количество выпавших осадков в северной части Республике было от чуть ниже среднемноголетних до среднемноголетних значений, при этом температурный фон продолжал повышаться.

Практически на всей территории Республики Дагестан температура воздуха в 2021г была выше 2020г на 0,1-0,3^{0}С и по сравнению со среднемноголетними также выше на 0,5-1,5^{0}С, максимально высокая отмечена в предгорной части РД.

Особенности гидрометеорологического режима отразились и на гидродинамическом режиме грунтовых и слабонапорных вод в естественных и слабонарушенных условиях.

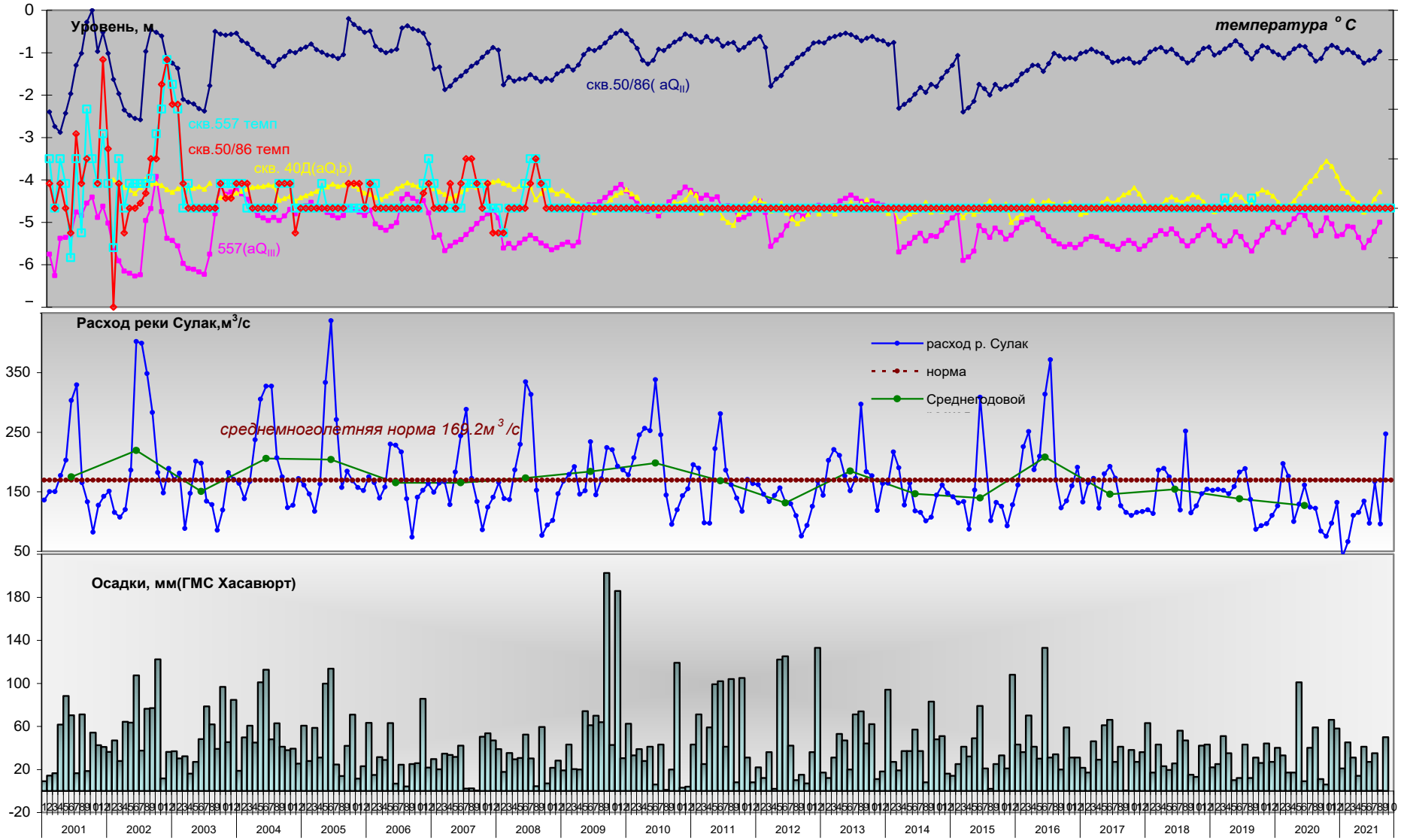


Рис. 2 Гидродинамический режим подземных вод аллювиального неоплейстоценового (amQ_{II-III}) ВГ в пределах Сулакского МППВ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН № 4 (95), 2023

В гидродинамическом режиме аллювиального средне-верхненеоплейстоценового ВГ уровни зафиксированы на глубинах от 5,25 м (скв.557) до + 0,05м (скв.516) и, в сравнении с тем же периодом 2020г. они снизились на 0,06-0,20м (Рис. 2).

По сравнению со среднемноголетними значениями уровни, как выше на 0,13-0,15 м, так и ниже на 0,08-0,54м, и по сравнению с первоначальными также, как выше на 0,01-1,12м, так и ниже на 0,18-0,23м, амплитуда колебаний составила 0,42-1,1м.

По аллювиальному эоплейстоценовому ВГ уровень в сравнении с 2020г. повысился на 0,02 м; в сравнении со среднемноголетними значениями он также выше на 0,13м, относительно первоначального остается пока ниже на 0,32м. Амплитуда колебаний составила 1,08м [1, 2].

Гидрохимическое состояние подземных вод в пределах ТКАБ оценивается по результатам опробование по пунктам наблюдений (ПН) по действующей государственной опорной наблюдательной сети (ГОНС) и пунктам наблюдений локальной наблюдательной сети.

Изучение гидрохимического состава Сулакского месторождения пресных подземных вод, используемого для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Дагестан, на соответствие их качества нормативным требованиям проводилось на 4 пунктах государственной опорной наблюдательной сети.

По результатам выполненных работ дана оценка гидрохимического состояния ПВ средне-верхненеоплейстоценового ($aQ_{II-III}hz$-hv) водоносного комплекса.

В пределах Сулакского МППВ в подземных водах аллювиального средне-верхненеоплейстоценового 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 2ПДК, в 2021г не выявлен (табл. 1) [2, 3].

Площадь загрязнения в сравнении с 2020г. уменьшилась на 4,1 км^2 и составила 30,9 км^2 (рис. 3).

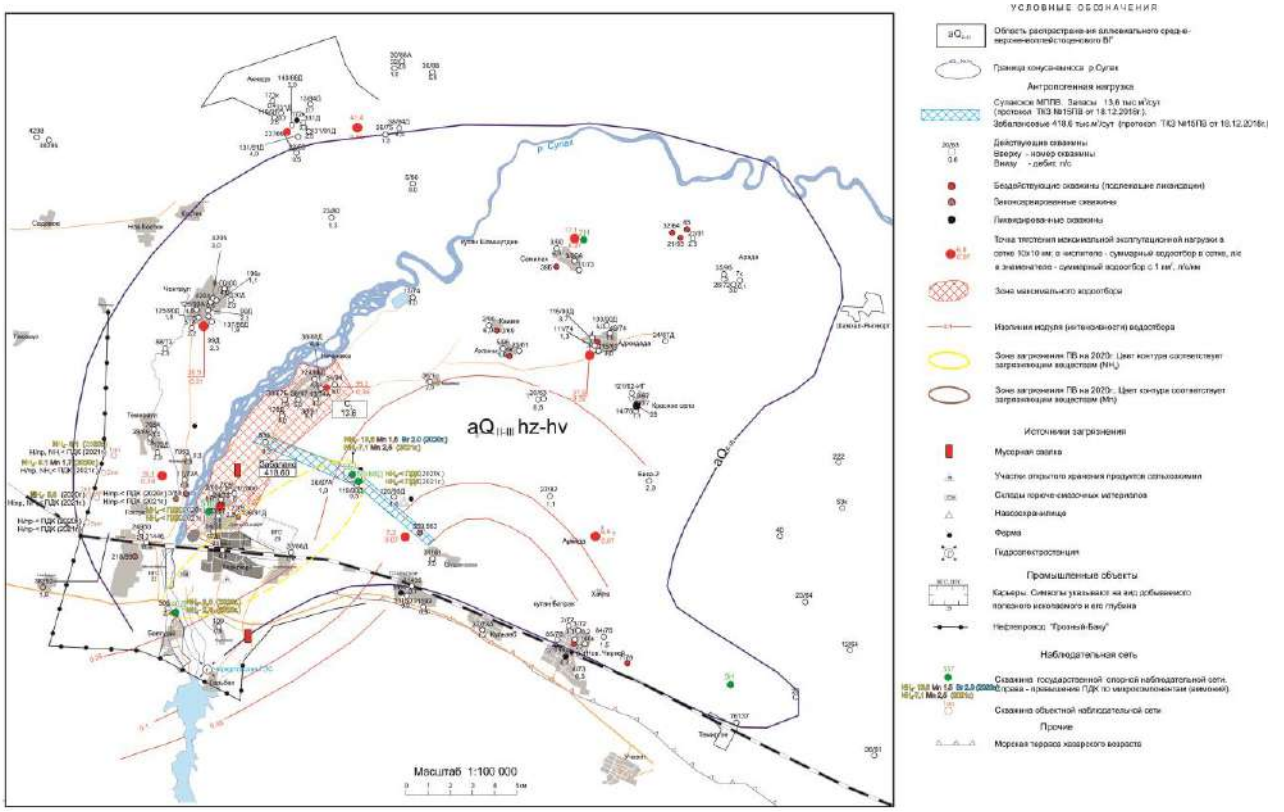


Рис. 3 Оценка гидродинамического и гидрохимического состояния подземных вод аллювиального (aQ_{II-III}) ВГ

Таблица 1

Гидрохимическое состояние ПВ в пределах Сулакского МППВ

№ п.н.	Год опробования	Сухой ост., мг/дм^3	Аммоний, мг/дм^3	Нитриты, мг/дм^3	Нитраты, мг/дм^3	Нефтепродукты, мг/дм^3	Общ. жест. мг-экв/дм^3	As, мг/дм^3	Si, мг/дм^3	B, мг/дм^3	Mn, мг/дм^3	Br, мг/дм^3
ПДК	мг/дм^3	1500	1,5	3,3	45,0	0,1	7	0,01	20-25	0,5	0,1	0,2
557	2020	407	**20,38**	<0,01	<0,1		2,2	<0,002	1,12	0,087	**0,152**	<0,2
	2021	356	**10,61**	<0,01	1,1	0,06	2,7	<0,002	1,4	<0,005	**0,248**	<0,2
516	2020	594	0,55	<0,01	<0,1		6,1					
	2021	636	0,51	<0,01	1,0		6,1					

Источниками загрязнения являются селитебные территории населенных пунктов Кизилюртовского района, промышленность г. Кизилюрт, нефтепровод «Баку-Тихорецк» [2, 4, 5].

По результатам гидрохимического опробования на территории Сулакского месторождения отмечено следующее (табл.2):

Таблица 2

Результаты гидрохимического опробования подземных вод Сулакского месторождения на общий химический анализ по ГОНС за 2021г.

Номер п.н.	Дата отбора	Единица измерения	HCO^-_3	Cl^-	SO^{2-}_4	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	PH	Сухой остаток	Жесткость общая, мг-экв/дм^3	NH_4, пдк = 1,5	NO_2, пдк = 3,3	NO_3, пдк = 45	Fe, пдк = 0,3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
557	24.05.21	мг/л	304,9	44,8	10,8	30,5	15,3	92,0	7,8	356	2,7	**10,61**	<0.01	1,1	0,12
		мг-экв/л	5,2	1,3	0,2	1,5	1,2	4,0							
		% экв	78,6	19,4	3,0	22,4	17,9	59,7							
40-Д	24.05.21	мг/л	97,4	27,7	100,1	2,5	17,9	16,1	8,0	272	4,0	**3,6**	0,06	1,6	0,08
		мг-экв/л	1,8	0,8	2,1	10,2	1,5	0,7							
		% экв	38,3	17,0	44,7	53,2	31,9	14,9							
50/86	24.05.21	мг/л	97,4	27,9	15,1	0,5	6,0	43,7	8,2	160	1,0	0,20	<0.01	1,6	0,05
		мг-экв/л	1,8	0,8	0,3	0,5	0,5	1,9							
		% экв	62,1	27,6	10,3	17,2	17,3	65,5							
516	24.05.21	мг/л	256,3	35,7	261,3	77,0	28,3	103,5	7,7	636	6,1	0,51	<0.01	1,0	0,06
		мг-экв/л	4,2	1,0	5,4	3,8	2,3	4,5							
		% экв	39,6	9,5	50,9	35,8	21,8	42,4							

Оценка режима подземных вод и прогноз их изменения в естественных и нарушенных природно-техногенных условиях проводился на территории Сулакского МППВ по результатам работ, заключающихся в непосредственном изучении гидродинамического режима по наблюдательным сетям, специального гидрогеологического обследования водозаборов. Для полной характеристики происходящих изменений в режиме подземных вод Сулакской АПР наблюде-

ния необходимо продолжить и нарастить режимную сеть на нижележащие бакинский и апшеронский ВК.

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

Литература

1. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Республики Дагестан за 2014 г. Даг. фил. ФБУ «ТФГИ по ЮФО», 2015. 193с.

2. 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, ООО «Даггеомониторинг», 2021. 264 с.

3. Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И Гидрохимическое состояние подземных вод Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (в пределах Республики Дагестан). // Журнал «Вода: химия и экология» №3, март 2014, с 3-10

4. Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Ибрагимова Т.И., Омаров К.М., Ибрагимова З.И. Влияние техногенной нагрузки на подземные воды в Восточно-Предкавказском артезианском бассейне в пределах Республики Дагестан.// «Геология, геодинамика и геоэкология Кавказа» Тр. ИГ ДНЦ РАН. Вып. 66. Махачкала. 2016. С. 329-333.

5. Самедов Ш.Г. Гидрохимический режим подземных вод Низменного Дагестана (в пределах Кизлярского района) // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XIII / М.: ИИЕТ РАН, 2023. с. 623-629.

УДК 556.3
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-70-81

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ОЦЕНКЕ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРСКО-КУМСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

Демидов Р.В., Газалиев И.М., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш.
Институт геологии ДФИЦ РАН

Изучены общие закономерности формирования подземного стока ТКАБ, гидрогеологическая стратификация разреза водоносной толщи на основе комплекса гидродинамических и геофизических исследований. Анализирована серия общих и специальных карт, характеризующих гидрогеологические условия семи выделенных основных водоносных комплексов. Объектом региональной оценки являлись напорные водоносные комплексы плиоцен-четвертичного возраста, как основных коллекторов пресных подземных вод, которые используются для целей централизованного водоснабжения.

Ключевые слова: Терско-Кумский артезианский бассейн, математическое моделирование, водоносные комплексы, инфильтрационного питания подземных.

METHODOLOGY AND RESULTS OF WORK COMPLETED TO ASSESS GROUNDWATER RESOURCES OF THE TERESK-KUM ARTESIAN BASIN

Demidov I.V., Gazaliev I.M., Kurbanismailova A.S., Mamaev A.S., Guseinova A.Sh.
Institute of Geology DFIC RAS

The general patterns of formation of the underground flow of the TCAB were studied, and hydrogeological stratification of the aquifer section was carried out based on a complex of hydrodynamic and geophysical studies. A series of general and special maps have been compiled characterizing the hydrogeological conditions of the seven identified main aquifer complexes. The object of the regional assessment was confined aquifer complexes of Pliocene-Quaternary age, as the main reservoirs of fresh groundwater, which are used for centralized water supply purposes.

Keywords: Terek-Kuma artesian basin, mathematical modeling, aquifer complexes, underground infiltration recharge.

Задачей регионального исследования являлась оценка той части ресурсов подземных вод, которая могла бы быть отобрана без их существенного истощения и загрязнения и не несет значительного ущерба поверхностному стоку [Курбанов и др., 2003;2009;, Отчет:.., 2016;, Мамаев и др., 2019;2020].

Ограничивая эксплуатационные запасы подземных вод ТКАБ естественными ресурсами напорных комплексов, при их оценке решалась задача изучения источников их формирования. Баланс подземных вод напорных ВК неоген-четвертичной толщи ТКАБ в расчетной схеме был представлен авторами в следующем виде:

	Приходная часть баланса	**Расходная часть баланса**
1	приток с границ бассейна ПВ, формирующихся за счет инфильтрации атмосферных осадков в областях выхода водоносных отложений на поверхность	разгрузка ПВ путем восходящей фильтрации в грунтовый ВГ с последующим испарением с его поверхности
2	питание на площади распространения ВК за счет нисходящей фильтрации грунтовых вод перетеканием через покровную глинистую толщу и потерь речного стока	дренирование ПВ речной сетью
3		отток ПВ за пределы бассейна (Каспийское море, район вала Карпинского)

Естественные ресурсы подземных вод напорных водоносных комплексов бассейна оценены по величине расходных статей баланса.

Для увязки элементов баланса подземных вод напорных водоносных комплексов в целом для ТКАБ, а также для характеристики распределения естественных ресурсов в общем и величин отдельных их составляющих по площади и в разрезе, был использован метод аналогового электромоделирования на аналоговой электрической сеточной модели. Шаг сетки разбивки был принят равномерным и равным 15 км.

Построение математической модели ТКАБ выполнено на основе решения обратной задачи. В качестве исходной информации принимались следующие наиболее достоверные данные: водопроводимость водоносных отложений; граничные условия в плане; соотношение уровней данного и смежных водоносных комплексов в разрезе исследуемой плиоцен - четвертичной толщи.

Задача решалась в стационарной постановке. На модели воспроизводилась естественная гидродинамическая картина.

На момент проведения работ по оценке запасов ТКАБ (1976 г.), количество эксплуатационных скважин составляло четыре с лишним тысяч. Суммарный водоотбор подземных вод по площади бассейна оценивался порядка 13-15 м^3/сек (1 120 – 1 300 тыс.м^3/сут). Эксплуатация подземных вод, как правило, осуществлялась одиночными скважинами и небольшими групповыми водозаборами. Отсутствие в районе ТКАБ мощного концентрированного водоотбора, вызывающего нестационарный режим фильтрации на значительной территории, не позволило произвести определение емкостных характеристик водовмещающих пород на основе решения обратной задачи.

На границах моделируемых семи взаимосвязанных этажно расположенных водоносных комплексов (рис.1.) при решении обратной задачи в плане задавались условия первого и второго рода.

Для первых пяти водоносных комплексов - граничное условие I рода (абсолютные отметки пьезометрического уровня) задавалось вдоль южной и восточной границ моделируемой области распространения комплексов в соответствии с картами гидроизопьез. Вдоль западной и северо-западной границ, где происходит выклинивание заданных комплексов, задавалось нулевое условие II рода (непроницаемый контур).

Вдоль южной и северной границ исследуемой области фильтрации шестого ВК задавалось граничное *условие I рода*, а с запада и северо-востока он ограничивался непроницаемым контуром (*условие II рода*), установленным по естественной границе его распространения. Седьмой ВК в пределах гидрогеологической изученной области его распространения ограничивался всюду.

На верхней границе моделируемой системы задавалось граничное условие второго рода, т.е. расход вертикального водообмена с горизонтом грунтовых вод. Ввиду разнообразия условий питания и разгрузки напорных водоносных комплексов путем перетекания подземных вод через покровную толщу для обоснования их величин территория ТКАБ была разделена на 6 гидрогеологических районов (рис.2).

Первый район был выделен в пределах территории Терско-Кумского междуречья. Район охарактеризован тем, что боковой отток грунтовых вод за его пределы отсутствует, так как уровень Каспийского моря располагается либо на одинаковых, либо на более высоких отметках. Величина напорного питания грунтовых вод принята как суммарная разгрузка напорных ВК путем восходящей фильтрации в грунтовый ВГ с последующим испарением с его поверхности.

Второй район выделен в пределах территории дельты Терека и Терско-Сулакского междуречья. В питании грунтового горизонта здесь принимают участие также поверхностные воды

многочисленных проток дельты Терека. Боковой приток и отток грунтовых вод в их общем балансе незначителен. Особенностью третьего района, выделенного на площади, прилегающей к предгорьям Дагестана, является то, что грунтовый сток, сформировавшийся за счет инфильтрации атмосферных осадков и разгрузки напорных вод, расходуется не только на испарение но, в значительной мере, дренируется реками Сулак, Аксай, Акташ.

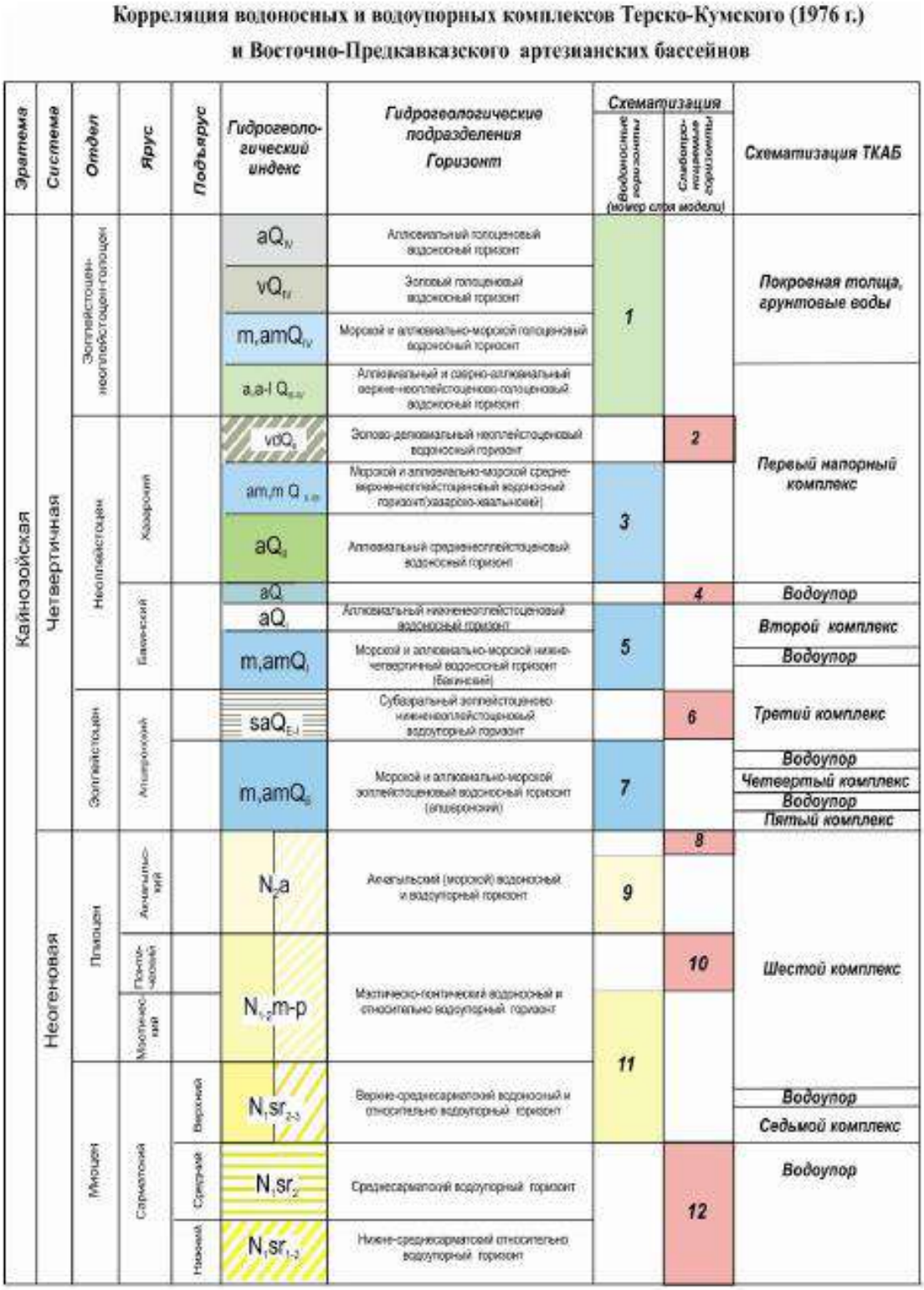


Рис. 1. Корреляция водоносных и водоупорных комплексов Терско-Кумского и Восточно-Предкавказского артезианских бассейнов.

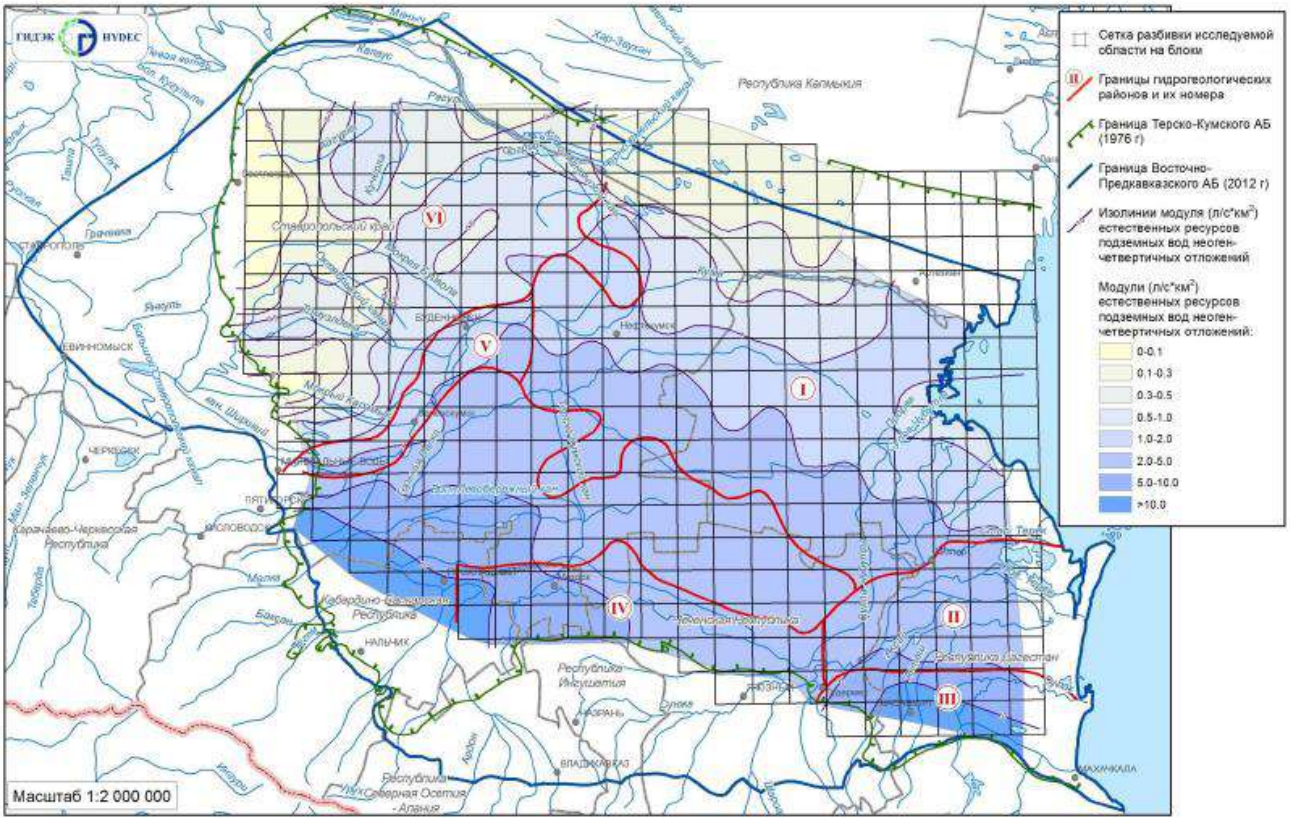


Рис.2. Обзорная схематическая карта естественных ресурсов неоген-чевертичных отложений Терско-Кумского артезианского бассейна.

В пределах остальной территории бассейна (районы 4-6), где имеет место восходящая фильтрация напорных вод, разгрузка последних осуществляется в долинах рек Терек, Малка, Кума с ее притоками и др. Четвертый район – широтный отрезок долины р. Терек. На этом участке, протяженностью по пойме 200 км, осуществляется разгрузка напорных вод, поступающих с южного обрамления бассейна. В пределах пятого района (долина р. Кумы) величина разгрузки оценена в 150 тыс.м3/сут. В западной части бассейна, в районе Кумско-Калаусского междуречья, разгрузка напорных подземных вод происходит на ограниченной площади в пределах долин рек Томузловка, М.Буйвола, Калаус.

Основываясь на результатах выполненного моделирования, оценен баланс подземных вод каждого ВК и всей водонасыщенной плиоцен-четвертичной толщи бассейна в целом и составлены карты естественных ресурсов подземных вод в модулях стока. Модуль подземного стока ВК определялся как сумма расходов подземных вод, поступающих в каждый его блок по осям X, Y и Z, за вычетом транзитного расхода по вертикали, отнесенная к площади блока и выраженная в л/сек.на км^2.

Как показали расчеты на модели, естественные ресурсы I ВК (хвалынский-хазарский) формируются за счет притока подземных вод со стороны горного обрамления ТКАБ. Суммарная величина составляет 433 тыс. м^3/сут. Основные области питания приурочены к Кабардинской наклонной равнине и предгорьям Дагестана, где модули естественных ресурсов изменяются в пределах от I до 4,4 (л/сек/км^2). Небольшое количество подземных вод поступает с Терского хребта. Из смежных ВК формируется около 38% общих его ресурсов. Основная расходная статья водного баланса - площадная разгрузка подземных вод путем восходящей фильтрации в грунтовый водоносный горизонт - 97% от общей величины ресурсов.

Естественные ресурсы II ВК *(верхнебакинский)* оценены в размере 268 тыс. м^3/сут., а основная роль в их формировании (59%) принадлежит перетеканию из смежных водоносных комплексов. С южной границы ТКАБ поступает 110 тыс. м^3/сут. Основная разгрузка подземных вод осуществляется перетеканием в вышележащие ВК (97%). Значительную роль в разгрузке подземных вод играет долина р.Терек на ее широтном отрезке, дренирующее влияние которой выражается в уменьшении модуля подземного стока от 1,7 л/сек км до 0,03 л/сек км^2 в направлении потока от предгорий к центру бассейна.

При общей величине ресурсов III ВК *(верхнеапшеронский - нижнебакинский*) - 314 тыс. м^3/сут., 70% формируется за счет перетекания из смежных ВК. Остальная часть подземных вод поступает с южного горного обрамления. По мере удаления от предгорий вглубь бассейна модули подземного стока уменьшаются от 1,-1,2 до 0,2-0,3 л/сек с км^2. Основная разгрузка происходит путем вертикальной фильтрации на площади его распространения - 263 тыс. м^3/сут. Отток в сторону Каспия и на север, в район вала Карпинского, незначительный.

Естественные ресурсы IV ВК (*среднеапшеронский*) оценены величиной 391 тыс. м^3/сут. Приток с южных областей питания достигает 47% от общей величины ресурсов. Питание снизу составляет 159 тыс. м^3/сут, а разгрузка перетеканием вверх - 369 тыс. м^3/сут. Отток в сторону вала Карпинского и Каспийского моря незначителен.

Наиболее значимым на территории ТКАБ является V ВК *(нижнеапшеронский*) , ресурсы которого оценены 447 тыс. м^3/сут. По направлению потока модуль подземного стока уменьшается от 3,9 л/сек км^2 в Предгорьях Дагестана, 1,7 л/сек км^2 в районе Терского хребта и 1,0 л/сек км^2 на выходе из Кабардинской наклонной равнины до 0,2 - 0,6 л/сек км^2 в центральной и восточной частях бассейна. Отток в сторону Каспия составляет 10%, а к валу Карпинского-3% от общей величины разгрузки. Вдоль побережья Каспия модуль подземного стока уменьшается до 0,2 л/сек км^2.

Водоносные комплексы VI (*мэотический-акчагыльский*) и VII (*средне-верхнесарматский)* были изучены только в северо-западной части территории их распространения, в районе Кумско-Калаусского междуречья. Питание и разгрузка подземных вод на этой территории осуществляется непосредственно на площади их распространения. Естественные ресурсы VI ВК оценены в 166 тыс. м^3/сут, VII ВК - 30 тыс. м^3/сут.

Общие естественные ресурсы, подземных вод плиоцен- четвертичных отложений Терско-Кумского артезианского бассейна по приходной части их баланса оценены величиной в 1762,7 тыс. м^3/ сутки, а по расходной - 1811,3 тыс. м^3/сут. Невязка баланса состав3.7 Региональная оценка эксплуатационных запасов проведена на обоснованной в процессе решения обратной задачи фильтрационной схеме. При оценке авторы модели ТКАБ ориентировались на величину естественных ресурсов подземных вод бассейна и незначительное привлечение поверхностного стока р. Терек, тем самым обеспечивая бессрочный отбор подземных вод. В такой постановке задача заключалась в выборе рациональной схемы размещения водозаборов и оценке их производительности.

При составлении расчетной схемы учитывалось размещение водопотребителей (1976 г.) и заявленная потребность (на 2000 г.) в воде хозпитьевого качества. Прогнозная потребность в воде на 2000 г. ориентировочно оценивалась в 1443 тыс. м^3/сут. Все водозаборы схематизировались в виде линейных рядов с расстоянием между скважинами 300 м. Сложности в расчетах были связаны с тем, что зачастую в пределах одного блока (15х15 км) оказывались непроницаемая граница, река и группа водозаборов. Поэтому для определения величины возможного привлечения поверхностных вод р. Терек к водозаборам, расположенным вблизи реки, было выполнено моделирование на врезке масштаба 1:200000.

На основании моделирования установлено, что эксплуатационные запасы подземных вод, обеспеченные естественными ресурсами и привлечением поверхностного стока, составили

2063 тыс. м^3/сут, что в настоящий момент соответствует современному определению ресурсного потенциала. По состоянию на 01.01.1976г., на моделируемой территории ТКАБ были разведаны и утверждены в ГКЗ СССР и ТКЗ СКГУ эксплуатационные запасы подземных вод в количестве 479 тыс. м^3/сут. Величина прогнозных ресурсов в современном понимании составила 1 584 тыс. м^3/сут.

Кроме того, авторами региональной оценки запасов был выполнен второй вариант моделирования для ориентировочной оценки составляющих баланса эксплуатационных запасов подземных вод с учетом привлечения в процессе эксплуатации емкостных запасов. Дополнительные запасы, определяемые сработкой емкости водовмещающей толщи на среднюю глубину 100 м в объеме 17,6 млн.м^3/сут были представлены как внекатегорийные.

Учитывая изменившиеся после региональной оценки запасов ТКАБ степень изученности ВПАБ и водохозяйственную обстановку (широкое использование поверхностных вод бассейна Терека для орошения земель и обводнения Манычской долины), а также планировавшееся расширение использования подземных вод для орошения земель в засушливой зоне Восточного Предкавказья, ГКЗ СССР было рекомендовано провести работы по переоценке прогнозных ресурсов Терско-Кумского бассейна с оценкой ресурсов подземных вод всего Восточно-Предкавказского артезианского бассейна, включающего кроме ТКАБ Терско-Каспийский гидрогеологический район (Кабардинскую, Осетинскую и Сунженсукую впадины). В конце 80-х – начале 90-х годов такая работа проводилась Северо-Кавказским производственным геологическим объединением. Однако, в связи с резким сокращением, а в дальнейшем прекращением финансирования работ по этому объекту, часть полевых работ и математическое моделирование для оценки ресурсного потенциала питьевых подземных вод Восточно-Предкавказского бассейна целиком не были выполнены.

Во второй половине девяностых годов геологической службой МПР России под научно-методическим руководством компании "ГИДЭК" для всей территории страны под руководством профессора Л.С.Язвина была выполнена оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод. (ПЭРПВ) по теме "Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения".

Для этой цели были разработаны специальные "Методические рекомендации по оценке прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод и обеспеченности ими потребностей населения для хозяйственно-питьевого водоснабжения" [Б.В.Боревский, Л.С.Язвин, 1995]. Данная методика использовалась для оценки ресурсного потенциала подземных вод для всей территории РФ, выполняемой раздельно для каждого субъекта Федерации. Полученные результаты были обобщены затем по территории России в 2002 г. В 2012 г. на основе этой работы было выполнено повторное обобщение с корректировкой ранее полученных материалов и издана "Карта ресурсного потенциала подземных вод Российской Федерации".

Основные положения этой методики сводятся к следующему:

- выделение на оцениваемой площади объектов оценки ПЭРПВ проводилось на базе гидрогеологического районирования.
- по построенным картам подсчитывались прогнозные эксплуатационные ресурсы по территориям всех субъектов Федерации и административных районов в их пределах.
- в каждом выделенном гидрогеологическом районе рассматривались условия распространения и питания продуктивных водоносных горизонтов по площади и в разрезе, изменчивость их фильтрационных свойств, а также качества подземных вод и возможности их освоения.

По перечисленным основным признакам выделялись следующие типовые гидрогеологические районы:

А. Основные продуктивные водоносные горизонты имеют широкое площадное распространение, а эксплуатация подземных вод возможна на всей площади их распространения даже

в условиях неоднородности условий их залегания и фильтрационных свойств (артезианские бассейны, бассейны грунтовых вод, межгорные бассейны и т.д.).

Б. Основные водоносные горизонты имеют ограниченное площадное распространение (ограниченные замкнутые или полосообразные структуры, межгорные и внутригорные депрессии и т.п.).

В. Основные водоносные горизонты имеют площадное распространение, но в связи с весьма высокой фильтрационной неоднородностью водовмещающих пород, эксплуатация подземных вод целесообразна лишь на локальных участках повышенной водообильности (трещинные и трещинно-жильные воды, как правило, в пределах горно-складчатых областей).

Г. Горные районы, где эксплуатация подземных вод возможна только путем использования отдельных родников.

Д. Долины рек, где возможно создание береговых инфильтрационных водозаборов. Для гидрогеологических районов групп А, Б, В, и Г оценивались площадные модули прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод в л/с·км^2, для группы Д – линейные в л/с на 1 пог.км долины реки.

Расчеты площадных модулей выполнялись с использованием следующих основных показателей для расчетных блоков, на которых разбиваются выделенные гидрогеологические районы:

1. величина инфильтрационного питания подземных вод, мм/год или л/с·км^2;
2. водопроводимость оцениваемого расчетного водоносного горизонта или двух расчетных горизонтов, м^2/сут;
3. допустимое понижение уровня подземных вод, м;
4. радиус расчетного блока, м;
5. радиус водозабора, м.

Площадной модуль ПЭРПВ - Мэ рассчитывался по формуле:

$Мэ = \alpha \cdot М_{пит}$, где $М_{пит}$ – среднегодовой модуль питания подземных вод, л/с·км^2.

Коэффициент α представляет собой долю возможного использования естественных ресурсов подземных вод в данных гидрогеологических условиях. Очевидно, что он может колебаться от первых долей до 1, т.е. от крайне незначительного до полного изъятия естественных ресурсов подземных вод. Величина α зависит от всех перечисленных выше параметров, в т.ч. принятой расчетной схемы размещения расчетных водозаборов.

Выполненные работы можно рассматривать как начальный исходный материал при создании базы данных и математической модели ВПАБ для рассмотрения ее как ПДМ (ИПС ПДМ) с целью выполнения оценки ресурсного потенциала питьевых и технических подземных вод Восточно-Предкавказского артезианского бассейна и управления ресурсами подземных вод.

Районирование Восточно – Предкавказского артезианского бассейна с целью оценки ресурсного потенциала подземных вод методом математического моделирования. Основой оценки ресурсного потенциала подземных вод больших территорий обязательно является ее предварительное гидрогеологическое районирование, отражающее в той или иной форме особенности формирования подземных вод. Схематизация и типизация гидрогеологического строения территории ВПАБ с выделением расчетных районов более высокого порядка для целей численного моделирования выполнена на основе анализа разнообразия гидрогеологических, гидродинамических, гидрохимических и структурных особенностей изучаемой территории.

В разделе 7 «Природная гидрогеологическая модель и схематизация гидрогеологических условий» приведены данные по решению вопросов гидрогеологического районирования, которые ставились перед исследователями со второй половины XX века. Так, например, отмечено, что при составлении карты гидрогеологического районирования по условиям формирования ресурсов и качества подземных вод ВПАБ [В.Г. Тимохин, С.В. Алибекова, 2009], выполнено районирование территории с выделением бассейнов подземных вод, подразделяемых в зависи-

мости от сложности гидрогеологического разреза и степени дренированности подземных вод. В пределах двух континентальных бассейнов Ставропольского сводового и Восточно-Предкавказского артезианского в работе было предложено выделить 10 региональных водообменных бассейнов III порядка, а в пределах наиболее сложного Терекского бассейна III порядка, располагающего самыми значительными ресурсами подземных вод, были выделены местные водообменные бассейны (IV порядка): Терско-Малкинский, Среднетерекский, Верхнетерекский и Сунженский.

В настоящей главе с целью оценки ресурсного потенциала подземных вод методом математического моделирования предложено использовать районирование, совмещающее в себе как водно-балансовые зоны, так и геоструктурные объекты, в границах определённого типа гидрогеологических условий. При этом, основное внимание уделено крайне неравномерному распределению питания подземных вод, а именно то, что его максимальная величина отмечается в предгорной части бассейна, а минимальная - в равнинной [Отчет:,,,,1916]. Питание подземных вод в предгорной части осуществляется не столько за счет инфильтрации атмосферных осадков на площадь водоносных горизонтов, а в значительно большей степени за счет поглощения поверхностного стока постояннодействующих и временных водотоков, поступающих с горного обрамления.

Окончательная схематизация и типизация гидрогеологического строения территории ВПАБ по выделенным районам 3 и 4 порядка для целей численного моделирования представлена на рис. 3. В Восточно-Предкавказском бассейне выделены районы 3 порядка: Кабардино-Сунженский (1), Терско-Кумский (2), Сулакско-Самурский (3) и Восточно-Ставропольский сводовый (4). Первые три района подразделены на районы 4 порядка. Гидрогеологическая характеристика районов представлена на региональных разрезах (Папка 1, Граф. 3-11).

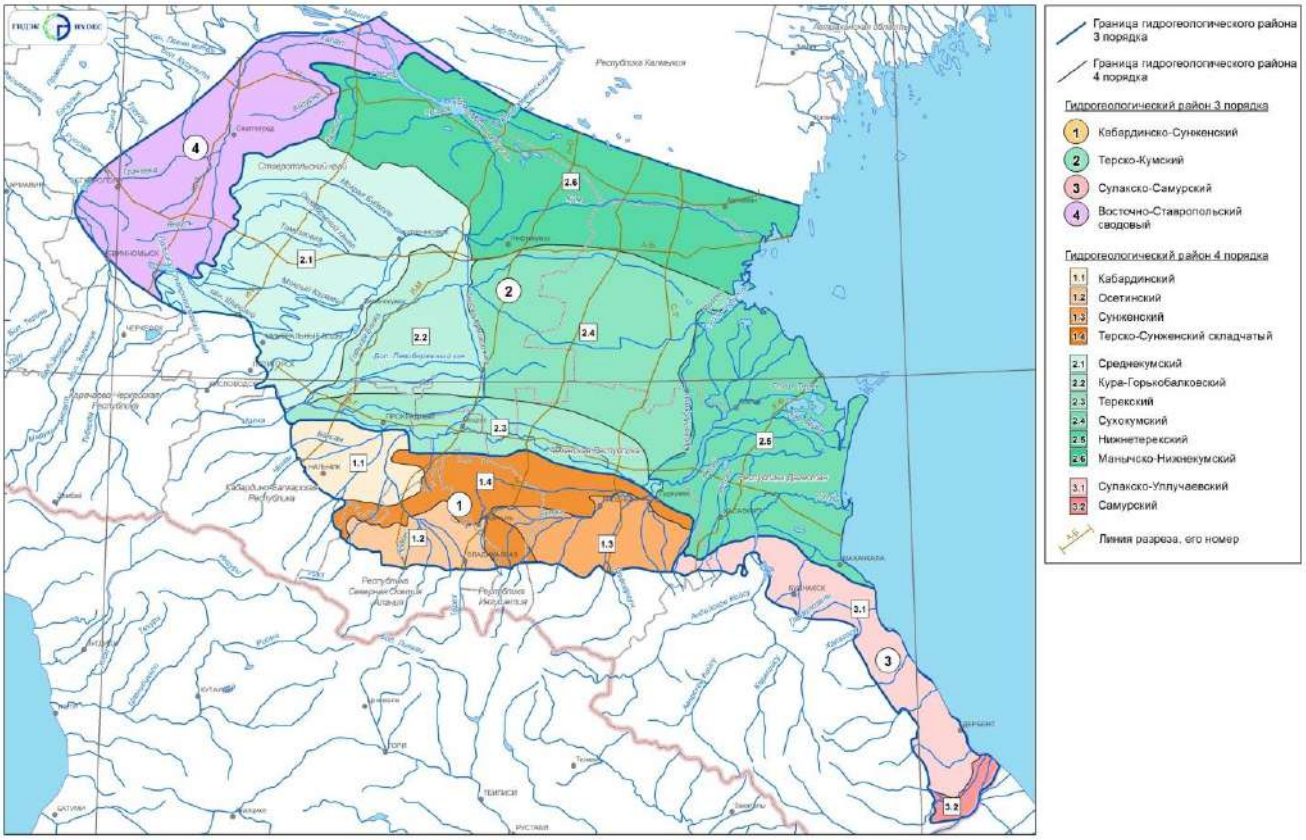


Рис.3. Схематическая карта районирования ВПАБ для оценки ресурсного потенциала подземных вод методом математического моделирования.

Терско-Кумский район занимает большую, равнинную часть ВПАБ. Площадь бассейна составляет 72,5 тыс.кв.км. Граница Терско-Кумского АБ проводится на юге по водораздельной части Терского хребта, на западе и северо-западе по границе восточного склона Ставропольского плато, северная граница проведена по оси Манычского прогиба, восточной границей является береговая линия Каспийского моря. Следует заметить, что выделенная площадь Терско-Кумского района практически совпадает с площадью математической модели Терско-Кумского артезианского бассейна, региональная оценка запасов подземных вод по которой завершена в 1976 году (Рис. 2).

При схематизации и типизации гидрогеологического строения и условий питания подземных вод в пределах Терско-Кумского АБ выделено 6 районов 4 порядка, которые практически совпадают с водообменными бассейнами 2009 года [отчет:…, 2016].

В Терско-Кумском бассейне выделяются следующие районы 4 порядка: Среднекумский, Кура-Горькобалковский, Терекский, Сухокумский, Нижнетерекский и Манычско-Нижнекумский. Границы между ними проводятся по современным водоразделам рек Кума, Горькая Балка – Кура, Терек, Сухая Кума (современный Сухокумский канал), Восточный Маныч.

Выделенные гидрогеологические районы Сулакско-Самурским (3) и Восточно-Ставропольский сводовый (4) при разработке постоянно-действующей математической модели ВПАБ были исключены из расчета, ввиду преимущественно локального распространения по площади этих районов продуктивных водоносных горизонтов. Оценка ресурсного потенциала Сулакско-Самурского и Восточно-Ставропольского сводового районов выполняется аналитически, за основу приняты цифры, полученные и апробированные при выполнении предыдущих исследований [Тимохин и др., 2009].

Природная гидрогеологическая модель Восточно-Предкавказского артезианского бассейна. Природная гидрогеологическая модель Восточно-Предкавказского артезианского бассейна представляет собой сложную многопластовую систему, характеризующуюся изменчивой мощностью и сложным внутренним строением водоносных горизонтов, различных по возрасту и генезису, неоднородными фильтрационными свойствами водовмещающих пород, не выдержанными гидрохимическими закономерностями. Кроме того, бассейн характеризуется резко отличными друг от друга условиями питания и разгрузки подземных вод по площади бассейна [отчет:…, 2016]) .

Верхний гидрогеологический этаж характеризуется свободным водообменном и отделен от нижнего этажа артезианского бассейна мощной толщей плотных глин майкопской свиты, составляющими региональный водоупор между высокоминерализованными водами мезозоя и, в основном, пресными и слабосолоноватыми водами кайнозоя.

Последнее выделение гидрогеологических подразделений верхнего гидрогеодинамического этажа Восточно-Предкавказского артезианского бассейна, согласующееся с современной стратификацией (Стратиграфический кодекс России», ВСЕГЕИ, 2006) было выполнено при составлении гидрогеологической карты Восточно-Предкавказского артезианского бассейна масштаба 1:500 000 (Тимохин В.Г., 2009 г.).

Согласно с принятой стратификацией, в настоящем отчете были выделены следующие гидрогеологические подразделения четвертичного и неогенового комплексов:

1. Верхненеоплейстоценово-голоценовый водоносный горизонт, включающий первые от поверхности водоносные горизонты, заключенные в верхненеоплейстоценовых и голоценовых отложениях различного генезиса (аллювиальный, аллювиально-озёрный голоценовый, верхненеоплейстоценово-голоценовый (a, alQ_{IV}, a, alQ_{III-IV}), эолово-делювиальный неоплейстоценовый (vdQ_{I-III}), эоловый голоценовый (vQ_{IV}), морской и аллювиально-морской голоценовый (m, amQ_{IV}) водоносные горизонты;

2. Морской,аллювиально-морской и аллювиальный средне-верхненеоплейстоценовый (хазарско-хвалынский) водоносный горизонт (m, am, aQ_{II-III});

3. Морской, аллювиально-морской и аллювиальный нижненеоплейстоценовый (бакинский) водоносный горизонт (m,am, aQ_I)

4. Субаэральный эоплейстоценово-нижненеоплейстоценовый водоупорный горизонт (saQ_{E-1});

5. Морской, аллювиально-морской и аллювиальный эоплейстоценовый (апшеронский) водоносный горизонт (m,am, aQ_E);

6. Акчагыльский водоносный горизонт (N_2a);

7. Мэотическо-понтический водоносный горизонт ($N_{1-2}m$-p);

8. Средне-верхнесарматский водоносный горизонт (N_1sr_{2-3});

9. Среднесарматский водоупорный горизонт (N_1sr_2);

10. Нижне-среднесарматский относительно водоупорный горизонт ($N_1sr_{1-2;}$)

11. Тарханско-конкский относительно водоупорный горизонт (N_1t-kn);

12. Рюпельско-коцахурский (майкопский) водоупорный горизонт (₽$_3$r-N_1kc).

Таким образом, при схематизации разреза на региональной геофильтрационной модели ВПАБ выделены следующие водоносные и относительно водоупорные слабопроницаемые пласты (слои) (Рис.4):

Подробное описание гидрогеологических подразделений приведено в предыдущих книгах [отчет:…, 2016] (Кн.1, разд. 3.3.; кн. 2, гл. 7.) и представлено на картах и разрезах (Граф. 2, 3-11). Таким образом, природная гидрогеологическая модель Восточно-Предкавказского артезианского бассейна представляет собой верхний гидрогеодинамический этаж с региональным майкопским водоупором включительно.

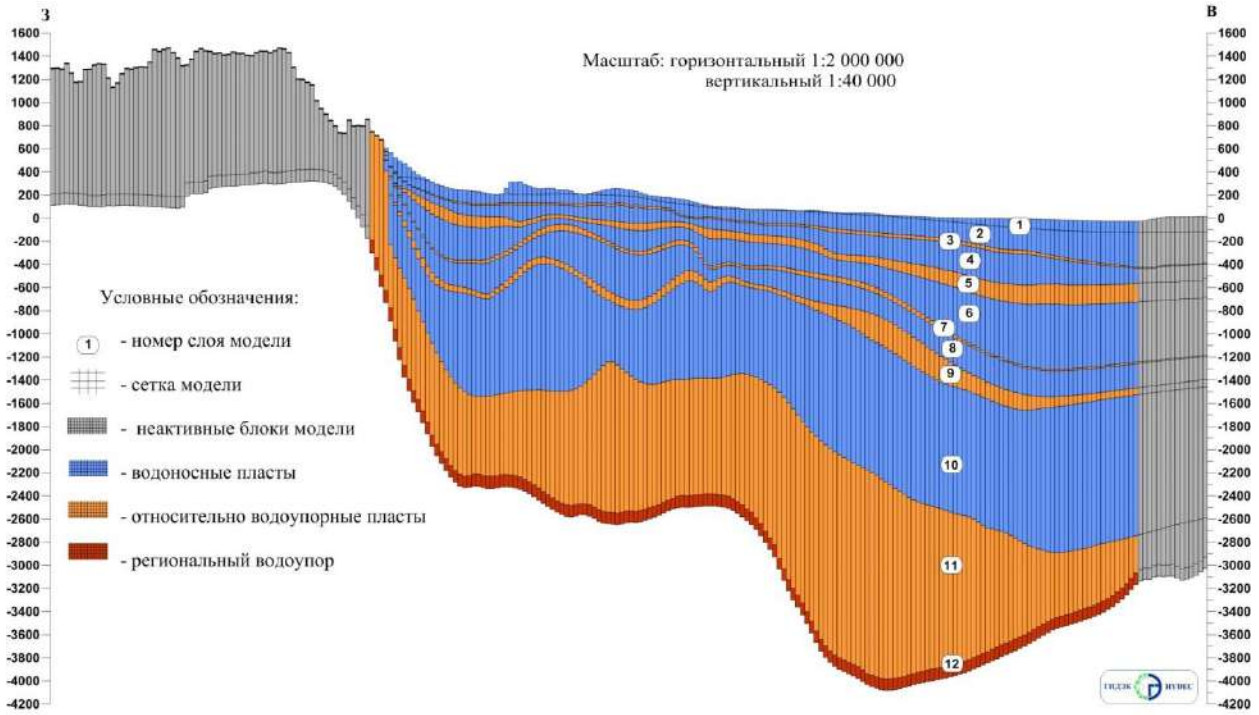


Рис.4. Вертикальная схематизация разреза численной модели ВПАБ.

Каждый из выделенных пластов включает в себя большое количество песчаных и глинистых прослоев, линз. При схематизации фильтрационной среды не проводилась детальная гид-

родинамическая стратификация разреза с выделением отдельных слабопроницаемых слоев и прослоев, а задавался обобщенный вертикальный коэффициент фильтрации K_z для каждого из выделенных водоносных пластов, что позволило реализовать на модели вертикальное движение подземных вод в зонах питания и разгрузки подземных вод (планово-пространственную структуру потока). Величина вертикального коэффициента фильтрации K_z в начальном варианте геофильтрационной схемы задавалась на один – два порядка ниже, чем K_x.

В начальном варианте геофильтрационной схемы по выделенным слоям разреза, представленного 12-ю слоями (пластами), были заданы горизонтальные (K_x) значения коэффициентов фильтрации, выведенные из карт водопроводимости, представленных в предыдущих книгах [отчет:…, 2016] (Папка 1, граф. 39-45).

Методика построения карт параметров фильтрации для моделирования геофильтрации описана в главе 10 настоящего отчета и соответствует общепринятой методике построения карт водопроводимости [Боревский Б.В.,1989 г.].

Техническая сторона методики построения карт сведена к следующему. Первоначально оцифрованные кары водопроводимости были переведены в формат.grd –файла (формат Surfer, v.9.0). Далее на основании построенных карты полных мощностей водоносных горизонтов были выведены.grd –файлы полных мощностей, после чего посредством математических операций в программе Surfer были построены карты коэффициентов фильтрации выделенных водоносных горизонтов с учетом всей мощности водонасыщенной толщи. Карты были встроены в геофильтрационную модель первоначально без изменений.

Таким образом, была учтена вся первичная информация по фильтрационным параметрам, накопившаяся за годы исследований региона. Как правило, на картах более детально и наиболее приближенно к реальности оконтурены участки с параметрами фильтрации на разведанных площадях. Остальные территории построены методом интерполяции и вполне правомерно могут быть изменены в процессе калибровки модели. При решении обратных задач старались по максимуму сохранить первичные характеристики, по крайней мере, на разведанных участках крупных месторождений, где подсчет запасов проводился методами математического моделирования с решением обратных задач.

Литература

1. Алибекова С.В. Отчёт о результатах работ по объекту «Оценка современного состояния месторождений питьевых и технических подземных вод нераспределённого фонда недр с целью приведения их эксплуатационных запасов в соответствие с действующим законодательством и нормативными правовыми документами на территории Ставропольского края». ОАО «Кавказгидрогеология» п. Иноземцево, 2011 г. СК филиал ФБУ ТФГИ по ЮФО. 250 с.

2. Боревский Б.В., Язвин Л.С. Оценка обеспеченности населения Российской федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения // Методические рекомендации по проведению второго этапа работ. – М,: ГИДЕК, 1995.-61 с.

3. **Боревский**, **Б.В**. Оценка запасов подземных вод / [учебник для геологических факультетов университетов и горных вузов]. Серия: Учебник для вузов. Выща школа, **1989 г.** 407 с.

4. Курбанов М.К. "Родник" – "Ресурсы подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна и пути их рационального использования, предотвращение процессов загрязнения и истощения" // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 49. С. 196-209.

5. Курбанов М.К., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Мамаева А.С. Методы составления и структура базы данных для создания геоинформационных систем (гис) Терско-Кумского артезианского бассейна // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2009. № 55. С. 46-49.

6. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. Геоинформационные базы данных артезианских скважин Терско-Кумского артезианского бассейна // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1 (80). С. 93-103.

7. Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Мамаев А.С. Современное применение ГИС-технологий при мониторинге экзогенных процессов в Республике Дагестан // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 1 (76). С. 61-66.

8. Отчет «Разработка и создание постоянно-действующей модели Восточно-Предкавказского артезианского бассейна с оценки ресурсного потенциала питьевых и подземных технических вод и управление ресурсной базой таких вод» // Департамент по недропользованию по СКФО. г. Железноводск 2016. В 7 книгах. 1730 с.

9. Тимохин В.Г., Алибекова С.В. Отчѐт «О создании гидрогеологической карты Восточно-Предкавказского артезианского бассейна масштаба 1:500 000 с оценкой современного состояния подземных вод и защищѐнности источников водоснабжения», СК филиал ФГУ ТФИ по ЮФО, 2009 г.

10. Тимохин В.Г., Боревский Л.В. и др. Отчет об оценке ресурсного потенциала минеральных и пресных подземных вод минераловодского артезианского бассейна // Фонды ОАО «Кавказгидрогеология», 2006.

УДК 551.43
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-82-88

ОСОБЕННОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ НА ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

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

В статье рассмотрены особенности седиментации в пределах Терско-Кумской низменности. Показаны основные источники поступления и перераспределения материала на низменности. Впервые показано широкое развитие эоловых процессов перераспределения материала. В том числе за счет образования обширных песчаных покровов занимающих пространства в десятки тысяч гектар. Показано, что образование таких покровов происходит кратковременно, вплоть до одного сезона года. Для большей части почв региона предполагается доминирующее влияние эолового субстрата в их формировании.

Ключевые слова: Прикаспийская низменность, Кума, Терек, плейстоцен, голоцен, рельеф, почва, аллювий, эоловые процессы.

FEATURES OF SEDIMENTATION IN THE TEREK-KUMA LOWLAND

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

The article discusses the features of sedimentation within the Terek-Kuma lowland. The main sources of receipt and redistribution of material in the lowlands are shown. For the first time, the widespread development of aeolian processes of material redistribution has been shown. Including due to the formation of vast sandy covers occupying spaces of tens of thousands of hectares. It has been shown that the formation of such covers occurs for a short time, up to one season of the year. For most of the soils in the region, the dominant influence of the aeolian substrate in their formation is assumed.

Key words: Caspian lowland, Kuma, Terek, Pleistocene, Holocene, relief, soil, alluvium, aeolian processes.

Объект исследований.

Терско-Кумская низменность отличается специфическим режимом седиментации. Район исследований занимает часть Прикаспийской низменности между реками Терек на юге и Кума на севере, с востока ограничен голоценовой дельтой реки Терек и береговой зоной Каспийского моря. Граница на западе определяется условно по наличию сплошного покрова лессовых пород, контрастирующих с преимущественно аллювиальными переработанными эоловыми процессами породами с востока, на отдельных участках выделение западной границы условно. Накопление вещества происходит в условиях интенсивного, но дифференцированного прогибания в течение большей части плейстоцена. Седиментация происходит в морской среде, в реках, в эоловых процессах.

На низменности накапливается морской материал, который формирует серию разновозрастных поверхностей позднего плейстоцена, связанных с разными стадиями хвалынского моря (Рычагов, 2014).

Существенно большее значение для юга Прикаспийской низменности в целом и для Терско-Кумской низменности в частности имеют аллювиальные отложения (Идрисов, 2013). Среди них можно выделить аллювий реки Кума и ее дериватов на севере региона и аллювий реки Терек на юге региона. Отличительной особенностью кумского аллювия является его преимущественно кварцевый состав и желтый цвет песка, из него в целом сложены Кумские и Бажиганские пески. Отличительной особенностью терского аллювия является его состав из обломков сланцев и песчаников юрского возраста высокогорий Кавказа, соответственно цвет этого аллювия светло-серый из него сложен Терский песчаный массив. Определенное значение играет и палеорусло отходящее от долины реки Малка (через низовья реки Золка) к реке Кума, а

также ее восточный рукав – широкая долина по которой протекает небольшая река Кура. Однако этот источник можно объединить с аллювием реки Терек.

Вдоль условно выделяемой долины реки Кума можно отметить несколько генераций древних дельт, которые приурочены к различным стадиям хвалынского моря (рис. 1). Эти дельты фиксируются расширенными участками в которых развивается эоловая переработка с образованием котловин в которых сформированы озера и солончаки. Непосредственно первичный аллювиальный рельеф в пределах таких дельт вероятно отсутствует. Всего можно выделить четыре палеодельты приуроченные к уровням моря +6, -2м, -12м, -16м. Эти стадии соответственно: +6 это последняя из раннехвалынских, -2м – Махачкалинская, -12м – Сартасская, -16м – Дагестанская (Рычагов, 2014). Среди всех стадий Каспийского моря этого периода отсутствует только дельта, приуроченная к уровню – 6м (Кумская стадия), причины этого нам неизвестны. Возможно роль играло формирование различных магистральных русел Кумы в разное время. Палеодельты в пределах Прикаспийской низменности выделяются и для реки Урал (Тургумбаев, Турикешев, 2018). Для реки Волга выделение палеодельт хвалынского этапа во многом затруднено и по этому вопросу сформулированы различные представления (Доскач, 1979; Лобачева и др., 2023). Однотипный характер дельты раннезвалынского этапа (самая верхняя) и трех остальных дельт позднехвалынского этапа показывает о схожих особенностях осадконакопления в этом регионе в это время. Кроме собственно дельт аллювий Кумы интенсивно вовлекался в береговые процессы и к настоящему времени широко распространен за пределами собственно дельты или долины реки. Фактически подавляющая часть субстрата в пределах первых десятков километров к северу и к югу от р.Кума сформирована в основном ее аллювием. Ареалы распространения аллювия залегающего in situ или перенесенного морскими или эоловыми процессами для рек Кума и Терек схематично показаны на рис. 1. Для региона в целом имеются лишь обзорные геоморфологические работы с выделением нескольких песчаных массивов и равнин между ними (Физическая география…, 1972).

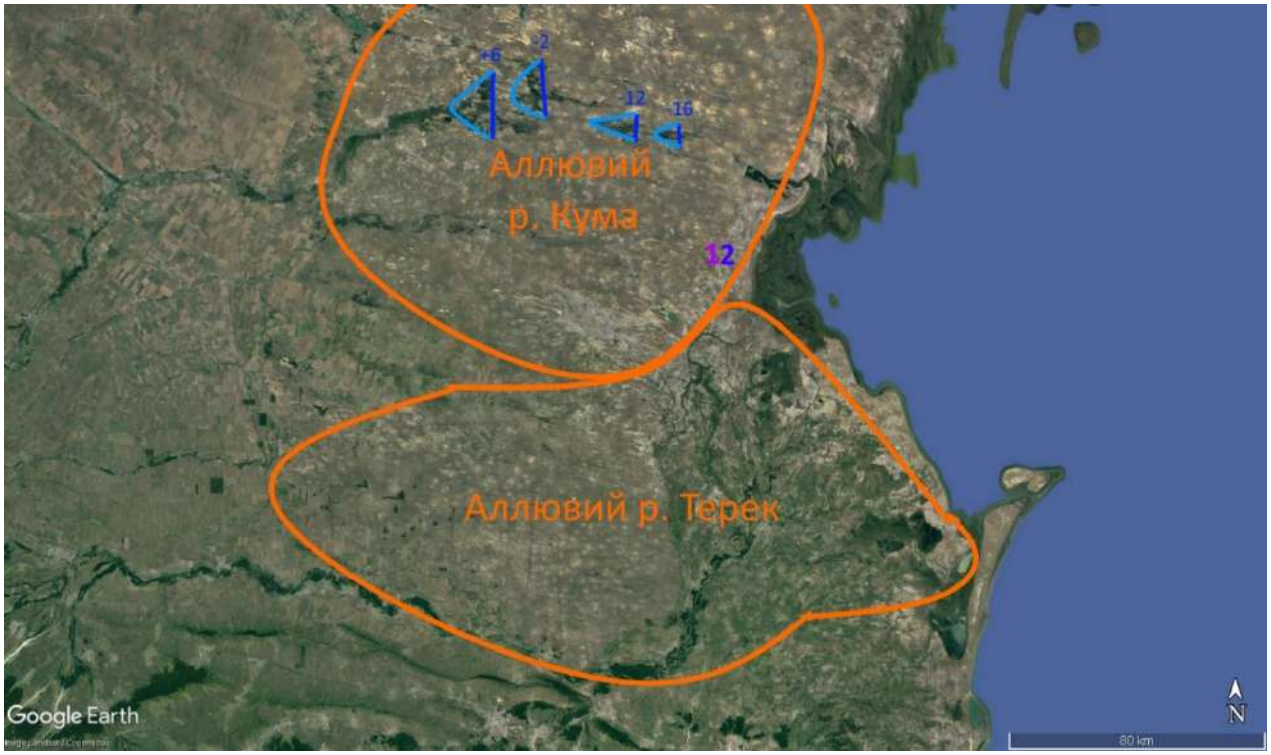


Рис. 1. Космоснимок района работ

Эоловая переработка отложений и формирование новых форм рельефа ярко представлена в пределах Терского песчаного массива. Здесь высота эоловых форм достигает 20м, а их протяженность – первых километров. В других частях эоловые формы формируют рельеф с меньшей амплитудой, но в целом эоловая переработка по нашим данным характерна для всей области исследований.

Для северной части низменности (в целом в пределах района, отмеченного как аллювий р. Кума на рис. 1) широко развиты процессы развеивания морских террас с образованием протяженных линейных форм отрицательных и положительных. Отрицательные формы заняты солончаками либо озерами, особенно вблизи артезианских скважин. Амплитуда рельефа достигает 2-5м. Все подобные формы вытянуты с юго-востока на северо-запад в соответствии с доминирующими направлением ветров (рис 2). На протяженных положительных формах, сохранившихся от дефлирования морских террас, часто расположены животноводческие кутаны и артезианские скважины. Также к ним приурочены многочисленные ареалы современного развеивания. Хорошо заметно, что направления современных ареалов развеивания и древних ареалов развеивания совпадают (рис. 2). Соответственно восточный край хвалынских морских равнин приобретает своеобразный фестончатый облик. Также можно отметить что в восточной части значительно больше доля дефлированных участков, то есть понижения занятых в основном солончаками. При движении на запад относительная доля дефлированных участков снижается. Для лежащих севернее регионов широко распространены древние формы рельефа – бэровские бугры. На отдельных их разностях развиты современные эоловые формы рельефа. Однако там хорошо заметно несовпадение направлений древних форм (почти строго с запада на восток) и современных форм (направление с северо-запада на юго-восток). При этом современные эоловые формы по всей территории запада Прикаспийской низменности (в том числе и на Терско-Кумской низменности) имеют одно направление. Полевые исследования и анализ космоснимков однозначно показывают что все подобные формы имеют очаг дефлирования в юго-восточном секторе с переносом и аккумуляцией материала в северо-западный сектор.

Рис. 2. Восточная периферия хвалынских морских террас.

В пределах низменности ярко проявляется опустынивание. Этот термин имеет широкое толкование, но в основном его связывают с развитием на поверхности открытых песков лишенных растительного покрова (Kulik et al., 2013). Образование таких территорий по нашему мнению проходит за счет резкой активизации эоловых процессов. В основном связанных с формированием обширных эоловых песчаных покровов. Ограниченную роль играет формирование участков развеивания, часто приводящих к образованию ярдангов (рис. 3). В ходе наших исследований большое внимание было уделено особенностям современных эоловых процессов в связи с подобными процессами.

Рис. 3. Ареал развеивания на Терско-Кумской низменности с образованием ярдангов.

Методы.

Для установления динамики накопления эоловых отложения проводился анализ космоснимков разных дат на предмет установления участков с формированием открытых песков. По данным исследователей масштабный период формирования таких песков (опустынивание – опесчанивание) пришелся на 2020 год (Шинкаренко и др., 2022; Биарсланов и др., 2023). Нашей задачей было установление и изучение участков где открытые пески отсутствовали в 2019, появлялись в 2020, вновь исчезали к 2023году. Исследователи отмечают, что максимум опустынивания в 2020г привел к образованию «очагов опустынивания» на площади 240 тысяч гектар, а к 2021г «восстановление очагов опустынивания» произошло на площади порядка 170 тыс.га (Биарсланов и др., 2023). Вероятно, под «очагами опустынивания» понимают участки появления открытых песков лишенные растительности. Изучение таких «восстановленных» участков позволит установить реальные особенности процессов эолового перемещения наносов в современности.

В дальнейшем проводились полевые работы на выбранных участках (рис. 2). Для участков сравнивалось сравнение разрезов в двух локациях. Для выбора участков проводилось сравнение трех хроносрезов (рис. 3, 4, 5). Эти срезы показывают территори где где открытые пески отсутствовали в 2018г (рис. 3) сформировались в 2020г (рис. 4), а к 2023г они исчезли (рис. 5).

Участок закладывался в пределах одной формы рельефа. Которая представляет собой гряду вытянутую с юго-востока на северо-запад. Ширина в пределах 1 км. Превышение над окружающими понижениями порядка 4м, понижения заняты соровым солончаком, в отдельных участках временным озером. Поверхность гряды плоская. Перепад высот в пределах нескольких сантиметров. По вершине гряды проложена грунтовая автодорога. Участок 1 представляет собой фон. Участок 2 представляет собой участок с образованием и исчезновением открытых песков.

Рис. 3. Район работ 28 ноября 2018г.

Рис. 4. Район работ 12 ноября 2020г.

Рис. 5. Район работ 28 сентября 2023г.

Результаты.

В ходе работ были заложегы профили 1 и 2 (рис. 5). Ландшафтный облик в пределах профилей на момент исследований однотипный. Профили вскрыли верхнюю часть отложений на глубину порядка 50 см (рис. 6). В основании профилей вскрыты слабоструктурированные пески желтого цвета. Ниже приводится описание профилей.

Рис. 6. Профиль 1. Профиль 2

Рис. 7. Верхняя часть профиля 2.

Профиль 1. В 2 км на юго-восток от зимовья колхоза Дамадаева.
0-7 см Серо-желтый. Песок. Множество корней.

7-11 см. Серо-желтый осветленный. Песок. Граница языковатая.
11-27 см. Каштановый. Супесь. Граница мелкоязыковатая.
27-40 см. Желто-каштановый. Супесь. Слабоуплотненный.
Профиль 2. В 3 км на юго-восток от зимовья колхоза Дамадаева.
0-2 см. Желтый. Песок. В основании макроостатки растений.
2-8 см. Серо-желтый. Песок. Корни растений.
8-12 см. Серо-желтый. Песок. Граница-языковатая.
12-33 см. Желто-каштановый. Слабоуплотненный.
33-50 см. Желтый. Песок. Слабоуплотненный.

В целом профиль 2 отличается большей мощностью, меньшей интенсивностью окраски и меньшей структурированностью. Также ярко выделяется горизонта песка мощностью 2-3см на поверхности. Заметно что этот горизонт погребает макроостатки растений и поверхность почвы, существовавщей до его накопления. Механизм закрепления пыли на растительном покрове окружающем, область выдувания описан в литературе по седиментологии (Pye, 1987) и используется в качестве базового для описания накопления эоловой пыли современных лессовых пород. Отмеченный поверхностный слой песка представляет собой отложения пыльно-песчаных бурь 2020г, которые прекрасно видны на рис. 4 и отмечаются в качестве «очагов опустынивания». Однако само такое погребение почвы и растительности не было фатальным. При восстановлении благоприятных условий растения проросли сквозь слой эолового наноса и дают картину восстановления территории после «опустынивания». Профиль 2 расположен ближе к дефляционному очагу в окрестностях фермы. Соответственно для него можно предполагать, что процессы засыпания почвы песком проходили многократно. Это вероятно сказалось в особенностях профиля.

Работа выполнена в рамках госзадания Института геологии ДФИЦ РАН № 1021060808491-6-1.5.6.

Литература

1. Физическая география низменного Дагестана. Махачкала. 1972. 172с.
2. Доскач А. Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука, 1979. 142 с.
3. Pye K. Aeolian dust and dust deposits //Academic Press. 1987. 334 с.
4. Идрисов И.А. О структуре рельефа юго-запада Прикаспийской низменности // Аридные экосистемы. №1. 2013. С.36-43. DOI: 10.1134/S2079096113010101.
5. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G., Geoinformation analysis of desertification hotspots in Astrakhan oblast // Arid Ecosystems, 2013, Vol. 3, No. 3, pp. 184–190, DOI: 10.1134/S2079096113030074.
6. Рычагов Г.И. Хвалынский этап в истории Каспийского моря // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2014. № 4. С. 3-9.
7. Тургумбаев А.А., Турикешев Г.Т.Г. О развитии бассейна р. Урал на территории Прикаспийской низменности // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 2. С. 123-131.
8. Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Берденгалиева А. Н., Дорошенко В. В. Спутниковый мониторинг опустынивания на юге европейской России в 2019–2022 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 319–327. DOI: 10.21046/2070‑7401‑2022‑19‑5‑319‑327.
9. Лобачева Д.М., Бадюкова Е.Н., Макшаев Р.Р. Положение проток палеодельты Волги в конце хвалынского времени по геоморфологическим данным // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29, № 3. С. 24-35.
10. Биарсланов А.Б., Шинкаренко С.С., Гаджиев И.Р. Картографирование и анализ сезонной динамики площадей опустынивания на севере Дагестана по ежемесячным композитам Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 1. С. 160-175.

УДК 662.998
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-89-95

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ И СТАРЕНИИ ПОЛИСИЛИКАТНЫХ РАСТВОРОВ

Тотурбиев[1] Б.Д., Журавлев[2] М.М.
[1]Институт геологии ДФИЦ РАН,
[2]Дагестанский государственный технический университет

В статье отмечается, что устойчивые растворы полисиликатов с модулем выше 4, нельзя получить растворением в воде соответствующих силикатов щелочных металлов. Наиболее простой и распространенный путь получения полисиликатных растворов заключается во взаимодействии высокоактивных форм кремнезема, например частиц SiO_2 коллоидных размеров, смешивании стабилизированных растворов коллоидного кремнезема (золей) с гидроксидами щелочных металлов или водными растворами щелочных силикатов (жидкими стеклами). Однако полученные таким способом полисиликаты натрия и калия показывают нестабильность реологических свойств при хранении: после приготовления такие растворы довольно быстро теряют подвижность и превращаются в гели. Единственным промышленным способом получения устойчивых силикатных растворов возможна с катионами: LiOH, NR4OH, которые могут храниться месяцами и даже годами. Приводиться характер процессов, которые происходят при образовании и старении полисиликатных растворов, зависящий от силикатного модуля.

Отмечается возможность исключение необходимости придание агрегативной устойчивости полисиликатам натрия путем получения полисиликатов натрия на уровне наночастиц непосредственно в самой композиции любой модульности, и, следовательно, снижения концентрации щелочного составляющего Na_2O в массе вяжущего что, в конечном счете, должно привести к повышению водостойкости, морозостойкости а также огнеупорности и термостойкости огнеупорных материалов.

Ключевые слова: полисиликатные растворы, полисиликаты натрия, калия и лития, силикатный модуль, кремнезоль, четвертичный аммоний, гели, коллоидные частицы, устойчивость к агрегации частиц.

PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES OCCURRING DURING PRODUCTION AND AGING OF POLYSILICATE SOLUTIONS

Toturbiev[1] B.D., Zhuravlev[2] M.M.
[1]Institute of Geology, Far Eastern Federal Research Center, Russian Academy of Sciences,
[2]Dagestan State Technical University

The article notes that stable solutions of polysilicates with a modulus higher than 4 cannot be obtained by dissolving the corresponding alkali metal silicates in water. The simplest and most common way to obtain polysilicate solutions is the interaction of highly active forms of silica, for example, SiO2 particles of colloidal sizes, mixing stabilized solutions of colloidal silica (sols) with alkali metal hydroxides or aqueous solutions of alkali silicates (liquid glasses). However, sodium and potassium polysilicates obtained in this way show instability of rheological properties during storage: after preparation, such solutions quite quickly lose mobility and turn into gels. The only industrial way to obtain stable silicate solutions is possible with cations: LiOH, NR4OH, which can be stored for months and even years. The nature of the processes that occur during the formation and aging of polysilicate solutions, depending on the silicate module, is given.

It is noted that it is possible to eliminate the need to impart aggregative stability to sodium polysilicates by obtaining sodium polysilicates at the level of nanoparticles directly in the composition itself of any modularity, and, therefore, reducing the concentration of the alkaline component Na2O in the binder mass, which, ultimately, should lead to increased water resistance, frost resistance, and fire resistance and heat resistance of refractory materials.

Keywords: polysilicate solutions, sodium, potassium and lithium polysilicates, silicate module, silica sol, quaternary ammonium, gels, colloidal particles, resistance to particle aggregation.

Известно, что полисиликатные растворы являются переходными от истинных растворов к коллоидным. Для них значения силикатного модуля находятся в условных пределах от 4 до 30. В этих растворах кремнезем представлен в разнообразных формах - от ионов низкополимерных поликремниевых кислот до коллоидных частиц SiO_2 [1-5].

Получение полисиликатных растворов заключается в смешивании стабилизированных растворов коллоидного кремнезема с гидроксидами щелочных металлов или водными растворами щелочных силикатов.

Образование полисиликата из кремнезоля происходит в результате растворения коллоидных частиц SiO2; при этом скорость растворения зависит от pH и температуры коллоидной системы, размера и природы золевых частиц. Соответственно, изменения в полимерном составе таких растворов могут происходить в течение более или менее длительного времени после их приготовления и сопровождаются изменением во времени

их реологических свойств. В наибольшей степени это характерно для концентрированных растворов полисиликатов натрия и калия, которые демонстрируют нестабильность реологических свойств при хранении: после приготовления такие растворы довольно быстро теряют подвижность и превращаются в гели.

Гораздо большей стабильностью в широком диапазоне значений силикатного модуля обладают водные растворы силикатов лития и силикатов четвертичного аммония (СЧА).

По аналогии с другими силикатами, СЧА представляют формулой $nSiO_2$ $(NR_4)2O$, где R может быть радикалом алифатического или ароматического ряда, например, CH3, C_2H_5, C_2H4OH и т.д. В принципе радикал может быть любой природы, что обуславливает многообразие этих систем.

Растворение активного кремнезема (в виде аэросила, коллоидного SiO_2 или других форм) в водных растворах LiOH или оснований четвертичного аммония NR4OH является единственным промышленным способом получения силикатных растворов с этими катионами:

$2LiOH + nSiO_2 = Li_2O\ nSiO_2 + H_2O$

$2NR4OH + nSiO_2 = (NR_4)_2O\ nSiO_2 + H_2O$

Приготовленные растворы могут храниться месяцами и даже годами

Как уже отмечалось, устойчивые силикатные растворы с модулем выше 4 – полисиликаты - нельзя получить растворением в воде соответствующих силикатов щелочных металлов. Простой и наиболее распространенный путь получения полисиликатных растворов заключается во взаимодействии высокоактивных форм кремнезема, например частиц SiO_2 коллоидных размеров, смешивании стабилизированных растворов коллоидного кремнезема (золей) с гидроксидами щелочных металлов или водными растворами щелочных силикатов (жидкими стеклами) [6-8,10]. Вообще говоря, таким способом можно получать системы практически с любыми значениями SiO_2/M_2O, - как выше, так и ниже 4. В этих растворах содержание SiO_2 может составлять 30-50% и более. При молярном отношении SiO_2/M_2O менее 3.5-4 образуются растворы, аналогичные жидким стеклам, обладающие стабильными реологическими характеристиками. Состояние раствора с модулем выше 4 зависит от того, какой катион был введен при его приготовлении, и какова его концентрация. Разбавленные растворы, и в особенности - растворы полисиликатов лития, сохраняют стабильность длительное время. Вязкость концентрированных растворов полисиликатов натрия и калия быстро возрастает во времени, и они превращаются в гели. В этом состоит важное отличие полисиликатных растворов от жидких стекол (последние застудневают при более высоких концентрациях). Недостатком полисиликатных систем заключается в том, что они не выдерживают длительного хранения. Промышленно выпускаемые растворы полисиликата натрия с модулем порядка 5 и содержанием SiO_2, не превышающим 20%, мас. обычно имеют срок хранения до полугода. Более концентрированные растворы превращаются в гели намного быстрее.

Ниже приведены хорактер процессов, которые происходят при образовании и старении полисиликатных растворов, в зависимости от силикатного модуля.

Диаграмма на рисунке 1 представляет состояние систем, образованных из промышленных золей кремнезема (30-50 мас.% SiO_2) и КОН в широком диапазоне значений силикатного

модуля, по прошествии нескольких месяцев с момента приготовления. В соответствии с этим рисунком, образуемые системы демонстрируют постепенный переход от твердых коллоидных гелей, непрозрачных коагуляционных структур, к стекловидным гелям-студням и вязким жидкостям.

При старении систем, образуемых смешиванием коллоидного SiO_2 с гидроксидом калия при мольном отношении SiO_2/K_2O в пределах от 4 до 6 (область 3 на рисунке 1), формируются гели, по физическим свойствам соответствующие стеклообразному состоянию. Гели имеют раковистый излом, характерный для стекла, и в зависимости от содержания воды и соотношения SiO_2/K_2O могут быть более или менее твердыми, хрупкими; при умеренном нагревании (до 60 ^{0}C) несколько размягчаются. Прочность и твердость образуемых гелей тем выше, чем выше в них содержание SiO_2. Слева эта область граничит с жидкими стеклами (область 4), образующими стекловидные продукты и пленки при более глубоком обезвоживании (область 5).

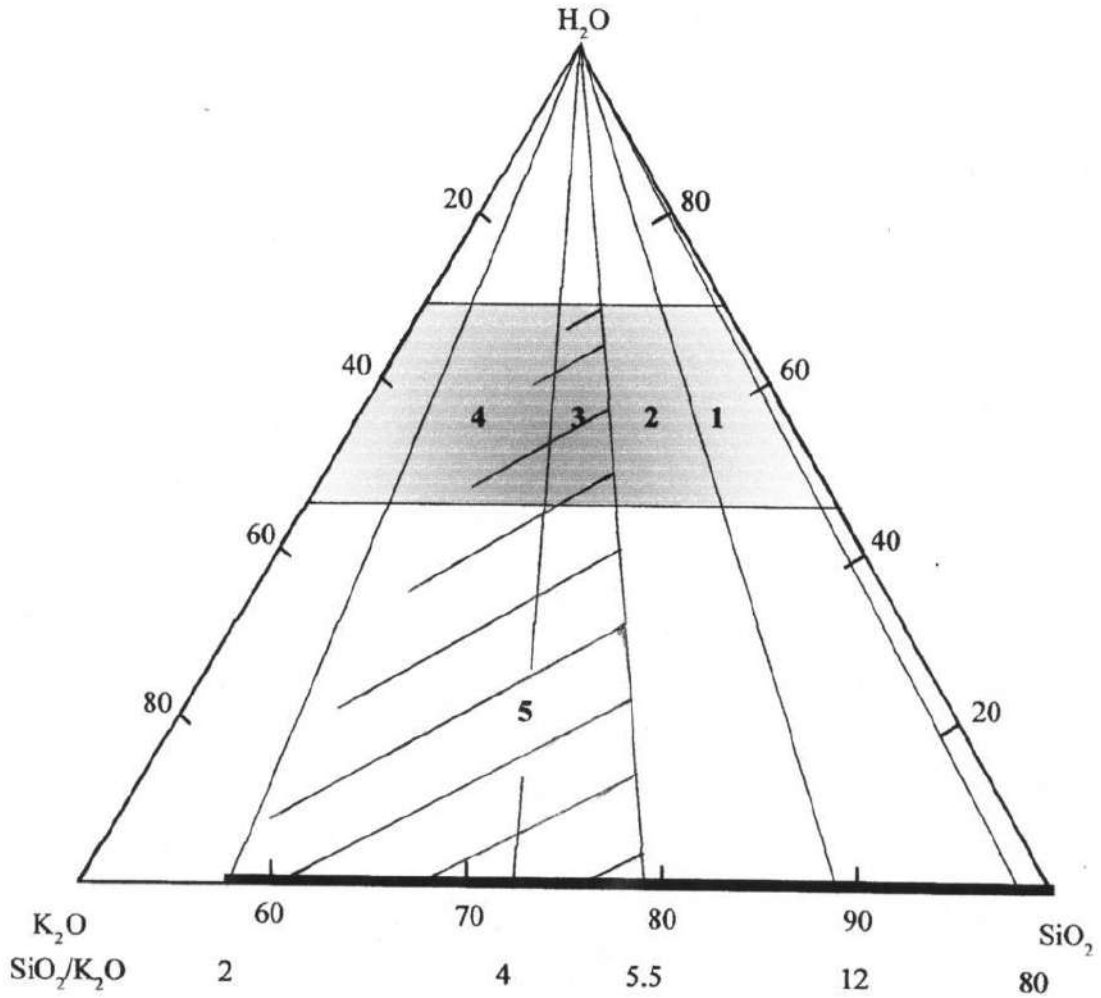


Рис. 1 – Структуры, образуемые взаимодействием золей кремнезема и КОН: *1* – хрупкие гели из коллоидных частиц SiO_2, *2* – коагуляционные непрозрачные структуры, *3* – стекловидные полисиликатные студни, *4* – вязкие жидкости (жидкие стекла), *5* – стекловидные гидратированные силикаты.

Жирной линией и штриховкой обозначены области стеклования соответственно в системах K_2O-SiO_2 и K_2O-SiO_2-H_2O. Область составов в системе K_2O-SiO_2-H_2O, получаемых взаимодействием промышленных золей кремнезема и КОН, выделена серым цветом.

В системах этого типа первоначально (после смешивания раствора SiO_2 и КОН) создаются высокие значения pH (до 14), что обеспечивает высокую скорость растворения коллоидных частиц SiO_2: гидроксид-ион участвует в разрыве силоксановых связей (в соответствии с реакциями 1 и 2) и переводит образующийся низкополимерный кремнезем в раствор в виде остатков низкополимерных и олигомерных поликремниевых кислот. В результате щелочность снижается и стабилизируется в области значений pH порядка 11.5-12; участие ионов OH^- в процессе деполимеризации коллоидного SiO_2 отчасти компенсируется высвобождением гидроксид-ионов в реакции гидролиза (реакция 2) и при конденсации остатков кремниевых кислот по мере их накопления в растворе (реакция, обратная 1).

По Айлеру [1], растворение кремнезема в водных средах имеет отличную от нуля скорость при pH более 10.7. Таким образом, хотя с понижением активности гидроксид-ионов скорость растворения частиц становится значительно ниже, однако процесс растворения постепенно продолжается вплоть до полного исчезновения дисперсной фазы.

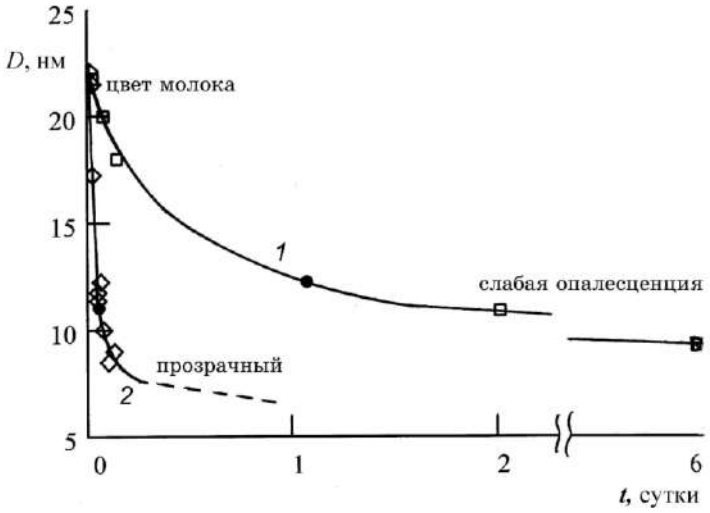


Рис.2–Кинетика изменения размеров коллоидных частиц в полисиликатных растворах, приготовленных из кремнезоля с размерами частиц 22 нм (Ludox CL-X) и хранившихся при температуре 20 (1) и 60 ^{0}C (2). Черными кружками обозначены точки гелеобразования.

Как видно из рисунка 2, при обычной температуре наиболее существенные изменения коллоидного состояния SiO_2 в рассматриваемом полисиликатном растворе происходят в течение 1-2 сут, при умеренном нагреве (60 ^{0}C) – уже в течение первых нескольких часов, когда скорость растворения частиц наиболее высокая. К этому времени полисиликатные растворы переходят в гелеобразное состояние.

Расчеты показывают, что доля кремнезема, перешедшего с коллоидных частиц в раствор к моменту гелеобразования, составляет порядка 85%. Таким образом, большая часть кремнезема переходит в раствор до его превращения в гель, однако растворение кремнезема постепенно продолжается и на более поздних стадиях.

По мере того, как в растворе увеличивается содержание продуктов деполимеризации коллоидного кремнезема и уменьшается щелочность, возрастает скорость образования вторичных высокополимерных гидратированных форм SiO_2. Взаимодействие различных по полимерному состоянию гидратированных форм кремнезема между собой приводит к тому, что в полисиликатном растворе начинают развиваться процессы гелеобразования. Через некоторое время после приготовления вязкость раствора возрастает, система теряет текучесть и постепенно застудневает. Точкой гелеобразования считают момент времени, когда мениск перестает смещаться при наклоне емкости с полисиликатным раствором.

Процесс растворения золевых частиц является ключевым в формировании гелей этого типа. В этом случае гелеобразование является следствием формирования гомогенной пространственной структуры из остатков кремниевых кислот различной степени полимерности и обводненности, образуемых при растворении коллоидных частиц SiO_2 в условиях высокой щелочности; эти процессы можно считать аналогичными тем, которые происходят при образовании и стекловании силикатных расплавов. Можно также провести аналогию с застудневанием растворов некоторых органических полимеров, вследствие чего гели подобного типа было бы более корректно называть студнями.

Образуемые высокополимерные ионы кремниевых кислот и щелочные катионы взаимодействуют между собой непосредственно, через окружающие их гидратные оболочки и прослойки из молекул воды, что приводит к образованию стеклоподобных студней, состояние которых тем в большей степени соответствует твердому телу, чем меньше в них содержится воды. Для систем с фиксированным содержанием воды и различными значениями силикатного модуля выполняется следующая закономерность: чем выше силикатный модуль, тем выше температура стеклования. При фиксированном значении силикатного модуля повышение содержания воды приводит к снижению температуры стеклования системы. Эти закономерности находятся в полном соответствии с тем, насколько сложен полимерный состав кремнекислородных фрагментов и насколько велико межмолекулярное взаимодействие между этими фрагментами в образуемых системах.

Если системы с модулем порядка 5 легко превращаются в прозрачные студни при содержании воды до 60-70%, системы с модулем ниже 4 (жидкие стекла), обладающие более простым полимерным строением, при такой концентрации сохраняют состояние подвижной или вязкой жидкости вплоть до точки 0 ^{0}С. Вблизи этого значения происходит кристаллизация раствора. Очевидно, точка стеклования этих систем должна располагаться в области отрицательных значений температуры. При обычной температуре для перевода в стеклообразное состояние такие системы, приготовленные из коммерческих золей кремнезема, необходимо обезвоживать до содержания воды 30-40 мас.% (область 5).

Совершенно иначе развиваются процессы гелеобразования в высокомодульной области. При небольших количествах КОН (когда введение гидроксида калия в коллоидный раствор SiO2 не приводит к повышению pH всей системы более 12), образуются хрупкие твердые гелеобразные структуры, которые преимущественно остаются коллоидными (область 1 на рисунке 1) и сохраняют оптическую плотность исходных коллоидных растворов. По своей структуре они аналогичны гелям, которые образуются при старении золей SiO_2 или при их дестабилизации электролитами. В данном случае роль КОН сводится в основном к функции добавки-электролита. При смешивании золей кремнезема с КОН дестабилизация системы и образование геля происходит при мольном отношении SiO_2/K_2O менее 70-90^{0}С. Снизу область устойчивости гелей этого типа ограничивается значениями мольного отношения SiO_2/K_2O порядка 12-25. При таком относительно невысоком содержании КОН создаются условия для медленной коагуляции, при которой новые коллоидные частицы наиболее легко присоединяются к концам цепеобразных фрагментов, то есть в тех местах, где минимален энергетический барьер, обусловленный силами отталкивания. Золь превращается в гель в определѐнных точках контакта частиц путѐм формирования бесконечной сетки. В зависимости от мольного отношения SiO_2 к K_2O и температуры время гелеобразования может составлять от нескольких часов до нескольких суток.

Следует отметить, что в промышленности гели кремнезема получают из жидкого стекла, совмещая обе основные стадии – формирование золевых частиц и их объединение в сетчатые структуры. Однако некоторые виды силикагелей с относительной невысокой удельной поверх-

ностью получают дестабилизацией и гелеобразованием коммерческих коллоидных растворов SiO_2.

Водные студни и гели являются термодинамически неустойчивыми, неравновесными, системами. В области значений молярного силикатного модуля 3-12 можно говорить лишь о кинетической устойчивости этих систем, которая быстро уменьшается с возрастанием мольного отношения SiO_2/K_2O выше 5. Составы с мольным отношением SiO_2/K_2O от 6 до 11-12 первоначально образуют прозрачные твердые гели, которые довольно быстро коагулируют (особенно при повышенных температурах) в плотные непрозрачные структуры; в некоторых случаях этот процесс сопровождается синерезисом – усадкой геля с выделением жидкой фазы (область 2). По всей видимости, в указанном диапазоне значений силикатного модуля в растворе появляются определенные полимерные разновидности кремнезема, которые по мере образования постепенно объединяются в крупные плотные агломераты или коагулируют на не полностью растворившихся частицах кремнезема и система теряет прозрачность. В низкомодульных водных силикатах высокая щелочность, а следовательно – более простой полимерный состав, являются причиной их высокой устойчивости в отношении коагуляции. При значениях силикатного модуля выше 12, т.е. в системах, в которых растворение коллоидных частиц имеет низкую скорость или практически не происходит, устойчивость гелей по отношению к коагуляции также возрастает.

Важно понимать, что указанные границы между областями гелеобразования являются весьма условными: переходы от одних структур к другим имеют плавный характер, и вообще говоря, зависят от температуры и возраста системы. Можно говорить лишь о том, какие процессы преобладают при формировании тех или иных гелевых структур.

Таким образом, единственным промышленным способом получения устойчивых силикатных растворов возможна с катионами: LiOH, NR4OH. Как уже отмечалось, такие растворы могут храниться месяцами и даже годами.

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

В этой связи большая научно-исследовательская работа проводятся в Институте Геологии ДНЦ РАН, а именно, по разработке нанодисперсных полисиликатнатриевых композиций различного назначения [9, 11]. 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 Na_2O в массе вяжущего что, в конечном счете, должно привести к повышению водостойкости, морозостойкости обычных бетонов и огнеупорности, термостойкости, огнеупорных материалов на полисиликатах натрия.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР Рег. номер НИОКТР 1021060808460-6-1.5.6.

Литература

1. Айлер Р. Химия кремнезема: растворимость, полимеризация, коллоидные и поверхностные свойства, биохимия: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. Ч. 1. – 416 с.

1. Брыков, А.С. Силикатные растворы и их применение [Текст]: учебное пособие / А.С.Брыков. – СПб.:СПбГТИ(ТУ), 2009. – 54 с.

2. Vail J.G., Soluble Silicates (ACS Monograph Series), Vols. 1 and 2, Reinold New York, 1952.

3. Корнеев В.И., Данилов В.В. Жидкое и растворимое стекло. СПб.: Стройиздат, 1996. – 216 с.

4. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций. М:Стройиздат, 1988.

5. Субботкин М.И., Курицына Ю.С. Кислотоупорные бетоны и растворы на основе жидкого стекла. – М.: Стройиздат, 1967. – 135 с.

6. Адгезия. Клеи, цементы, припои / Под ред. Н. Дебройна, Р. Гувинка. Пер. с англ. – М.: Изд.ин.лит., 1954. – 584 с.

7. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 208 с.

8. Тотурбиев Б.Д., Тотурбиев А.Б. Карбидокремниевый жаростойкий бетоннаполисиликат натриевом. композиционном вяжущем // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31(50). Ч.2. Строительные науки. С.186.

9. Пестерников Г.Н., Максютин А.С., Пучков С.П., Обухова В.Б. Способ получения полисиликатов натрия (варианты) // Патент России №2124475. 1999.

10. Тотурбиев.Б.Д. Исследования клеящей способности композиционного связующего на полисиликатах натрия // Промышленное и гражданское строительство, №. 2012. С.59-61.

УДК 550.461
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-96-101

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЕЛИЯ В ПОПУТНОМ ГАЗЕ САМОИЗЛИВАЮЩЕЙСЯ СКВАЖИНЫ В ПУНКТЕ НАБЛЮДЕНИЯ КАРАМАН

Османова М. М., Алиева А.В.
Федеральный исследовательский центр
«Единая геофизическая служба Российской академии наук»,

В данной статье рассматриваются гидрогеохимические предвестники (ГГХП) землетрясений в артезианской воде из самоизливающейся скважины на территории Республики Дагестан. Проанализирована связь между ГГХП и параметрами землетрясений.

Ключевые слова: скважина, химический состав подземной воды, землетрясение, магнитуда, предвестник, гидрогеохимические предвестники (ГГХП).

RESEARCH OF THE VARIATIONS HELIUM'S CONCENTRATION IN THE ASSOCIATED GAS OF A SELF-DRAINING WELL AT THE KARAMAN OBSERVATION POINT

Osmanova M.M., Alieva A.V.
Federal Research Center
"Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences"

This article discusses the hydrogeochemical precursors (HGHP) of earthquakes in artesian water from a self-draining well in the Republic of Dagestan. Has been investigated relationship of the HGHP between the earthquake parameters and the ratio of magnitudes is analyzed.

Keywords: borehole, chemical composition of underground water, earthquake, magnitude, harbinger, hydrogeochemical harbingers (GGHP).

Введение

Республика Дагестан находится на Восточно-Европейской равнине Евразийского континента, занимает площадь Восточного Предкавказья, и располагается на северо-восточном склоне Большого Кавказа и юго-западе Прикаспийской низменности. По устройству поверхности Дагестану присуща вертикальная зональность, согласно которой территория делится на три основные физико-географические области: равнинную, предгорную и горную. Дагестан, сложенный мощной толщей разнообразных по составу осадочных горных пород мезозойского и кайнозойского возраста, характеризуется сложным геологическим строением (рис. 1). На его территории выделяются три основных тектонических элемента:

- восточная часть Скифской плиты эпигерцинской платформы;
- Терско-Каспийский передовой прогиб;
- северо-восточная часть мегантиклинория Большого Кавказа.

На Большом Кавказе происходят мощные землетрясения, вызванные тектонической активностью, связанной со столкновением Евразийской и Африканской плит. В силу этого, данная горная система является одной из наиболее активных сейсмических зон на территории России и соседних стран.

Химический состав попутных газов самоизливающихся артезианских скважин может быть весьма чутким индикатором изменения свойств и состояния горных пород в очаге землетрясения. Этот вопрос заслуживает специального внимания и может быть решен путем постановки специальной методической работы, причем наиболее информативными компонентами

газов могут быть водород, гелий (He), двуокись углерода и группа углеводородов метанового ряда, их необходимо рассматривать, как продукты, возникающие в неравновесных процессах в условиях существенно высоких температур и давлений на больших глубинах.

Проведение режимных наблюдений на скважинах и источниках с целью поиска корреляции вариации геохимических предвестников с сейсмическими событиями является одним из приоритетных направлений исследований по проблеме сейсмического прогноза.

Необходимо отметить, что геохимические эффекты не стабильны и их прогностическая ценность ниже, однако они могут быть перспективными при комплексном анализе, и чем обширнее он будет, тем более вероятностным и достоверным может оказаться сейсмопрогноз.

Особое внимание в группе геохимических предвестников заслуживает изучение характера выделения глубинных инертных газов, такие наблюдения максимально приближены к сопоставлению с сейсмичностью и прогноз может быть более достоверным. Интерес при решении этой задачи привлекают артезианские воды, режим этих вод наиболее стабилен и меньше подвержен месячным и сезонным колебаниям, а также загрязнению с поверхности в связи с тем, что они перекрываются относительно водоупорными породами.

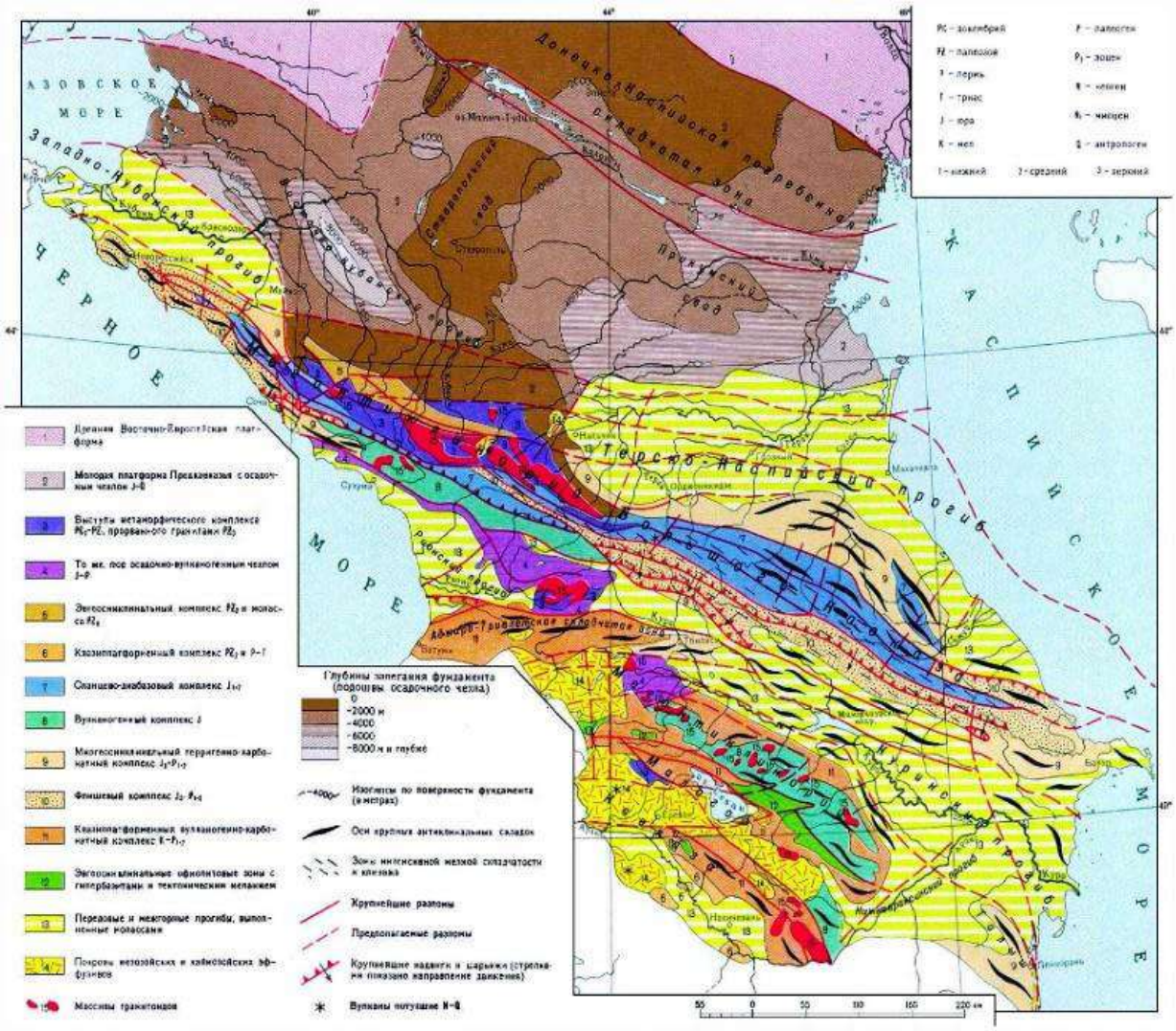


Рис. 1. Тектоническая карта Кавказа [10]

С целью установления связи геохимических предвестников на скважине геохимического пункта наблюдения в п. Караман ДФ ФИЦ ЕГС РАН (эксплуатационная глубина 640 м) с сейсмособытиями проводились режимные наблюдения за содержанием гелия в попутном газе.

Актуальность проведения режимных наблюдений на скважине обусловлена поиском гидрогеохимических предвестников землетрясений, являющихся одними из информативных показателей при прогнозировании сейсмособытий.

Территориально-геологическая характеристика скважины на н.п. Караман.

Участок сейсмостанции "Караман" находится в 30 км от города Махачкала, в районе речки "Кривая балка" (Кировский район г. Махачкалы). Местность н.п. Караман (Черные Камни) относится к Кумторкалинскому району Республики Дагестан. Располагается к северу от центра г.Махачкалы, на побережье Каспийского моря, возле устья реки Сулак, на Терско-Каспийском прогибе. Прогиб выполнен толщами мезозойских и кайнозойских отложений. Разрез, как правило, начинается с карбонатных и соленосных верхнеюрских образований мощностью до 1500 м, на которых залегают нижнемеловые песчано-глинистые (1400 м) и верхнемеловые карбонатные (до 1000 м) осадки [8]. Выше располагаются маломощные (до 200 м) палеоцен-эоценовые мергельноглинистые отложения и мощная, от 1800 до 5000 м, глинистая майкопская серия (рис.2.).

Рисунок 2. Географическое расположение н.п. Караман на карте Северо-Восточного Кавказа [6, 11]

При рассмотрении геологической и гидрогеологической карты РД мы находим, что данная территория представляет собой плиоцен-голоценовую складчатость неоген-четвертичного периода кайнозойской эры. В частности, гидрологические горизонты принадлежат водоносному голоценовому горизонту морских отложений, представленному песками, с прослойками ракушечника, глины и ила (рис.3.).

Рисунок 3. Гидрогеологическая карта прибрежной территории Каспийского моря [7]

Подземные воды образуются в результате инфильтрационных и конденсационных геологических процессов. Большое значение имеет инфлюация – поступление воды в недра Земли через крупные пустоты, щели, каналы.

Артезианские воды обладают напором, обусловленным условиями расположения геологических пластов водного бассейна. Наиболее часто встречается синклиналеобразная форма залегания пластов, среди которых чередуются прослои водопроницаемых песков и водоупорных глин.

Наблюдения за химическим составом артезианской воды осуществлялись отбором проб воды на самоизливающейся скважине геохимического пункта наблюдения в н.п. Караман ДФ ФИЦ ЕГС РАН, расположенной в области тектонической структуры «Дагестанский клин» (характеризующийся сложной и своеобразной структурой), в районе Махачкалинско-Тернаирской (н.п. Караман, табл.1) в 32 км. севернее от г. Махачкалы, с последующим выполнением химического анализа состава в лабораторных условиях.

Таблица 1.

Характеристика наблюдательной скважины Караман

Координаты Пункта	Глубина, м	Минерализация воды, г/л	Измеряемые показатели	Наблюдения
43.20 º 47.49 º	640	0,864	Не-гелий, N_2-азот, CH_4-метан	Ежедневно
			pH, сухой остаток, цветность, мутность, общая жесткость, кальций, магний, щелочность, гидрокарбонаты, карбонаты, хлориды, сульфаты, железо, нитраты, аммиак и ионы аммония, нитриты, кремний	Ежеквартально

Для измерения концентрации гелия ежедневно в 12 часов дня отбирались пробы. Так, в бутыль Вульфа отбиралась вода из скважины до краев, затем емкость переворачивалась для отбора попутного газа, который вытеснял воду. Далее проводились измерения на газовом хроматографе «Кристалл-2000М», расположенном в геохимическом пункте наблюдения. В результате таких мероприятий формируются временные ряды различных гидрогеохимических показателей, которые анализируются в сопоставлении с сильными землетрясениями.

Химический анализ воды проводился аккредитованной лабораторией «КЛЭМ» ДГУ (RA.RU.21ОТ43). Оценку качества подземных вод проводится ежеквартально в соответствии с требованиями [1]. Так как мониторинг режима подземных вод предполагает регулярные наблюдения (от одних, до нескольких суток) за состоянием подземных вод по гидрохимическим показателям, формирование временных рядов, их анализ и сопоставление с сильными землетрясениями проводились только по концентрации гелия. По результатам обработки полученных данных строятся графики вариаций концентраций, что дает возможность по характерным формам (бухтообразная, ступенчатая, импульсивная, скачкообразная) на графиках фиксировать возможные краткосрочные предвестники землетрясений.

Энергетический класс землетрясений, геолого-тектонические условия и эпицентральное расстояние определяют время проявления гидрогеохимических предвестников землетрясений. Для количественной оценки этого влияния, непосредственно в точке наблюдений, авторы [8,9], предложили рассчитывать условную энергетическую характеристику, позволяющую учитывать энергию землетрясения в пункте наблюдений в связи с его удаленностью от эпицентра землетрясения:

$$K' = K - 2.5\lg R,$$

где K – энергетический класс землетрясений; K′ – условная энергетическая характеристика сейсмического воздействия на точку гидрогеохимических наблюдений;

R – эпицентральное расстояние; 2.5 – коэффициент пропорциональности, полученный численным представлением номограммы Т.Г. Раутиан [8].

С учетом того, что перед землетрясениями в Республике Дагестан в вариациях концентраций растворенного в подземных водах гелия были обнаружены определенные закономерности, обусловленные экстремумами на графиках, мы рассматриваем их в качестве предвестников землетрясений. Нами рассматривались изменения концентраций гелия за несколько суток для поиска краткосрочных предвестников.

Именно в этот промежуток времени были отмечены экстремумы на графиках вариаций их содержаний, продолжительность времени от которых до сейсмического толчка, на наш взгляд, и соответствует краткосрочному предвестнику сейсмособытия.

Нами были рассмотрены 34 сейсмических события с энергетическими классами K ≥ 10 с эпицентральными расстояниями от 84 до 541 км до пункта гидрогеохимических наблюдений. При исследовании мы опирались на региональный каталог сейсмособытий. Было обнаружено, что только три землетрясения проявились на временном ряде концентрации гелия с условной характеристикой K′ ≥ 6 (табл. 2). А события, не внесенные в табл.1, не предварялись аномалиями концентрации гелия в подземных водах.

Таблица 2.

Землетрясения Восточного Кавказа, условная энергетическая характеристика которых в пункте гидрогеохимического наблюдения составляла K′ ≥ 6.

N, п/п	Дата землетрясения	Время (по Гринвичу)	Широта	Долгота	K	M	R, км	K′	Время экстремума, τ, сутки
11	03.07.23	20:01	41,7	49,07	13,81	5,45	211	8,0	2
22	03.09.23	16:36	40,85	48,35	12,6	4,78	199,5	6,9	1
33	19.10.23	07:12	42,44	49,39	12,49	3,72	219	6,6	1

Заключение

Причины колебания химического состава газов и вод связаны с возникновением упругих деформаций в очаге деформации, который, в свою очередь, представляет собой термодинамически неравновесную систему, влияющую на колебания химического состава газов и вод. Неравновесность этой системы определяется характером и интенсивностью геохимических процессов, мониторинг которых в этой зоне можно контролировать посредством разгрузки подвижных природных газов (H_2, He). Присутствие других газов и химических элементов зависит от резко меняющихся показателей давления и температуры. Повышение давления в водоносной системе происходят за счет многослойной дифференциации водопроницаемых и водоупорных слоев почвы. В результате сейсмических сотрясений происходит смещение пород, вследствие миграции пузырьков газа из порового пространства и увеличения проницаемости водовмещающих пород, а также за счет вертикальной и горизонтальной адвекции газов.

Полученные оценки пространственно-временной связи между проявлениями ГГХП и параметрами землетрясений могут быть использованы для более точного прогнозирования сильных землетрясений на территории Северо-Восточного Кавказа.

Очевидна необходимость развития метода гидрогеохимических наблюдений с целью:

- изучения вариаций химического и газового состава подземных вод на современном уровне;
- выявления связи между ГГХП и параметрами землетрясений.

Следует отметить, что необходимо продолжить мониторинг химического состава подземных вод для аналитического изучения и сопоставления получаемых данных и показателей сейсмоактивности рассматриваемого региона.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00576-21 с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

Литература

1. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

2. Войтов Г.И., Осика Г.Д., Гречухина Т.Г., Плотников И.А. О некоторых геологогеохимических последствиях дагестанского землетрясения 14 V 1970 г., Докл. АН СССР, 1972, том 202, номер 3, 576–579 с.

3. Ларионов А.К., Ананьев В.П. Основы минералогии, петрографии и геологии // Издательство Высшая школа – Москва, 1961 г. 400 с.

4. Копылова Г.Н., Юсупов Ш.С., Серафимова Ю.К., Шин Л.Ю., Болдина С.В. Гидрогеохимические предвестники землетрясений (на примере районов полуострова Камчатка, Россия, и Республики Узбекистан // ВЕСТНИК КРАУНЦ. НАУКИ О ЗЕМЛЕ. 2020. № 4. ВЫПУСК № 48. –Петропавловск-Камчатский, 2020 г. С. 5-20.

5. Геологическая карта Республики Дагестан // https: //vsegei.ru/ru/info/gisatlas/yfo/dagestan/50_geolk_Dagestan.jpg

6. Гидрогеологическая и литологическая карта акватории Черного и Каспийского морей // http://rasterdb.vsegei.ru/raster_info.php?id=14756

7. Под ред. В.Е. Хаина, В.И.Попкова. Тектоника южного обрамления Восточно - Европейской платформы Краснодар: Кубанский государственный университет. 2009. 213 с.

8. Барсуков В.Л., Беляев А.А., Бакалдин Ю.А, Игумнов В.А., Ибрагимова Т.Л., Серебренников В.С., Султанходжаев А.Н. Геохимические методы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1992. 213 с

9. Семенов Р.М., Лопатин М.Н., Чечельницкий В.В. Изучение концентраций растворенных гелия и радона в подземных водах Южного Прибайкалья в связи с сейсмическими процессами // Geodynamics & Tectonophysics 11 (1), 63–74.

10. https://triptonkosti.ru/18-foto/tektonicheskaya-karta-dagestana.html

11. https://vsegei.ru/ru/info/gisatlas/yfo/dagestan/

УДК 502/504
DOI: 10.33580/2541-9684-2023-95-4-102-106

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ВОСПИТАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Гаджибеков М.И.[1, 3], Атаев З.В.[2, 3, 4]
[1] Дагестанский государственный университет, г. Махачкала;
[2] Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала;
[3] Дагестанский государственный педагогический университет, г. Махачкала;
[4] Центр географических исследований КБНЦ РАН, г. Нальчик

В статье рассматриваются подходы к экологическому образованию и воспитанию школьников в системе особо охраняемых природных территорий. Использованы методы наблюдения, обобщения, тестирования, анализа теоретических источников. В ходе исследования выявлена эффективность предлагаемых компонентов и принципов экологического образования и воспитания. Установлено, что экологическое образование и воспитание призвано помочь школьникам изучать экологические вопросы и участвовать в решении проблем по улучшению окружающей среды.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, экологическое образование, компоненты экологического образования, окружающая среда, принципы экологического образования, устойчивое развитие.

SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS IN THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL EDUCATION OF SCHOOLCHILDRENS

Gadzhibekov M.I.[1, 3], Ataev Z.V.[2, 3, 4]
[1] Dagestan State University, Makhachkala;
[2] Institute of Geology FERC RAS, Makhachkala;
[3] Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala;
[4] Center for Geographical Research, KBSC RAS, Nalchik

The article discusses approaches to environmental education and upbringing of schoolchildren in the system of specially protected natural areas. Methods of observation, generalization, testing, and analysis of theoretical sources were used. The study revealed the effectiveness of the proposed components and principles of environmental education and training. It has been established that environmental education and upbringing is designed to help schoolchildren study environmental issues and participate in solving problems to improve the environment.

Keywords: specially protected natural areas, environmental education, components of environmental education, environment, principles of environmental education, sustainable development.

Исследования специалистов показали, что особо охраняемые природные территории (ООПТ) можно рассматривать как ресурс в системе биологического образования школьников. При этом образовательный и просветительский потенциалы ООПТ являются доминирующими, наряду с информационным, эстетическим, природоохранным, научным, кадровым и др.

Н.В. Мех, изучая возможности использования ООПТ для экологического образования школьников, определила, что содержательно-смысловое насыщение компонентов образовательной среды ООПТ происходит с учетом их специфических особенностей: высокая природная, средообразующая, культурная, научная, природоохранная, патриотическая, эталонная, этическая и эстетическая ценность ООПТ. В целом образовательная среда ООПТ обладает признаками «творческой среды свободной активности», «личностно-ориентированной» и «социально-активной» образовательной среды. При использовании образовательной среды ООПТ в целях экологического образования и просвещения приоритетом является соблюдение особенностей режима охраняемой территории и реализация природоохранной и научно-исследовательской функции ООПТ [1].

Основными целями эколого-просветительской деятельности на базе ООПТ являются:

– расширение знаний и представлений о природе родного края, об уникальной ценности природных территорий;

– развитие бережного и ответственного отношения к живой природе;

– вовлечение в практическую исследовательскую и природоохранную деятельность.

Каждый заповедник и национальный парк разрабатывает свою стратегию ведения эколого-просветительской работы, опираясь как на собственный эколого-образовательный потенциал, так и на реальные возможности с учетом особенностей ООПТ и региона, в котором она расположена.

Под образовательным потенциалом (ОП) заповедника или национального парка понимается совокупность природных, культурно-исторических и социально-экономических предпосылок для экологического образования и просвещения населения. Если рассматривать образовательный потенциал ООПТ с точки зрения педагогики, то можно констатировать, что они обладают достаточно высоким обучающим, воспитательным и развивающим потенциалом.

Однако непосредственное использование ООПТ в качестве объекта для организации познавательной, исследовательской и природоохранной деятельности учащихся имеет некоторые ограничения, связанные с режимом охраны этих территорий. В этой связи в практике эколого-просветительской работы ООПТ широко используется просветительская, исследовательская и природоохранная работа со школьниками на сопредельных территориях в тесном сотрудничестве с другими природоохранными организациями, а также с учреждениями образования и культуры. В рамках этого сотрудничества происходит внедрение в образовательный процесс актуальной природоохранной информации, накопленной специалистами ООПТ в рамках научной, охранной и эколого-просветительской деятельности [2].

Большое значение для эффективности экологического просвещения имеет и выбор форм и методов работы со школьниками. Большинство эколого-просветительских мероприятий, реализуемых в рамках деятельности современных ООПТ, имеют проектный характер. Проектная деятельность – один из наиболее эффективных видов учебно-исследовательской деятельности учащихся, в ходе которой происходит не только углубление экологических знаний, но и совершенствование исследовательских, природоохранных и коммуникативных умений, реализация которых возможна как в учебном процессе, так и в обычном социальном окружении [3].

Основной педагогический принцип, используемый при работе со школьниками на базе ООПТ – обучение через деятельность. Интерес ребенка к любому виду деятельности во многом определяется тем, насколько он уверен в конечном успехе и в своей личной роли в его достижении. Основной предпосылкой для развития интереса у школьников к участию в проектной деятельности является то, что каждый проект должен быть направлен на решение вполне конкретной локальной экологической проблемы.

Использование проектных технологий в образовательной и просветительской деятельности позволяет наиболее эффективно использовать образовательный потенциал ООПТ и способствует переводу ученика из пассивного объекта обучения в полноправного участника педагогического процесса, где он сам становится деятельной и творческой личностью. Весь образовательный процесс ориентирован на самореализацию личности учащегося, развитие его интеллектуальных качеств, творческих способностей и социальной адаптации в обществе через исследовательскую, природоохранную и социальную деятельность [2].

Учебная проектная деятельность является одним из эффективных средств подготовки учащихся к решению реальных проблем в сфере экологии. В рамках проектной деятельности учащиеся приобретают опыт организации собственной деятельности. Эколого-просветительские и природоохранные проекты имеют в основном прикладной характер и могут быть использованы для решения экологических проблем локального масштаба (на уровне села, участка реки, отдельного природного объекта и т.п.). Большое значение имеет обязательное публичное представление результатов проектной деятельности учащихся: в СМИ, на конференциях, в виде издания информационной эколого-просветительской продукции с использованием детских работ. Участ-

вуя в проектной деятельности, школьники, с одной стороны, сами приобретают новые знания, умения и навыки в сфере охраны природы и рационального природопользования, а с другой стороны, передают эти знания, «транслируя» результаты своих исследований и практической деятельности внутри своего социального окружения, тем самым, способствуя формированию общественного экологического сознания внутри своего социума [4].

Таким образом, привлечение к участию в проектной эколого-просветительской и природоохранной деятельности способствует формированию у подрастающего поколения ответственного отношения к природе, развитию умений анализировать экологические проблемы и прогнозировать последствия деятельности человека в природе, выработке активной гражданской позиции, основанной на чувстве сопричастности к решению социально-экологических проблем и ответственности за состояние окружающей среды.

Направления проектной деятельности на базе ООПТ и прилегающих территорий могут быть весьма разнообразны и зависят от целей учебно-воспитательного процесса и возможностей территории. Основные направления проектов могут быть следующими: исследовательские, природоохранные, ресурсосберегающие, творческие, социологические, краеведческие и др. Систематическая работа в этом направлении в сотрудничестве с учреждениями общего и дополнительного образования очень актуальна для биологического образования школьников.

Во время экскурсий на ООПТ учитель имеет возможность познакомить школьников с самыми разнообразными сторонами жизни природных территорий, затронуть вопросы, касающиеся не только охраны природных территорий, но и показать растения и животных, которые нуждаются в охране [3].

Можно выделить следующие подготовительные моменты в проведении экскурсий в пределы ООПТ:

1. Необходимо рассмотреть и зафиксировать важнейшие биологические особенности и свойства, практическое использование редкого или исчезающего растения в пределах территории, предполагаемого исследования, т.к. школьники во время экскурсии в заповедную территорию должны располагать точными сведениями о том, какие виды растений данного района находятся под угрозой и нуждаются в охране.

2. Используя хорошие цветные рисунки этих растений и животных, научиться безошибочно узнавать их по внешнему облику. Для каждого редкого вида необходимо составить его полную характеристику: морфологические признаки, особенности размножения и развития, условия произрастания, географическое распространение, т.к. это позволит познакомить всех желающих с флорой и фауной ООПТ.

3. Для проведения экскурсии необходимо провести инструктаж по специфике поведения, правилами обращения с объектами.

В организации и проведении экскурсии можно выделить следующие основные этапы:

1. Подготовительный – в годовом плане определяется срок проведения экскурсии. Заранее отбирается литература, готовится оборудование, определяется: характер работы каждого члена группы, объекты исследования.

2. Основной – проведение экскурсии. Вначале учитель напоминает основную задачу, вопросы, которые предстоит решать. Наблюдение, количественный подсчет, ученик выполняет самостоятельно. Данные ученики объединяют, составляют таблицы, делают зарисовки, делается вывод по поставленному вопросу.

3. Подведение итогов экскурсии. Оформление отчета, фиксирование результатов работы.

Экскурсия на особо охраняемую природную территорию может сочетать следующие формы работы:

– эколого-просветительскую деятельность, работа с учениками направлена на привлечение детей к природоохранной деятельности, расширение их экологического кругозора, развитие соответствующих знаний и умений, содействие профессиональной ориентации учащихся;

– организация и проведение детских экологических лагерей и экспедиций;

– организация работы школьных лесничеств, создание и организация работы детских экологических кружков;

– проведение полевых практик, тематических занятий, организация конкурсов, викторин, олимпиад;

– привлечение школьников к участию в природоохранных праздниках и акциях.

На особо охраняемых природных территориях в целях повышения уровня экологического образования школьников проводят экологические экскурсии – это форма экологического образования, представляющая собой групповое посещение природных комплексов или учреждений культуры в образовательных целях [3].

Также одной из форм работ школьников по ознакомлению с особо охраняемыми природными территориями в рамках биологического образования могут быть детские экологические экспедиции, которые могут способствовать приобщению школьников к научно-исследовательской деятельности, участию в посильных природоохранных мероприятиях, направленных на сохранение конкретных природных объектов. В ходе экспедиций ребята учатся ставить и решать проблемы, делать обоснованные заключения о состоянии окружающей среды, а также становятся активными пропагандистами экологических знаний среди сверстников и всего населения. Экспедиции можно считать вполне доступной и эффективной формой биологического образования, способствующего формированию экологической культуры школьников, живущих вблизи особо охраняемых природных территорий.

Важное значение в организации подобных экспедиций играет и воспитательная работа с учащимися. Сформировать у ребят чувство ответственности за родную природу, любовь к ней, дать понять каждому, что его небольшая научно-исследовательская и практическая природоохранная работа является вкладом в общее дело сохранения и изучения природы заповедника – важнейшая задача. Главное, чтобы сегодняшний школьник вырос сознательным защитником родной природы, понимающим значение особо охраняемой территории и соблюдающим заповедный режим [4].

Особенностью экспедиций является также то, что деятельность школьников по охране и изучению природы – это реальный вклад в работу заповедника. Собранный ими материал, их научно-исследовательские работы могут использоваться в работе сотрудниками заповедника. А участие в акциях по уборке территорий в охранной зоне, обновление аншлагов, подготовка информационных щитов – настоящая помощь инспекторам заповедника.

Обобщая вышеизложенное, можно сформулировать основные принципы организации учебно-исследовательской деятельности школьников в экологической экспедиции, организуемой на базе конкретного ООПТ [4]:

– доступность объектов и методов исследования;

– осознание школьниками уникальности природы заповедника и важности своей работы;

– необходимость данной исследовательской и природоохранной работы, приносящей реальную пользу заповеднику.

К задачам подобной экспедиции на охраняемый водоем могут относиться, к примеру, следующие:

– изучение биоразнообразия (флоры и фауны) водоема;

– изучение некоторых гидрологических и гидрохимических характеристик озера;

– оценка качества воды по гидрохимическим и гидробиологическим показателям;

– проведение посильных природоохранных и эколого-просветительских мероприятий;

– выбор маршрута для экологической тропы;

– составление карты-схемы маршрута, определение ключевых точек тропы и их познавательной и экологической ценности;

– изучение флоры и фауны экологического маршрута;

– подготовка информационных плакатов и текста экскурсии по экологической тропе.

К методам научных исследований во время проведения экспедиции школьников можно отнести следующие:

– анализ литературы (изучение общей характеристики водоема);
– маршрутный (инвентаризация прибрежной флоры и фауны);
– стационарных станций (сбор проб воды на водоеме);
– закладка профилей и пробных площадок (изучение высшей водной растительности);
– анализ размерно-видового состава рыб из уловов местных рыбаков;
– посильные гидрохимические и гидробиологические методы (оценка качества воды);
– опросы и анкетирование местных жителей;
– анализ литературы (изучение общей характеристики района исследований);
– картирование, использование спутниковой системы навигации GPS (закладка маршрута);
– описание и фотографирование следов жизнедеятельности крупных млекопитающих.

Таким образом, организация исследовательской деятельности школьников на базе особо охраняемой природной территории имеет свои преимущества: она позволяет одновременно успешно решать образовательные и воспитательные задачи и привлекать детей и подростков к выполнению конкретной посильной научно-исследовательской и природоохранной работы. Положительные результаты такой деятельности достигаются благодаря согласованной совместной работе научных специалистов, охраны, специалистов по экологическому просвещению государственного природного заповедника [3].

В итоге одним из показателей эффективности эколого-просветительской деятельности ООПТ может служить:

– расширение знаний и представлений о природе родного края и уникальной ценности ООПТ;
– повышение осведомленности о местных экологических проблемах и путях их решения;
– обеспечение поддержки идей заповедного дела широкими слоями населения;
–- заинтересованность и готовность местных жителей участвовать в решении местных экологических проблем и поддержке природоохранной деятельности.

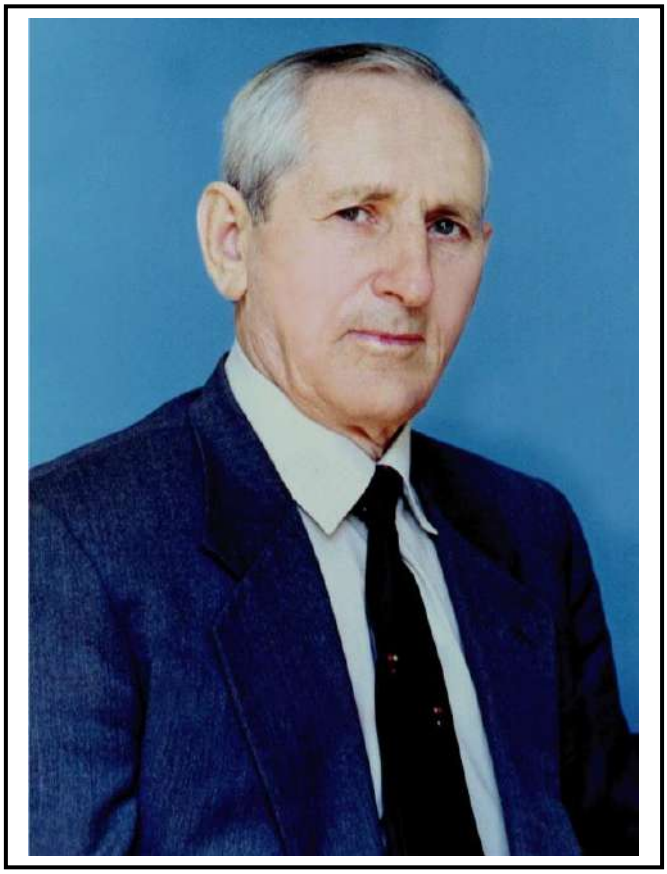
Таким образом, в эколого-просветительской практике ООПТ используется широкий спектр приемов и методов работы с различными возрастными и социальными группами населения. Большое значение при этом уделяется социально-экологическому аспекту взаимодействия человека с окружающей природной средой. Это связано с необходимостью переориентации прагматичного отношения общества к природным ресурсам от позиции «неисчерпаемости» к позиции «рациональности». В целом система эколого-просветительской работы на базе ООПТ направлена на развитие духовного, эстетического и природоохранного восприятия личностью окружающего мира, стимулирование позитивных изменений в развитии экологического сознания детей и взрослых, формировании экологической культуры населения. Именно в этом заложен гуманитарный компонент образовательного потенциала ООПТ.

Работа выполнена по Государственному заданию Министерства просвещения Российской Федерации №073-0708-47-4-02-92062-611-12 на 2023 год в рамках научной темы «Система непрерывного экологического образования и воспитания на особо охраняемых природных территориях региона».

Литература

1. Каландаров К.Х. Экологическое сознание. Сущность и способы формирования. М.: Гуманитарный центр «Монолит», 1999. 48 с.
2. Панов В.И. Экологическая психология: Опыт построения методологии. М.: Наука, 2004. 197 с.
3. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 484 с.
4. Ясвин В.А. Формирование экологической культуры. Пособие по региональной экологической политике. М.: Акрополь, ЦЭПР, 2004. 196 с.

ПАМЯТИ УЧЕНОГО
(К 90-летию со дня рождения Курбанова Магомеда Курбановича)
(1933 - 2011)



1933-2011

Пятое декабря – день рождения одного из видных ученых в области гидрогеологии, исследователя и практика, (человека с большой буквы), заслуженного деятеля науки Республики Дагестан, доктора геолого-минералогических наук Курбанова Магомеда Курбановича. Все, кто его знали, работали с ним, дружили, общались на научном поприще отмечали его профессионализм и постоянное стремление узнать больше в области наук о Земле и в частности, его любимого направления – гидрогеологии. Магомед Курбанович – первый доктор наук Дагестана в этом направлении, проложивший тропинку для других исследователей. За профессиональные достижения в работе Магомед Курбанович удостоен званий «Отличник разведки недр СССР», «Победитель IX пятилетки», награжден Орденом Дружбы и Орденом Почета, серебряной медалью ВДНХ, почетными грамотами Президиума АН СССР, Дагестанского филиала, Главного управления по РД Минприроды РФ, а также премией Президиума АН СССР за разработку и внедрение новой техники.

Судьба М.К. Курбанова – уникальная судьба крупного ученого, посвятившего себя служению отечественной науке, своему народу и государству.

Курбанов Магомед Курбанович 1933 года рождения, лакец, окончил в 1956 году геологический факультет Ленинградского государственного университета им. А.А.Жданова по специальности «Гидрогеология и инженерная геология». С 1956 по 2009 гг. работал в Дагестанском научном центре Российской академии наук (ДНЦ РАН) на должностях: младшего, старшего

научного сотрудника; заведующего лабораторией Института геологии; заместителем директора Института проблем геотермии (1982-1985, 2002 гг.), а с 2003 года – главным научным сотрудником Института геологии и Института проблем геотермии.

В 1964 г. защитил кандидатскую, а в 1993 г. – докторскую диссертацию по специальности «Гидрогеология», имеет более двухсот опубликованных работ, в том числе 4 монографии и более тридцати сводных тематических отчетов, проектов, программ и геотехнологических разработок. Основные труды посвящены исследованию закономерностей формирования, разработке методов поиска и технологии комплексного освоения ресурсов пресных, термоминеральных подземных вод и газонефтяных залежей Дагестана и Восточного Предкавказья. Курбановым М.К. разработаны научные концепции о коровой гидрогеотермосфере, субвертикальном тепломассопереносе из верхней мантии, флюидном механизме мелкофокусных землетрясений; гидрогеологические, геотермические и газогеохимические методы поиска флюидных месторождений.

Для творчества Курбанова М.К. характерно сочетание теории с практикой. Так, еще в 1964 году в кандидатской диссертации, посвященной формированию подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна, им впервые было открыто крупнейшее на Кавказе Сулакское месторождение пресных подземных вод, дана комплексная оценка и развернутые геоэкологические рекомендации по предотвращению процессов загрязнения и истощения ресурсов подземных вод уникального на юге России гидрогеологического резервуара.

Это и сегодня не потеряло актуальности, поскольку одним из важнейших полезных ископаемых в XXI веке мировое сообщество геологов считает ресурсы пресных подземных вод. Оснований для этого более чем достаточно. Поверхностные воды речных систем и водоемов повсюду загрязнены и без глубокой очистки, требующей больших затрат, непригодны для водоснабжения. Исключением являются отдельные озера типа Байкал, Севан и горные реки. Поэтому главным источником коммунально-бытового водоснабжения во всем мире, и в первую очередь в развитых странах Европы, Америки и Азии, стали естественные или искусственно созданные ресурсы подземных вод.

Так, в России из подземных пластов десятками тысяч скважин ежедневно добываются по 40 млн. кубометров воды (15 млрд. $м^3$/год) и этой водой обеспечиваются потребности 60% городского и 85% сельского населения. Примерно такой же уровень использования ресурсов подземных вод для снабжения населения Северного Кавказа, в т.ч. Республики Дагестан, где коммунально-бытовое водоснабжение около 65% населения осуществляется за счет подземных, преимущественно артезианских вод.

Таким образом, главным, а для населения равнинной части Восточного Предкавказья и особенно Дагестана, где эксплуатируются более 3500 артезианских скважин, единственным источником водоснабжения сельских районов и ряда городов являются артезианские воды.

Однако за последние 30-40 лет, по мере непомерного роста количества подземных водозаборов, повсеместного игнорирования рекомендаций ученых и элементарных нормативов эксплуатации Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ), стали развиваться катастрофические геоэкологические процессы мышьяковистого и прочего загрязнения пресных подземных вод, истощения их запасов, затопление и засоление приартезианских земель и даже оседание поверхности земли, что может провоцировать деформацию зданий, гидротехнических сооружений и техногенные землетрясения.

По существу, постепенно надвигается экологическая катастрофа, сущность которой на примере Дагестанской части ТКАБ заключается в следующем:

1. Не менее 50-60% подземных вод артезианских скважин плоскостных районов Северного Дагестана содержат от 2 до 14 ПДК (предельно допустимая концентрация) мышьяка, который, накапливаясь в организме людей, отрицательно влияет на иммунную систему и наследственность.

2. Значительное количество артскважин содержит так же 2-5 ПДК тяжелых металлов, марганца, органических веществ и даже фенолов. В итоге около 60-70% питьевых вод артезианских скважин за последние десятилетия подверглись загрязнению канцерогенными веществами, увеличилась минерализация и они не отвечают нормативам ГОСТа 2874-82 "Вода питьевая".

Кроме этого, основными геоэкологическими нарушениями являются:

● отсутствие зоны санитарной охраны примерно у 80-90% артскважин;

● предельный гидродинамический режим фонтанной эксплуатации артезианских скважин без учета потребностей;

● примерно 70-80% добываемых из недр артезианских вод не используется вовсе и сбрасывается на приартезианские земли, что приводит не только к истощению запасов вод, но и к антисанитарии, затоплению и засолению ежегодно сотен гектаров плодородных земель;

● более 1500 артезианских скважин, вместо положенных по амортизационным нормативам 25 лет, эксплуатируются 30-50 и более лет, что привело к их полному износу и последующему выходу из строя.

Вследствие этого происходит массовая фильтрация соленых подземных вод, содержащих вредные элементы из ниже- и вышезалегающих пластов в продуктивные водоносные горизонты пресных вод, что приводит к загрязнению пресных артезианских вод, сотен одиночных и групповых водозаборов артезианского бассейна, в частности, Южносухокумского, Кочубейского, Дербентского месторождений и т.д.

Катастрофические процессы истощения и загрязнения подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна могут быть преодолены только путем коренной реконструкции современной, примитивной системы артезианского водоснабжения, стихийно сложившейся с конца XIX, ликвидацией и капремонтом нескольких тысяч артезианских скважин, вышедших из строя.

С этой целью Магомедом Курбановичем была разработана концепция использования и контроля артезианских вод, где предусматривается повсеместное внедрение кранового, краново-диафрагменного, емкостно-распределительного методов эксплуатации артезианских скважин. Кроме этого, им разработана технология форсированного посезонного отбора подземных вод с последующим магазинированием (аккумуляцией) поверхностных вод в подземных геологических резервуарах.

Все эти меры включают в первую очередь:

● геолого-технологическое обследование, геоэкологическую инвентаризацию всех 3,5 тысяч самоизливающихся артскважин;

● исследование процессов загрязнения ресурсов подземных вод токсичными элементами – мышьяком, тяжелыми металлами, органическими веществами, фенолами;

● оценка и переоценка запасов и ресурсов подземных вод и инфильтрационных процессов естественного их воспроизводства;

● внедрение рациональных методов и технологий артезианского водоснабжения;

● использование богатейших ресурсов подземных вод для прудового рыбоводства и промышленного растениеводства путем широкого внедрения дешевой высокоэффективной технологии капельного орошения с использованием, вместо дорогой насосно-компрессорной техники и электрической энергии, естественного гидростатического давления артскважин для строительства тысяч гектаров культурных пастбищ, плодоовощных, виноградных плантаций;

● капремонт и техническую ликвидацию сотен, полностью прошедших нормативные амортизационные сроки артскважин, бурением новых и т.д.,

Все это предусмотрено, составленной М.К. Курбановым и согласованной со всеми заинтересованными министерствами, ведомствами Республики Дагестан, программой **«Родник. – Ресурсы подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна и пути их рациональ-**

ного использования, предотвращения процессов загрязнения и истощения на 2010-2015 годы». Для реализации этой программы, технического содержания и эксплуатации водозаборных сооружений необходимо принять базовые тарифы на подземные воды и строго следить за выполнением соответствующих нормативов.

Задуманное М.К. Курбановым сегодня воплощается в жизнь, только с небольшим сдвигом во времени. К сожалению, судьба распорядилась таким образом, что ему не пришлось порадоваться реализацией своих идей. В прошлом году Институт геологии выиграл тендер на проведение вышеназванных работ. Надеемся, что в этом году, мы продолжим начатые работы и выполним все пункты разработанного им проекта. В частности, уже сейчас на основе полученных результатов, создается постоянно действующая компьютерная модель формирования и управления ресурсами и качеством вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна. На сегодня составлен банк гидрогеологических параметров более 600 артскважин, готовятся материалы для ресурсно-сырьевых карт на основе современных ГИС-технологий. Уже сейчас ясно, что для реализации проекта, по всей вероятности придется ликвидировать более 1000 изношенных скважин, пробурить взамен их новые, разработать и внедрить рациональные методы и технологии использования ресурсов подземных вод и т.д. Для этого потребуются большие финансовые и человеческие ресурсы.

Кроме того, под руководством М.К. Курбанова в Институте геологии проводились не менее значимые разработки в области исследования и освоения ресурсов минеральных, термальных и редкометальных промышленных вод.

В частности, к числу выдающихся пионерских гидрогеотермических исследований и результатов можно привести такие фундаментальные разработки, как:

● прогноз и научное обоснование глубинной коровой гидрогеотермосферы, под которой подразумеваются ранее неизвестные глобально-региональные диссипативные гидрогеологические структуры, представленные флюидизированными горными породами, благодаря высоким термобарическим условиям сплошь подверженных микротрещинам гидроразрыва и характеризующиеся упруго-напряженным пластичным состоянием и практически неисчерпаемыми геотермическими и энергосырьевыми ресурсами современного и будущего поколений.

Выявлены и установлены:

● Дагестанская провинция редкометальных гидротерм, в составе которой 56 потенциальных месторождений ценных элементов – полезных ископаемых, в том числе оборонно-стратегического значения – литий, рубидий, цезий, бор, а также йод, бром, магний, калий, стронций и ряд минеральных солей. Из них Берикейское, Тарумовское месторождения и попутные воды нефтяных месторождений в геолого-технологическом и технико-экономическом плане оценены как высокорентабельные и подготовлены к промышленному освоению;

● Андийско-Аргунская провинция углекислых вод и металлогении;

● Крупнейшее на Кавказе Сулакское месторождение высококачественных пресных подземных вод, запасы которого могут полностью обеспечить потребность в воде городов Махачкалы, Кизилюрта и всех прилегающих населенных пунктов;

● Всего М.К. Курбановым выявлено свыше 100 новых источников минеральных вод и 20 месторождений термоминеральных лечебных и энергетических вод.

В заключении хочу отметить, что мы, его коллеги, вправе гордиться научными достижениями М.К Курбанова и выражаем глубокую признательность за его неутомимую профессиональную и научно-организационную деятельность. К сожалению, жизнь ученого оборвалась на пике его творческих сил, которую он отдавал служению науке, своему народу и стране. Уникальный жизненный и творческий путь Магомеда Курбановича Курбанова являет собой пример для молодого поколения. Светлая ему память.

От имени сотрудников Института геологии ДФИЦ РАН
руководитель Мамаев С.А.

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.

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 алфавитно-хронологическом (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, оформленныес нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.

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

ISSN: 2541-9684

Научное издание

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

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

Ежеквартальный научный журнал
"Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН"
Выпуск № 4 (95) 2023

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 20.12.2023 г. Формат 60×84 1/8.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 13,25. Уч.-изд. л. 7,7. Тираж 200 экз. Заказ №23-20-12.

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