



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Обособленно подразделение
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ
ДАГЕСТАНСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА РАН
"ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН"

ISSN: 2541-9684

№ 1 (80), 2020
Ежеквартальный
научный журнал

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

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

Научно-редакционный совет:

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

Редакционная коллегия:

д.г.-м.н., г.н.с.

к.т.н., с.н.с.

д.т.н., г.н.с.

к.ф.-м.н., с.н.с.

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.ф.-м.н., профессор

к.г.-м.н. с.н.с.

д.г.-м.н., г.н.с.

д.б.н., г.н.с., профессор

к.ф.-м.н.

д.ф.-м.н., в.н.с.

к.г.н., с.н.с.

д.ф.-м.н., профессор

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

д.г.-м.н., г.н.с., профессор

к.г.-м.н., с.н.с.

к.ф.-м.н.

к.г.-м.н.

д.т.н., г.н.с., профессор

к.г.-м.н.

к.ф.-м.н., доцент

н.с., (ответственный секретарь)

н.с., (составитель)

Алхасов А.Б.
Асхабов А.М.
Богущ И.А.
Гаврилов Ю.О.
Глико А.О.
Гусейнов Д.Д.
Заалишвили В.Б.
Каратян Д.К.
Карачаев Н.А.
Керимов И.А.
Морозов Ю.А.
Рабаданов М.Х.
Рундквист Д.В.
Федонкин М.А.
Чагучиев М.Ч.
Алиева Э.Г.-М.

Черкашин В.И.
(главный редактор)

Мамаев С.А.

(зам. главного редактора)

Абдуллаев Ш.-С.О.

Алиев И.А.

Ахмедов Г.Я.

Ахмедов С.А.

Ашурбеков Н.А.

Газалиев И.М.

Гусейнов А.А.

Залибеков З.Г.

Ибаев Ж.Г.

Идармачев Ш.Г.

Идрисов И.А.

Курбанисмаилов В.С.

Магомедов Р.А.

Маммаев О.А.

Мацапулин В.У.

Таймазов Д.Г.

Темирбекова У.Т.

Тотурбиев Б.Д.

Юсупов А.Р.

Якубов А.З.

Гусейнова А.Ш.

Мамаев А.С.

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

При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.

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

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

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

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

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

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

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

Научное направление журнала - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

ISSN: 2541-9684

Журнал является рецензируемым.

Журнал выходит 4 раза в год.

Тираж - 200 экземпляров

<http://elibrary.ru/> (РИНЦ)

<http://www.igdncran.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ИХ ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА <i>Меликов М.М., Гаджиева Т.Р.</i>	4
К ВОПРОСУ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАГЕСТАНА НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ <i>Меликов М.М., Гаджиева Т.Р.</i>	15
ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДАГЕСТАНА <i>Гаджиева Т.Р.</i>	27
ОБРАЗОВАНИЕ РУДОМАТЕРИНСКИХ ПОРОД И ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КАВКАЗА <i>Гусейханов С.М.</i>	32
ВАРИАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ДАГЕСТАНА КАК РЕЗУЛЬТАТ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ <i>Алиев И.А., Магомедов А.Г.</i>	52
РЕКОНСТРУКЦИЯ РЯДОВ ДАННЫХ УРОВНЯ ЧИРКЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА, ПОЛУЧЕННЫХ ЗА РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ <i>Дещеревский А.В., Идармачев Ш.Г., Идармачев А.Ш.</i>	62
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА ЧИРКЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КИНЕТИКИ НАКОПЛЕНИЯ СЕЙСМОГЕННЫХ РАЗРЫВОВ <i>Идармачев И.Ш., Магомедов А.Г., Идармачев А.Ш.</i>	66
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА С СОПРЕДЕЛЬНЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ ЗА 2006–2019 гг. <i>Мусаев М.А.</i>	70
НОВЫЙ ДЮЛЬТЫЧАЙСКИЙ КРУПНЫЙ ОПОЛЗЕНЬ НА ВОСТОЧНОМ КАВКАЗЕ <i>Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Идрисов И.А., Мамаев А.С., Юсупов З.А.</i>	77
О ЦИКЛАХ СОЛЕНАКОПЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ДЕЛЬТОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ РАВНИН ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ <i>Залибеков З.Г., Биарсланов А.Б., Мамаев С.А.</i>	84
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ АРТЕЗИАНСКИХ СКВАЖИН ТЕРСКО-КУМСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА <i>Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С.</i>	92
АНАЛИЗ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПЛАСТОВЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ <i>Магомедов Ш.А., Маммаев О.А., Чупалаев Ч.М., Маммаев Б.О.</i>	102
О ПРОБЛЕМАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНЫХ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ <i>Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С.</i>	107
КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ НЕРУДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б.</i>	114
ПРИРОДНЫЕ ПАМЯТНИКИ ВЫСОКОГОРНОГО ДАГЕСТАНА <i>Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Мамаев А.С., Юсупов З.А.</i>	119

УДК 551.7

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-4-14

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ИХ ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

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

В работе приводятся краткая характеристика истории геологических исследований рассматриваемого района, литолого-стратиграфическая характеристика мезокайнозойских отложений Терско-Сулакской низменности с позиций их нефтегазоносности на основе литературных и геолого-геофизических (сейсморазведочных) работ, проводимых краснодарскими геофизическими организациями. Приводятся корреляционные разрезы и их сопоставление, а также региональный геолого-геофизический профиль.

Ключевые слова: разрез, профиль, корреляция, глина, известняк, осадочный чехол, регрессия, прогиб, синергетика, дислокация, разлом, континентальная, морская, литология, фация, структура, текстура, тонкозернистый.

OIL AND GAS POTENTIAL OF THE MESO-CENOZOIC DEPOSITS OF THE TERSKO-SULAK LOWLAND AND THEIR LITHOLOGICAL-STRATIGRAPHIC CHARACTERISTICS

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

The paper gives a brief description of the history of geological studies of the region under consideration, lithological and stratigraphic characteristics of the Meso-Cenozoic deposits of the Tersko-Sulak lowland from the standpoint of their oil and gas potential based on literature and geological and geophysical (seismic) exploration carried out by Krasnodar geophysical organizations. Correlation sections and their comparison, as well as the regional geological and geophysical profile are given.

Keywords: section, profile, correlation, clay, limestone, sedimentary cover, regression, deflection, synergetics, dislocation, fault, continental, marine, lithology, facies, structure, texture, grainy.

Терско-Каспийский прогиб (ТКП), представляющий собой крупную впадину с мощным мезо-кайнозойским осадочным чехлом (общая мощность – 10-12 км), занимает значительную площадь платформенной части, расположен в наиболее погруженной зоне [1]. По последней оценке ресурсов исследуемого района приходится до 25 % прогнозируемых ресурсов УВ Дагестана (Пирбудагов В.М., 1998).

Терско-Сулакская низменность (ТСН) всегда привлекала большой интерес геологов-нефтяников к его геологическому строению. Во второй половине XIX в. изучением ее геологического строения занимались И.О. Брод (1959 г.), Д.А. Мирзоев проводил структурно-геоморфологические работы (1962 г.) и ряд других известных геологов. Изучением ее геологического строения занимаются и по настоящее время.

Но, однако, освоение этой территории затруднено из-за больших глубин залегания перспективных толщ (4,5 км – пл. Аксай, до 6 км – пл. Сулак). Мощность осадочного чехла составляет 10-12 км (рис. 1).

В районе ТСН перспективные комплексы развиты повсеместно и характеризуются большими мощностями. В геологическом разрезе неогеновых отложений присутствуют плиоценовые отложения, имеющие широкое распространение, характеризующиеся хорошей фауной и выделяются два яруса: апшеронский и акчагыльский. Их суммарная мощность достигает до 1500 м.

По данным сейсмопрофиля, по мере «движения» в сторону предгорий (с запада на восток по линии профиля) в районах Сафарали в интервалах глубин 1300 (N1ak)-6000м (K1) – Махачкала-

Тарки 2000 (N12-Pg1)-4400 (J2) комплекс пород сильно деформирован и дислоцирован по вертикали, изрезанный глубинными разломами, вероятно, связанное с орогенезом Кавказа (рис. 1).

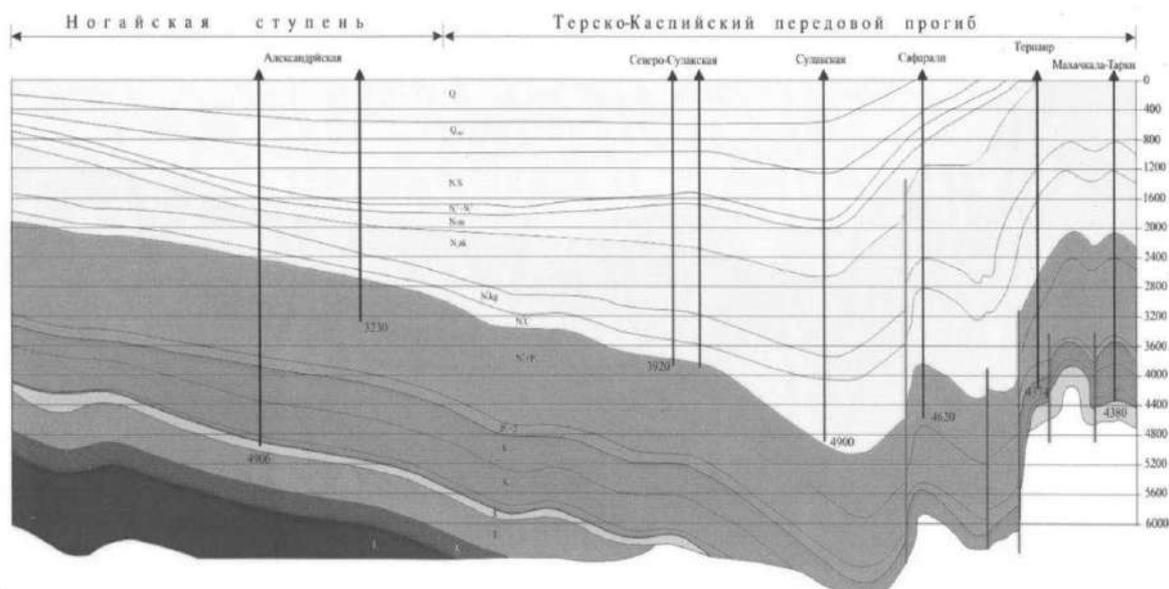


Рис. 1. Региональный геологический профильный разрез через ТКП по линии Кочубейская-Махачкала-Тарки (по результатам сейсморазведки ОАО «Краснодарнефтегеофизика»).

В истории геологического развития исследуемого района в позднеапшеронское время усиливается сводовое поднятие Кавказского складчатого сооружения и, практически, на протяжении всего апшеронского времени отмечается общая регрессия моря, обмеление и его опреснение. В это же время происходило расширение суши, и в геоморфологическом отношении представляла горную страну с развитой гидрографической сетью, обусловившей массовый снос грубообломочного материала в низменные районы. Здесь происходит, в основном накопление континентальных делювиальных и аллювиальных образований, а распределение литофаций апшеронских отложений указывает регрессивный характер морского бассейна [2]. Отложения апшерона четко разделяются на две толщи: нижнюю – прибрежно-морскую, преимущественно глинисто-песчаную, верхнюю – в основном, континентальную, представленную детритусовыми известняками, песчаниками с крупными линзами конгломератов и галечников.

Акчагыльские отложения по своему литологическому составу пестрые, хорошо представленные фауной и флорой, в которых выделяются три подъяруса: в нижней части яруса залегают зеленовато-серые известковые глины, относящиеся к подакчагыльской толще, нижний подъярус представлен континентальной толщей песчаников с конгломератами, средний – прибрежно-морскими, синевато- и зеленовато-серыми песчанстыми глинами с прослоями известняков-ракушечников, верхний – переслаиванием песчанстых глин, грубых песчаников. Карбонатные осадки (ракушняка и детрусовые известняки) в разрезе имеют подчиненную роль (рис. 2-3.).

Плиоценовые отложения характеризуются подверженностью воздействию инфильтрационных вод, которые проникают в пористые песчаники и известняки апшерона и акчагыла, создающие благоприятные условия для образования высокодебитных водоносных горизонтов, что негативно отражаются на процессы нефтегазообразования, поскольку при высоких скоростях фильтрации залежи УВ разрушаются. В ТСН проявлений нефти и газа не отмечалось (скв. Бабаюрт, Аксай).

В Чечне из континентальной толщи (месторождение Аду-юрт и Червленое), являющейся аналогом подакчагыла Дагестана, были получены промышленные притоки УВ газа. В тектоническом отношении вышеуказанные месторождения связаны со структурами Аксай и Куруш свидетельствующие о реальной перспективности плиоценовых отложений ТСН, и особенно

Присулакской зоны (континентальная толща на площади Кизляр – 200 м., Бабаюрт – 150, Сулак-1 – 250м) (рис. 2).

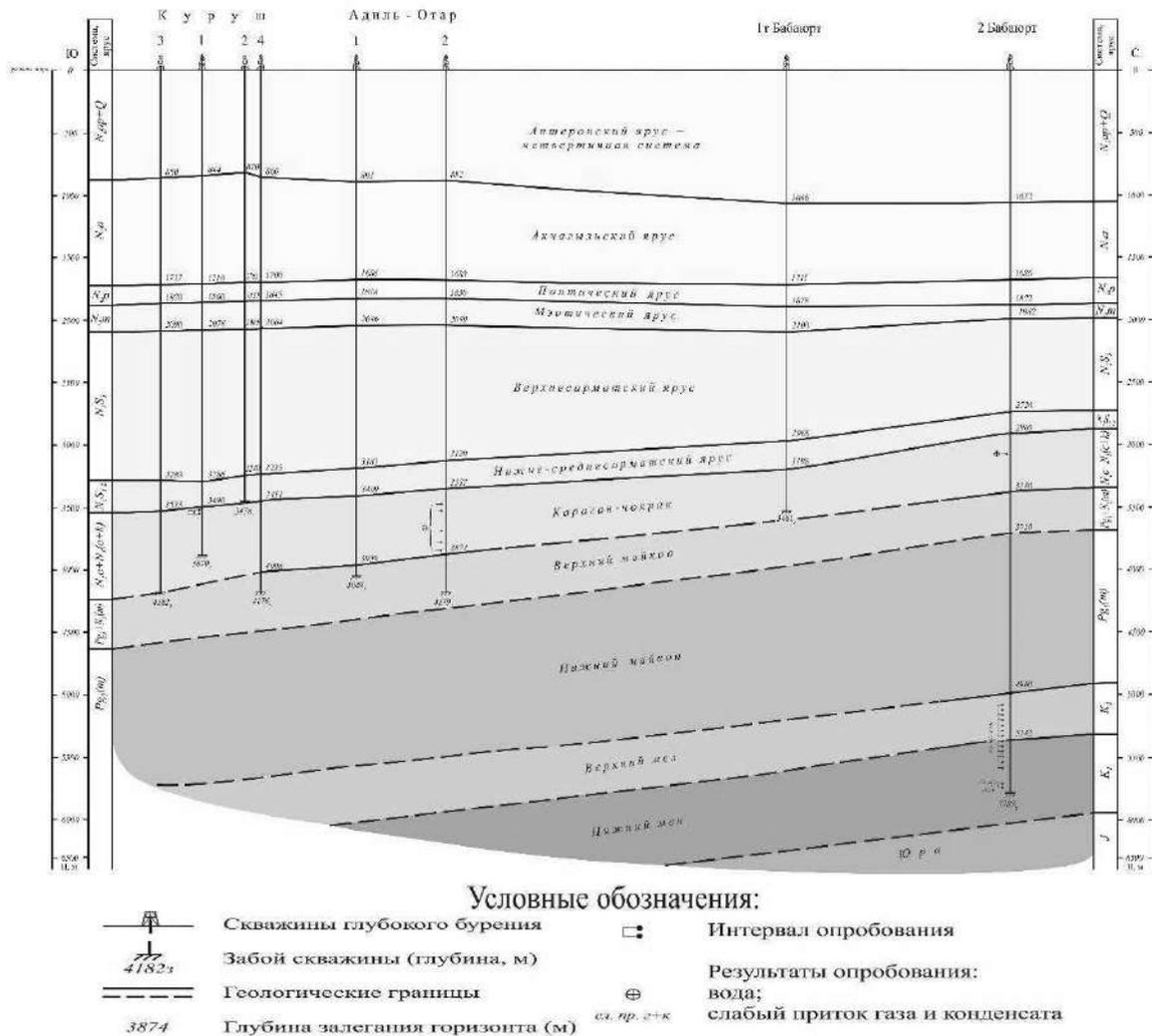


Рис. 2. Геологический разрез по линии скважин Куруш-Бабаюрт

Особое место в разрезе палеоген-неогеновых отложений занимает сарматский ярус и является самым верхним из нефтегенерирующих комплексов, представленный морскими глубоко-водными фациями нижнего сармата с типичной морской фауной, далее отмечается уменьшение глубины моря и переход в мелководные фации среднего сармата, затем в прибрежные фации верхнего сармата с прибрежно-пресноводной фауной. В разрезе преобладают глинистые отложения, за исключением верхней части, где присутствуют известняки и песчаники, а также в других частях разреза спорадически – песчаные и известняковые прослои. Общая мощность сармата изменяется от 650 до 1200 м, например, в скв. Сулак-1 составляет 1110 м., представленный мощной глинистой толщей с прослоями алевролитов, мергелей и реже песчаников.

Литологическая разновидность этой толщи (сверху-вниз): алевролитоглинистую (мощность – 631 м.), в которой пачки глин (56 %) чередуются с алевролитами (34 %) и песчаниками (10 %) и мергельно-глинистую (мощность – 482 м.) представленную глинами (55 %) с прослоями мергелей (30 %) (по данным кернового материала). Отложения сармата характеризуется разнообразием литологического состава и представлены преобладающими глинами с подчиненным участием песчано-алевролитовых и карбонатных. Глинистые породы составляют значительную часть разреза.

параметрические скважины Сулак-1, Западный Аксай-1,2., Северный Сулак-1,2. Бабаюрт-2. Вещественный состав пород и их вторичные изменения были изучены по керновому материалу выше указанных скважин.

Выяснению характера коллекторских свойств породы позволяют петрографические исследования, т.к. вещественный состав пород является одним из важнейших элементов, влияющих на их коллекторские свойства. Караган-чокракские песчаники района исследований по своему вещественному составу и расположением межзернового пространства могут быть оценены как благоприятные в качестве коллекторов с высокими фльтрационно-емкостными свойствами (ФЕС).

Олигоцен-нижнемиоценовые отложения характеризуются региональной нефте-газоносностью, которые ранее рассматривались только в качестве региональной покрышки. Более поздние исследования показали, что мощные нефтегенерирующие толщи майкопа в связи с отсутствием в разрезе выдержанных природных резервуаров, сложенных песчано-алевролитовыми пластами, могут сформировать залежи в нетрадиционных коллекторах-ловушках в самих майкопских отложениях: в зонах разуплотненных глин, вдоль тектонических нарушений, крупных олистолигов, в зонах распространения благоприятных песчано-алевролитовых коллекторов. Залежи могут быть по типу ловушек литологически-экранированные, приуроченные к моноклинально-залегающим, выклинивающимся песчаникам, а также вместилищам для скопления нефти и газа в глинистой толще являются локальные участки с повышенным содержанием песчано-алевролитового материала.

Главной задачей поисков залежей УВ в майкопской толще является изучение пространственного размещения пластов-коллекторов [1]. Глубоко залегающие отложения майкопа пройдены рядом скважин на площадях: Аркабаш 5,7 глубиной – 5347 м (рис. 4), Акташ 7 – 5141 м, Новоллак 12,13 – 5330 м (рис. 5). В целом отложения представлены довольно однообразной толщей некарбонатных глин с различным содержанием песчано-алевролитового материала, распространенные неравномерно, наибольшее их количество приходится на нижнюю часть разреза (миатлинский и муцидакальский горизонты).

Алевролитопесчаные породы серые и светло-серые с зеленоватым оттенком, иногда буроватые, некарбонатные, прослоями глинистые. Микроскопически представлены преобладающим кварцевым материалом крупноалевролитовой и мелкопсаммитовой размерности (0,05-0,25мм), олиго- и мезомиктовые, кварц составляет 50-70 %. Подчиненное значение имеют слюды, натриевые полевые шпаты и измененные обломки пород в основном кремнистого состава. Цементы содержатся мало (5-7 %), кремнисто-глинистый, контактово-поровой типа. Общая пористость колеблется от 25 до 30 %, проницаемость от 0,032 до 0,05мкм², относится к коллекторам с хорошим ФЕС. Структура – алевролитопсаммитовая и псаммито-алевролитовая, текстура – косослоистая, со следами ряби и взмучивания, нередко на поверхности слоев видны волновые знаки, что указывает на активный гидродинамический режим. Глины, слагающие майкопскую толщу и вмещающие вышеуказанные алевролитопесчаные прослои, плотные, темно-серые с буроватым оттенком, известковосодержащие, с чешуйками слюд по напластованию. Основная глинистая масса представлена гидрослюдой с подчиненным значением хлорита и каолинита, в виде примеси присутствуют смешанно-слоистые образования гидрослюдисто-монтмориллонитового типа, гидрослюда диоктаэдрического типа, содержит в своей решетке 10 % разбухающих пакетов, терригенная примесь не превышает 3-5%, содержит тонкий углефицированный детрит, мелкую вкрапленность и землистые скопления пирита. Структура породы – пелитовая, реже алевропелитовая, текстура – тонко-косослоистая и горизонтально-слоистая, обусловленная неравномерным распределением алевролитового материала. Общая суммарная песчаность майкопской толщи составляет 20-35 %.

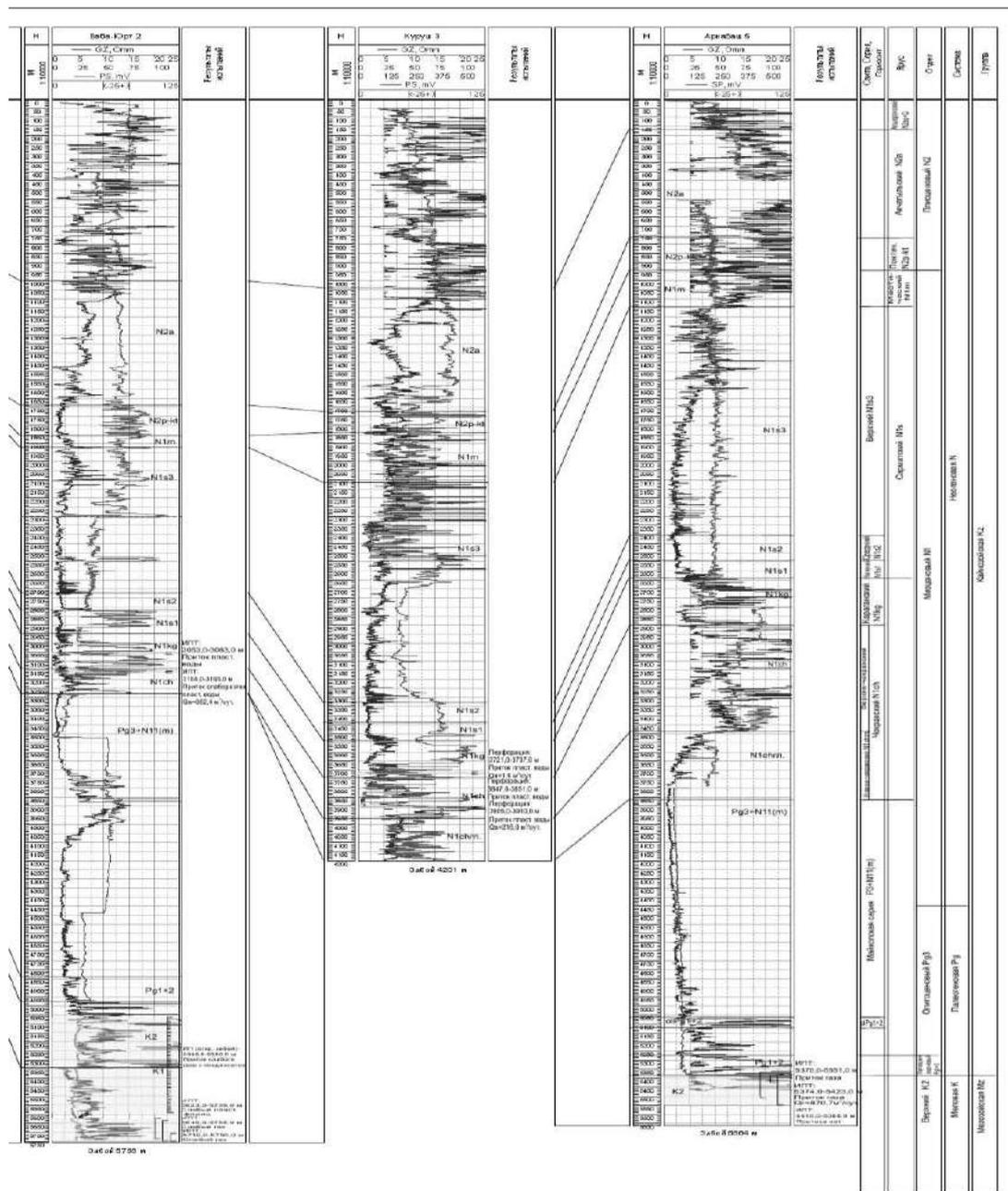


Рис. 4. Схема сопоставления геологических разрезов Бабаюрт-Куруш-Аркабаш (по данным ООО «Геофизинфо», 2011г.)

Сулакский тектонический выступ характеризуется максимальной песчанистостью. На значительном протяжении от р. Аксай на запад до р. Сулак отмечено распространение закированных в нефтенасыщенных линзовидных пластах и прослоях песчаников в миатлинской и муцидакальской свитах. На площади Миатлы (скв-1) в нижнем майкопе отмечаются нефтегазонасыщенные песчаники и алевролиты. В миатлинском горизонте нефтепроявления связаны с антиклинальными ловушками на площади Шам-хал-Булак. На Буйнакской, Каранай-аульской, Акташ-Аксайской депрессиях при испытании песчано-алевролитовых пластов миатлинской свиты были получены слабые притоки нефти [1]. В большинстве случаев отложения фораминиферовой свиты залегают на известняках верхнего мела, представленная, в целом, мергельно-известняковой толщей с характерной микрофауной. По описанию керна охарактеризована фораминиферовая подсвита, пройденная рядом глубоких скважин: пл. Акташ-7 (5382-5440 м), Аркабаш-5-7 (5336-5405 м), Новоллак-5, 8, 10, 12 (5230-5537 м), Кара-Тюбе-1 (5130-5154 м) и др. Мощность

отложений варьирует в пределах 60-250 м, представленная чередованием красновато-бурых неслоистых мергелей со светло-зелеными таковых. Микроскопически основная масса породы представлена хорошо отмученной, однородной смесью кремнисто-глинистого и карбонатного материала, нередко с примесью гидроксидов железа и хлорита. В массе породы присутствуют многочисленные остатки фауны в виде микроглобулл и псевдоморфоз по растительным остаткам и мелкий углефицированный детрит, редкие тонкие микротрещинки заполнены кремнистым материалом.

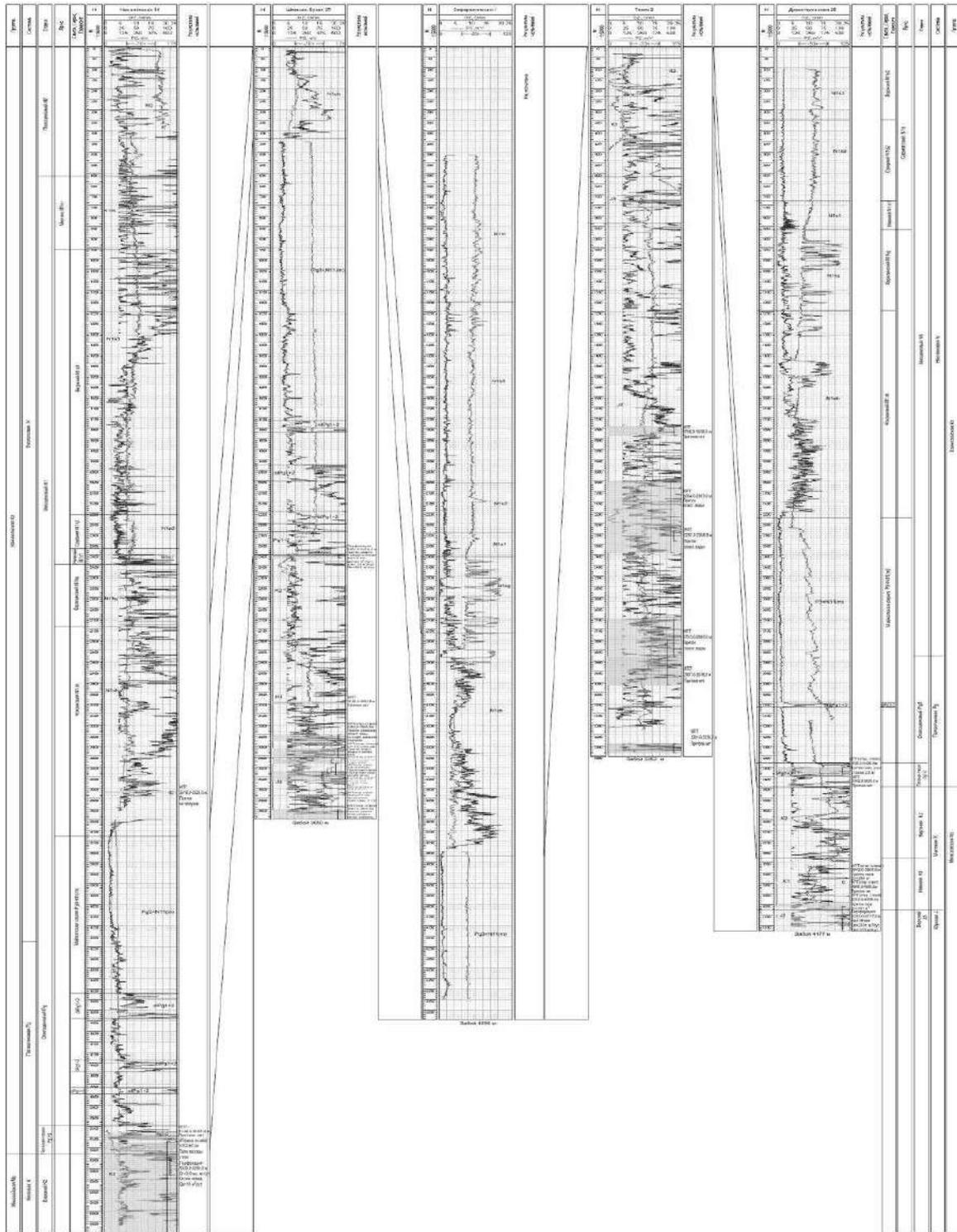


Рис. 5 Схема сопоставления геологических разрезов Новолак–Шамхал–Булак–Сафарали–Талги–Димитровская (по данным ООО «Геофизинфо», 2011 г.)

Основные перспективы развития поисково-оценочных работ на ТСН связаны с карбонатными коллекторами верхнего мела, являющимся наиболее изученными. Формирование осадков верхнего мела происходило в условиях теплого климата и мелководного моря, подтверждающиеся наличием теплолюбивых фаунистических остатков. Теплые воды бассейна имели нормальную соленость, временами в карбонатный осадок поступал терригенный пелитовый материал. Осадки откладывались в условиях окислительной, реже слабовосстановительной геохимической обстановки.

В пределах ТСН по данным сейсмоки меловые отложения залегают моноκлиально, погружаясь с севера на юг. Плавное погружение моноκлинали осложняется расплывчатой формой, выступами и флексурами [2].

В результате проведенных сейсмических и буровых работ в меловых отложениях выявлены две структуры: Курушская и Бабаюртовская. В геологическом разрезе скважин было установлено отсутствие фораминиферовых слоев. Майкоп залегает на верхнемеловых карбонатах. Разрез представлен карбонатными породами, вскрытой в скв.-2,3,4 Бабаюртовской площади, соответственно на глубинах 5092 м и 5076 м.[3]

Верхнемеловая толща в литологическом плане относительно однородна, сложенная, преимущественно, от светло-серых до белых чистыми известняками с тонкими глинистыми прослойками с характерными стилолитовыми швами. Текстура массивная, структура микро- и тонкозернистая, органогенная, в которых еобладают биоморфные разности. Микроскопически порода сложена пелитоморфной кальцитовой массой с примесью кремнисто-глинистого материала, которая содержит многочисленные остатки фауны (50 %) и перетертыми раковинными детритами, где фауна распределяется неравномерно, участками образует скопления. Отмечаются, мелкие бесцветные чешуйки слюд, ориентированные по напластованию, видны стилолитовые швы, заполненные глинистым материалом, последний иногда образует линзовидные скопления. Тонкие трещинки заполнены кремнистым материалом. Содержание пирита не превышает 1%. Независимо от глубины погружения, известняки верхнего мела сохраняют свой вещественный состав и структуру, что свидетельствует о спокойном физико-химическом равновесии, т.е. не происходили столь заметных катагенетических преобразований.

Разрез карбонатной толщи на площади близок к разрезам площадей платформенного Дагестана, где в верхней части залегают карбонаты, обладающие хорошими коллекторскими свойствами. Здесь, в скв.-2 на площади Бабаюрт по материалам газового каротажа выделен продуктивный пласт с газопроявлениями в интервале 5009-5064 м. При интерпретации материалов другими методами в пределах указанного интервал выделены коллекторы порового типа. Газопроявления были обнаружены также в скв.-3 площади Бабаюрт.

Многие исследователи считают возможным насыщения трещиноватых известняков верхнего мела углеводородами, генерированными майкопской толщей, являющейся нефтематеринской. При этом не исключается возможность вертикальной миграции УВ снизу, а также латеральной со стороны Средне-Каспийской впадины [4].

Раннемеловое время характеризуется началом трансгрессии, которая привела к постепенному опреснению лагун, сократилось сульфидо- и доломитообразование, происходит накопление известняков, вновь устанавливается теплый, умеренно-влажный климат. Большое обилие остатков фауны свидетельствуют о хорошо аэрируемом бассейне прибрежного мелководья с окислительными геохимическими условиями.

Глубокопогруженные нижнемеловые отложения пройдены на площади Бабаюрт (скв. 2-4), представленные терригенными (альб, апт) и карбонатным (нижний баррем, валанжин, готерив) комплексами, мощность которых составляет 550-600м.

Альбский ярус представлен глинами и прослоями алевритов и в верхней части мергелей (Бабаюрт-4, интервал – 5676-5689, Бабаюрт-3 интервал –5427-5680 м.). Глина темно-серая, плотная, слюдястая, структура – пелитовая, текстура – скрыто-слоистая. Микроскопически основная масса – тонкоагрегатная, кремнисто-гидрослюдистая с примесью микрозернистого кальцита

(единичные зерна – 3-5 %). Мелкоалевритовая терригенная примесь (2-4 %) представлена кварцем и мелкими чешуйками слюд с присутствием пирита.

Мергель – темно-серый, плотный с гнездами пирита, имеющей мелкозернистую органогенную структуру, массивную текстуру. Основная масса – глинисто-карбонатная, карбонат представлен мелкозернистым кальцитом (51 %), участками раскристаллизован до мелкозернистого. Они имеют характерные многочисленные (25 %) органические остатки и неопределимый раковинный детрит, а также обломки известняков. В массе породы неравномерно распределяется глинистый материал, образуя прослои и линзы, пирит – 1-1,5 %.

Аптский ярус представлен песчаниками с прослоями алевролитов (Бабаюрт-3, интервал – 5680-5693), песчаники светло-серые, зеленоватые, плотные, мелкозернистые, кварцевые. Структура – алевропсамитовая, текстура – массивная. Микроскопически порода представлена разнозернистым обломочным материалом. По минеральному составу порода олигомиктовая, кварц составляет 80%, подчиненное значение имеют полевые шпаты, чешуйки слюд, различные обломки пород. Цемент (15 %) кремнисто-глинистый контактово-порового типа. Присутствует большое количество окатанного глауконита (8-10 %), имеющий ярко-зеленый цвет, распределено неравномерно, образуя скопления. Пирит не превышает 1 %, алевролиты темно-серые, плотные, глинистые. Структура – пелито-алевритовая, текстура – неясно-слоистая. Представлена угловатым и угловато-окатанным обломочным материалом с кремнисто-гидролюдистым цементом (20 %). Обломочный материал в основном представлен кварцем (85 %). В зависимости от послойной концентрации алевритового материала образуют микрослойки. В массе породы присутствуют значительное количество глауконита (5 %), тонкая вкрапленность пирита (2-3 %) и мелкий углефицированный детрит.

Валанжин-готеривский ярус пройденный скв.-3 площади Бабаюрт (интервал – 5800-5811 м), представлен, серыми, плотными, однородными известняками. Структура – мелкозернистая, органогенно-обломочная, комковатая, текстура – массивная. Микроскопически порода представлена окатанными карбонатными комками, сложенными пелитоморфным кальцитом, размер которых составляет 0,05x 0,25 мм, образованных, вероятно, за счет разложения фораминифер, присутствуют псевдоолиты, обломки известняков, остатки фауны (10 %). Промежутки заполнены крупнозернистым кальцитом. В массе породы равномерно распределены зерна кварца. Пирит – 1 %. Коллекторские свойства пород, нижнего мела, оцениваются как низкие [5]. Проницаемость песчаников не превышает 0,0001 мкм², величины коэффициента открытой пористости – ниже 15 %.

По достижении глубины 5590 м в скв.-2 площади Бабаюрт в интервале 5068-5590 м получен непромышленный приток газа с конденсатом. Вероятно, в интервале 5416,0-5423,6 м расположен «нефтенасыщенный» пласт, который подтверждается нефтепроявлением в скв.-3. при достижении глубины 5425 м, скважина начала фонтанировать газ с конденсатом – получен промышленный приток газа и конденсата. Слабые притоки газа были получены по мере углубления скв.-2. в интервалах 5636-5656 м и 5710-5756 м [1]. Таким образом, тем самым была доказана продуктивность нижнемеловых отложений Терско-Сулакской впадины.

В позднеюрское время происходит радикальная перестройка палеогеографической обстановки и тектонического режима. Значительное повышение среднегодовой температуры и сухости климата обусловили в позднеюрское время аридный тип литогенеза. В этих условиях осуществлялась хемогенная седиментация и формируется карбонатно-сульфатная формация. Поступление терригенного материала почти полностью прекращается. Осадконакопление происходило в окислительных, временами в закисных геохимических условиях, при постоянно высоких значениях pH-среды.

Породы в литологическом отношении представлены в основном доломитами и гипсами. Однообразие литологического состава свидетельствует о постоянстве условий образования в неглубокой лагуне, где накопление осадков происходило при компенсированном погружении дна. Глубокопогруженные отложения верхней юры вскрыты на площади Бабаюрт-4 (интервал 5993-

6000), представленные доломитами с прослоями и линзами ангидрита. Доломиты известковые, серые, плотные, однородные. Структура – тонко- и мелкозернистая, мозаичная, текстура – массивная. Порода состоит из неправильных, реже ромбоэдрических кристаллов доломита размером от 0,1 до 0,25 мм, некоторые из них обладают волнистым погасанием. Порода интенсивно кальцитизирована, кальцит участками образует крупные скопления, что в среднем замещает 35% породы.

С отложениями миоцена и мела, распространенными повсеместно связаны перспективы нефтегазоносности ТСН. Первоочередным объектом для глубокого бурения является средне-миоценовый комплекс, в частности, караган-чокракские отложения, интерес представляют нижняя и средняя часть чокрака. Сейсмическими и литолого-стратиграфическими исследованиями здесь выявлены выклинивающие зоны песчаников, обуславливающие благоприятные ловушки для скопления залежи УВ. Исследованы керновые материалы по ряду скважин (Сулак-1,3, Аксай-1,2, Бабаюрт-2,3,4) для определения вещественного состава пород, их постседиментационных изменений и условий осадконакопления (рис. 2). Разрез представлен терригенными породами: глины, алевролиты, песчаники с преобладанием последних (70 %). Минералого-петрографические исследования и изучение катагенеза органического вещества свидетельствуют о слабом изменении чокрак-караганских отложений, породы не подвергались вторичным изменениям, что наряду с благоприятным вещественным составом способствует сохранению на больших глубинах ФЕС. Учитывая соответствующие структурно-фациальные условия (наличие зон выклинивания) они могут быть оценены как перспективные нефтегазовые.

Глубокопогруженные меловые отложения вскрыты на площади Бабаюрт (рис. 2). Верхний мел представлен полной мощностью, изучение которых показало отсутствие фораминиферных слоев. В литологическом отношении толща сложена однообразными плотными известняками. Независимо от глубины погружения породы сохраняют структуру и состав. На площади Бабаюрт выявлен ряд куполов небольших размеров, образовавшихся в позднеолигоценую фазу складчатости. Этот период является благоприятным для начала формирования газоконденсатных залежей верхнемеловых известняков, подвергнутых интенсивной тектонической трещиноватости. Продуктивность приурочено к зоне тектонических нарушений. Исследованные образцы характеризуются низкими ФЕС, и относятся к тренщинному типу коллекторов. В скважине-3 отмечались газопроявления, в скв.-2 выделено газопроявление пласта. Также на Бабаюртовской площади изучены глубокопогруженные отложения верхней юры и полный разрез нижнего мела (рис. 1-2). Песчаники нижнего мела образуют мощные пачки с благоприятным вещественным составом (олигомиктность, хорошая отсортированность и окатанность зерен, низкая карбонатность и глинистость), что способствует сохранению на больших глубинах и ФЕС. Нефтепроявления обнаружены в скв.-3 (глубина – 5416 м) получен газ с конденсатом, что указывает на продуктивность нижнемеловых отложений Терско-Сулакской впадины, тем более, что, именно, с этими нижнемеловыми отложениями связаны залежи.

Изучение нефтегазоносности различных перспективных районов невозможно без знаний азов научных дисциплин таких, как нефтегазоносные бассейны, литология, стратиграфия, геохронология, геохимия, геофизика, геотермия, гидрогеология и др., которые получили развитие в конце XX века. Развитие этих дисциплин обусловили возникновению геосинергетики нефти и газа. Геосинергетический метод А.Н. Резникова позволяет изучать проявления геологических процессов в планетарном масштабе [6].

Таким образом, при проведении геолого-разведочных, поисково-оценочных работ на нефть и газ, а также в процессе их разработки необходимо проводить специальные геосинергетические исследования, что потребует создания лабораторий геосинергетических исследований нефтегазоносных бассейнов в отраслевых и академических НИИ.

Работа выполнена по госзаданиям Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Магомедов Ю.М. Новые данные о геологическом строении и перспективах нефтегазоносности Терско-Каспийского прогиба. Геологические исследования и некоторые прикладные аспекты. (К 80-летию со дня рождения Д.Г. Осика) //Тр. ИГ ДНЦ РАН, Махачкала, 2007г. Вып. № 51 С. 83-86.
2. Буторин Г.Д., Шарафутдинов В.Ф. Оligоценовая эпоха в формировании складчатого Дагестана //Тр. ИГ ФАН СССР, 1984, вып. 30. 173 с.
3. Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г. Геология месторождений нефти и газа Дагестана. Махачкала, Дагиздат, 1986. 312 с.
4. Джабраилов М.О., Эйвазов А.М. Терско-Сулакская впадина – новый нефтегазоносный район. Тр. ИГ ДНЦ РАН, 1990, вып. 41. 246 с.
5. Багринцева К.И. Карбонатные породы-коллекторы нефти и газа. М.: Недра, 1977. 219 с.
6. Резников А.Н. Геосинергетика нефти и газа. Ростов-на-Дону, 2008, 303 с.

УДК 551.7

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-15-26

К ВОПРОСУ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВРАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАГЕСТАНА НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ

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

В работе проведен анализ разработки месторождений Дагестана и опубликованного материала, а также использованы данные Государственных балансовых запасов с целью обоснования рекомендаций методов и технологий повышения нефтегазоотдачи месторождений, исходя из физико-химических свойств УВ и динамики подземных вод, в частности, гидродинамические, вибросейсмическое воздействие на пласты и теплофизические.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, минерально-сырьевая база, КИН, МУН, нефтегазоотдача, тепловые, гидродинамические, вибросейсмические методы, извлекаемые, извлекаемые, балансовые и остаточные запасы, ресурсы, нефть, газ, газоконденсат, обводненность, выработанность, категория, добыча, разбуренные, энергетический потенциал, фильтрация, динамика.

ON THE ISSUE OF INCREASING OIL RECOVERY IN THE DEVELOPED FIELDS OF DAGESTAN BASED ON MODERN METHODS AND TECHNOLOGIES HYDROCARBON PRODUCTION

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

The paper analyzes the development of deposits in Dagestan and the published material, and also uses data from the State balance reserves to substantiate the recommendations of methods and technologies for increasing oil and gas recovery from deposits, based on the physicochemical properties of hydrocarbons and groundwater dynamics, in particular, hydrodynamic, vibroseismic effects on formations and heat-physical.

Keywords: oil and gas complex, mineral resource base, oil recovery factor, EOR, oil and gas recovery, thermal, hydrodynamic, vibroseismic methods, recoverable, recoverable, balance and residual reserves, resources, oil, gas, gas condensate, water cut, depletion, category, production, drilled, energy potential, filtration, dynamics.

Введение

Специалисты нефтегазового комплекса России давно обозначили две основные негативные тенденции в развитии отрасли, которые вызывают особую тревогу. Это, во-первых, отставание процесса воспроизводства минерально-сырьевой базы и, во-вторых, продолжающееся падение показателей нефтеотдачи.

Такая ситуация сложилась в первую очередь из-за многолетнего недофинансирования и снижения объемов ГРП. Кроме того, в отрасли уже ряд десятилетий идет постоянное падение среднего проектного коэффициента извлечения нефти (КИН), который с 51% – в 1960 г. уменьшился до 25-28% – в последние 10-15 лет XIX в. Только за счет низкого КИН потенциальные извлекаемые запасы нефти в РФ уменьшились на 15 млрд. тонн [1].

Перспективы развития нефтяной промышленности республики, ориентированные на сохранение уровня добычи и дальнейшего ее роста, предполагают наряду с освоением новых месторождений, постоянным увеличением добычи за счет более полного ее извлечения. Тенденция роста в высокой потребности УВ сырья и мировых цен на нефть приводят к активизации исследований методов повышения нефтегазоотдачи в разрабатываемых месторождениях и пластах. Извлечение остаточной нефти из эксплуатируемых пластов в современном мире является актуальной проблемой [2].

Эффективность извлечения нефти из нефтеносных пластов современными, промышленно освоенными методами разработки во всех нефтедобывающих странах на сегодняшний день считается неудовлетворительной. В среднем нефтеотдача пластов по различным странам и регионам колеблется в пределах 25-40%.

Например, в странах Латинской Америки и Юго-Восточной Азии средняя нефтеотдача пластов составляет 24–27%, в Иране – 16–17%, в США, Канаде и Саудовской Аравии – 33–37%, в странах СНГ и России – до 40%, в зависимости от структуры запасов нефти и применяемых методов разработки (Смирнова Т.С., Долгова Е.Ю. и др., 2013)

Остаточные или неизвлекаемые промышленно освоенными методами разработки запасы нефти достигают в среднем 55-75% от первоначальных их геологических запасов в недрах (Рис.1) [1].

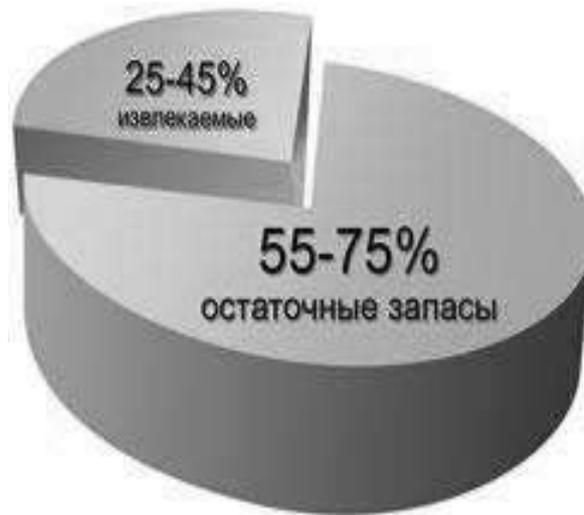


Рис. 1. Соотношение извлекаемых и остаточных запасов в мире

Дальнейшее развитие нефтегазодобывающей промышленности находится в прямой зависимости и от результатов поисково-оценочных работ, обеспечивающих прирост запасов УВ и, особенно, в старых нефтегазодобывающих районах, в которых первичные методы исчерпаны, вторичные не дают результатов.

Для решения этих проблем необходимо инвестирование поисково-оценочных и геолого-геофизических работ, а также применение самой совершенной аппаратуры, широкой комплексности проводимых исследований и системного подхода в анализе и обобщении обширного фактического материала с использованием всех имеющихся данных по сейсморазведке и бурению, а в разрабатываемых месторождениях – и данных по разработке. В последние годы, к сожалению, в Дагестанском секторе Восточного Предкавказья такие работы не проводятся, связанные со многими причинами.

Максимального значения (пик Хабберта) добыча УВ в Дагестане достигла в 1970г. (нефть – 1600 тыс.т. газ – 2,178 млн. м³), после чего стабильно начала падать. Но, однако, в старых нефтегазодобывающих регионах, каковым является и исследуемый регион, в которых месторождения УВ находятся на последней стадии разработки, о чем свидетельствует кривая М.К. Хабберта (Рис.2), следует применять новые методы и технологии по увеличению нефтегазоотдачи. В такой ситуации необходимо провести поиски третичных методов. Существует масса таких методов и технологий извлечения остаточной нефти.

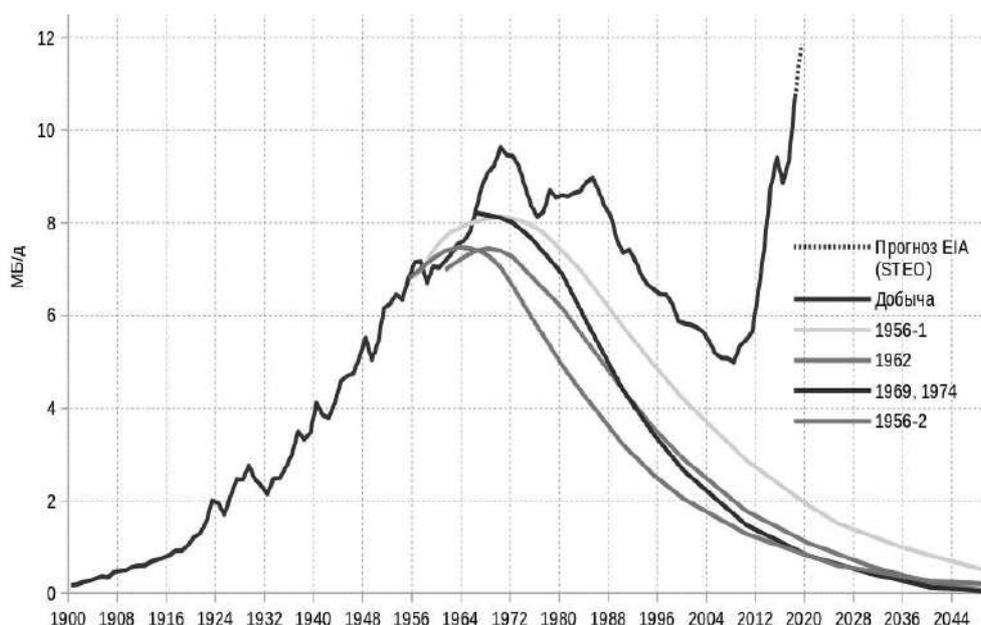


Рис. 2. Кривая Хабберта и добыча нефти в США.

Научно-исследовательскими институтами нефтегазовой отрасли разработано, испытано и сдано более 60 технологий, направленных на повышение нефтеотдачи пластов физико-химическими методами и на вытеснение нефти разнообразными составами, растворами и соединениями.

Методы увеличения нефтеотдачи

В старых нефтегазодобывающих районах, практически, сократились геологоразведочные работы с целью поиска новых перспективных структур и залежей. В сложившейся ситуации возникает необходимость в рассмотрении новых методов и технологий увеличения нефтегазоотдачи из скважин и месторождений, находящихся в разработке в настоящее время. Необходимо также рассматривать состояние разработки месторождений и отдельных пластов с целью выявления и возможности их вовлечения с остаточными запасами в доразработку с применением новых методов увеличения нефтегазоотдачи.

Нами проводился сбор и анализ опубликованных и фондовых материалов по разработке и технико-экономическим показателям добычи УВ за последние 10 лет по месторождениям Дагестана, проанализированы также данные по государственным балансовым запасам.

Проведенный анализ материалов разработки, позволил установить, что большая часть месторождений характеризуется высокой степенью обводненности – около 100% (от 85 до 98%) и большой выработанностью (50-70%) запасов, текущий КИН – доли единиц.

Нами проведен анализ Государственных балансовых запасов нефти по состоянию на 01.01.2018г. в РД, где учтено 41 месторождение (21 нефтяное, 4 газонефтяных, нефтегазоконденсатных) с разбуренными технологическими извлекаемыми запасами на разрабатываемых месторождениях категории $A+B_1$ – 8,458 млн.т, на разведываемых кат. C_1 – 0,122 млн.т, всего (кат. $A+B_1+C_1$) – 8,580 млн.т. Неразбуренные извлекаемые запасы нефти кат B_2 (оцененные) на разрабатываемых месторождениях составляют 1,509млн. т, на разведываемых кат C_2 – 0,376млн.т, всего (кат. B_2+C_2) – 1,885млн. т (табл.1.)

В 2017г. в РД добыто 0,156 млн.т нефти, что на 0,011млн.т, или 6,59% меньше, чем в 2016г.

Эта тенденция будет расти, если не принимать радикальные меры, в частности, если не провести доразведку с применением высокоточной сейсмоки или новых методов и технологий по увеличению конечной нефтеотдачи.

Таблица 1

Распределение извлекаемых запасов кат А+В₁ (разбуренных), кат В₂, С₂ (оцененных) и добыча нефти (млн. т)

Количество месторождений	Запасы на 01,01,2018г.								Добыча за 2017г.		Добыча с начала разработки
	А+В ₁	С ₁	А+В ₁ +С ₁	Изменение запасов за 2017г.	В ₂	С ₂	В ₂ +С ₂	Изменение запасов за 2017г.	всего	Изменение добычи за 2017г.	
41	8,458	0,122	8,580	1,655	1,509	0,376	1,855	-1,526	0,156	-0,011	43,085

По степени промышленного освоения в разрабатываемых в РД на указанную дату учтены 38 месторождений с извлекаемыми запасами кат. А+В₁ – 8,458млн.т, кат. В₂ – 1,509млн.т, в разведываемых – 3 с извлекаемыми запасами категории С₁ – 0,122млн.т, категории С₂ – 0,376 (табл.2.).

Таблица 2.

Распределение запасов нефти по степени промышленного освоения месторождений

Степень промышленного освоения месторождений РД	Количество месторождений в РД	Запасы на 01,01,2018г.								
		А+В ₁	В ₂	С ₁	С ₂	А+В ₁ +С ₁	% от запасов республики	Добыча	% добычи республики	В ₂ +С ₂
	41	8,458	1,509	0,122	0,376	8,580	100	0,156	100	1,885
Разрабатываемые	38	8,458	1,509	-	-	8,458	98,58	0,156	100	1,509
Разведываемые	3	-	-	0,122	0,376	0,122	-	-	-	0,376

Запасы категории А на разрабатываемых месторождениях составляют 4,112млн. т, или 48,62%, кат. В₁ – 4,346млн.т (51,38%). За год извлекаемые запасы категории А увеличились на 1,047млн.т, или 34,16%, категории В₁ – на 0,608млн.т (16,26%).

Качественная характеристика нефтей

Нефть на месторождениях различна по плотности, вязкости, содержанию серы, парафинов, смол и асфальтенов. На долю особо легкой (до 0,830 г/см³) приходится 75,3% извлекаемых запасов кат. А+В₁+С₁; легкой (0,831-0,850 г/см³) –13,05%; средней плотности (0,851-0,870 г/см³) – 9,25%; тяжелой (0,871-0,895 г/см³) –1,43%. По оставшейся части разбуренных запасов (0.97) сведения о плотности нефти не представлены (табл.3).

Таблица 3.

Извлекаемые запасы кат. А+В₁ и С₁ и добыча нефти с различной плотностью на 01.01.2018г.млн.т.

Плотность, г/см ³													
До 0.830		0.831-0.850		0.851-0.870		0.871-0.895		Более 0.895		Сведений нет		всего	
запасы	Добыча за 2017г.	запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.						
6.472	0.117	1.020	0.018	0.794	-	0.123	0.021	-	-	0.071	-	8.560	0.156

Доля малосернистой нефти, содержание которой составляет менее 0,5%, на месторождениях, в целом, составляет 80,44%, среднесернистой – (0,5-1,0%) – 0,02%. По оставшейся части разбуренных запасов А+В₁+С₁ (19.545) сведения о содержании серы не представлены (табл.4).

Таблица 4

Извлекаемые запасы кат. А+В₁ и С₁ и добыча нефти с различным содержанием серы на 01.01.2018 г. млн.т.

Содержание серы, %											
До 0.5		0.5-1.0		1.0-3.0		Более 3.0		Сведений нет		всего	
запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.
6.902	0.133	0.002	0.001	–	–	–	–	1.676	0.022	8.580	0.156

По имеющимся на данным, в малопроницаемых коллекторах (менее 0,05 мкм²) учтены 3,383 млн. т, или 39,43%, запасов кат. А+В₁+С₁ (3,373млн.т – на разрабатываемых месторождениях и 0,010млн.т – на разведываемых).

Распределение извлекаемых запасов нефти с различной вязкостью приводится в таблице 5, с содержанием смол и асфальтенов – в таблице 6, парафинов – в таблице 7.

Таблица 5

Извлекаемые запасы кат. А+В₁ и С₁ и добыча нефти с различной вязкостью на 01.01.2018 г. млн.т.

Вязкость, мПа с													
До 5.0		5.1-10.0		10.1-30.0		30.1-200		Более 200		Сведений нет		всего	
Запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.
4.602	0.076	3.059	0.073	–	–	–	–	–	–	0.918	0.007	8.580	0.156

По величине извлекаемых запасов нефти (кат. А+В₁+В₂) и (кат. С₁+С₂) на указанную дату 2 месторождения относятся к мелким (41,32% разрабатываемых запасов) и 39 – к очень мелким (58,68% разрабатываемых и 100% – разведываемых запасов).

Таблица 6

Извлекаемые запасы кат. А+В₁ и С₁ и добыча нефти с различным содержанием смол и асфальтенов на 01.01.2018 г. млн.т.

Содержание смол и асфальтенов, %									
Менее 5		5-15		Более 15		Сведений нет		всего	
запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.	запасы	Добыча за 2017 г.
6.019	0.121	0.902	0.018	0.125	0.003	1.534	0.014	8.580	0.156

На мелких месторождениях в 2017г. добыто 0,030 млн.т (19,23% от общей добычи в республике), на очень мелких – 0,126млн. т (80,77%).

Неразбуренные извлекаемые запасы нефти кат В₂ (оцененные) на разрабатываемых месторождениях составляют 1,509 млн. т, на разведываемых кат С₂ – 0,376 млн.т, всего (кат. В₂+С₂) – 1,885 млн.т.

Таблица 7

Извлекаемые запасы кат. А+В₁ и С₁ и добыча нефти с различным содержанием парафинов на 01.01.2018 г. млн.т.

Содержание парафинов, %									
Менее 1.5		1.5-6.0		Более 6.0		Сведений нет		всего	
запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.	Запасы	Добыча за 2017 г.
–	–	2.446	0.014	4.644	0.128	1.490	0.014	8.580	0.156

По конденсату учтены 18 месторождений (6 газоконденсатных, 12 нефтегазоконденсатных) с технологическими извлекаемыми запасами конденсата: на разрабатываемых месторождениях (13 месторождений) категории А+В₁ – 1,793 млн. т, на разведываемых категории С₁ – 0,082 млн. т. Извлекаемые (оцененные) запасы на разрабатываемых месторождениях составляют кат. В₂ – 3,605 млн т., на разведываемых кат. С₂ – 0,040 млн т, всего (кат В₂+С₂) – 3,645 млн. т.

Начальные суммарные ресурсы на 01.01. 2009 составляет 15,900 млн. т. Запасы на 01.01.2018 по кат А+В₁+С₁ – 1,875 млн т, В₂+С₂ – 3,645 млн т; прогнозные ресурсы по кат. Д₁+Д₂ – 8,146 млн. т.

По горючим газам учтены 19 месторождений (1 – газовое, 1 – газонефтяное, 6 – газоконденсатных и 11 – нефтегазоконденсатных) с технологическими извлекаемыми запасами свободного газа (включая газ газовых шапок) на разрабатываемых месторождениях кат. А+В₁ – 62,907 млрд. м³, на разведываемых кат. С₁ – 1,488 млрд. м³, всего (кат. А+В₁+С₁ – 64,395 млрд. м³). Извлекаемые запасы (оцененные) на разрабатываемых месторождениях кат. В₂ составляют 37,864 млрд. м³, на разведываемых кат. С₂ – 1,958 млрд. м³, всего (кат. В₂+С₂) – 39,822 млрд. м³).

Запасы кат. А на разрабатываемых месторождениях составляют 20,338 млрд м³ (32,3%), кат. В₁ – 42,569 млрд. м³ (67,7%). Ресурсы категории Д₀ – 225,989 млрд. м³

Краткая характеристика технико-экономических показателей и состояние разработки месторождений УВ

В 2018г. в разработке находились 22 (30 скважин-2014г.) нефтяных месторождений, из которых предусматривалось добыть 151,117 тыс. т. и 23,892 млн.м³ попутного нефтяного газа. Фактически добыто 138,442 тыс.т. нефти и 22, 300 млн. м³ попутного нефтяного газа. Коэффициент эксплуатации действующего фонда скважин составил 0,95, при плановом – 0,97. Невыполнение плана связано со снижением дебита нефти в скважинах ряда месторождений, связанное высокой обводненностью пластов.

В качестве примера рассмотрим три месторождения. Для месторождения В-Сухокумское текущие коэффициенты извлечения нефти (КИН) низкие – 0,178 долей единиц, степень выработанности – 51%, обводненность, практически, достигает 100%. А для месторождения В-Юбилейное КИН – 0,30 долей единиц, степень выработанности – 80%, обводненность – 85-90%. Для месторождения Русский Хутор текущий КИН – 0,43 доли единиц, степень выработанности составляет 50-60%, обводненность – 90-95%. Практически, на всех месторождениях проводят закачку воды с целью утилизации. Такая ситуация складывается для большинства месторождений Равнинного Дагестана.

Таким образом, КИН для месторождений характеризуется низкими долями единиц и выработанностью – 50-85%, а также высокой обводненностью – до 98%. (рис. 3-5.).

При водонасыщенности более 20 % фазовая проницаемость породы для нефти резко снижается, хотя и получаем еще безводную нефть в пределах пластовых градиентов давлений. Это объясняется тем, что за счет молекулярно-поверхностных сил вода удерживается в мелких порах и на поверхности зерен песка в виде тонких пленок, тем самым уменьшая площадь сечения фильтрационных каналов. При достижении водонасыщенности 80 % фильтрация нефти

прекращается, хотя еще в пласте имеется нефть. Поэтому нельзя допускать преждевременного обводнения скважин, необходимо предупреждать попадание воды в призабойную зону при вскрытии пласта в процессе проведения ремонтных работ [5].

Такая картина увеличения обводненности месторождений наблюдается на всей территории Прикумской нефтегазодобывающей области. Очень часто происходят аварии в скважинах, в результате чего приходится остановить и проводить ремонтные работы, чаще останавливают из-за высокой обводненности скважин, или из-за перетоков воды из выше- или нижележащих пластов.

С целью повышения нефтеотдачи проводится, в основном, кислотная (HCl) обработка эксплуатационных скважин, что в данной ситуации является малоэффективным.

На протяжении последних 20-25 лет прослеживается тенденция к увеличению, практически, в четыре раза выработанности месторождений, в связи с чем такая задача, как повышение нефтеотдачи, является актуальной первоочередной с целью наращивания роста топливно-энергетического потенциала.

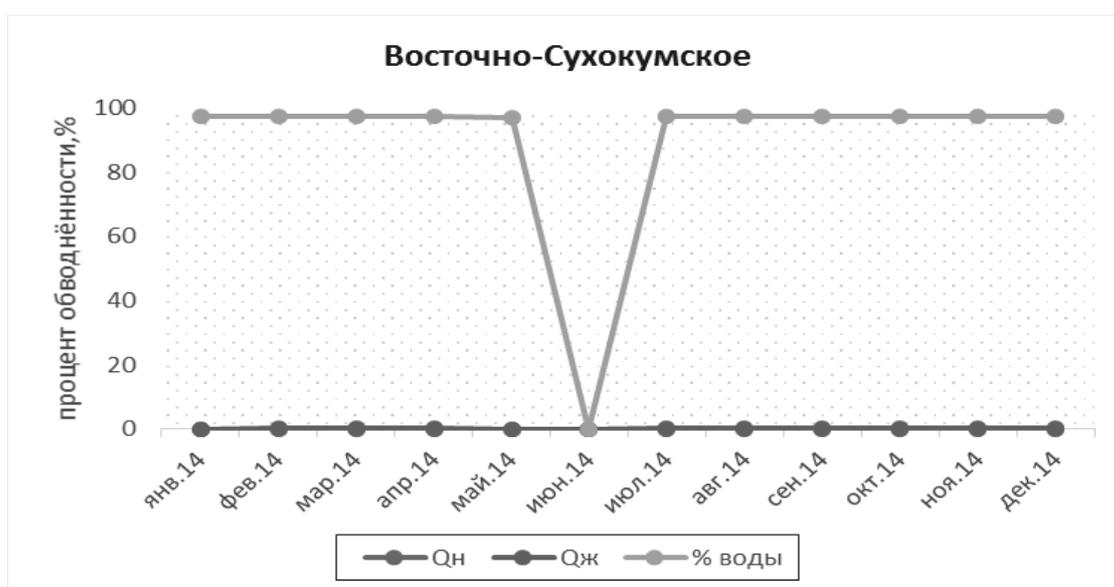


Рис.3. Изменение добычи нефти, жидкости, содержания воды в продукции

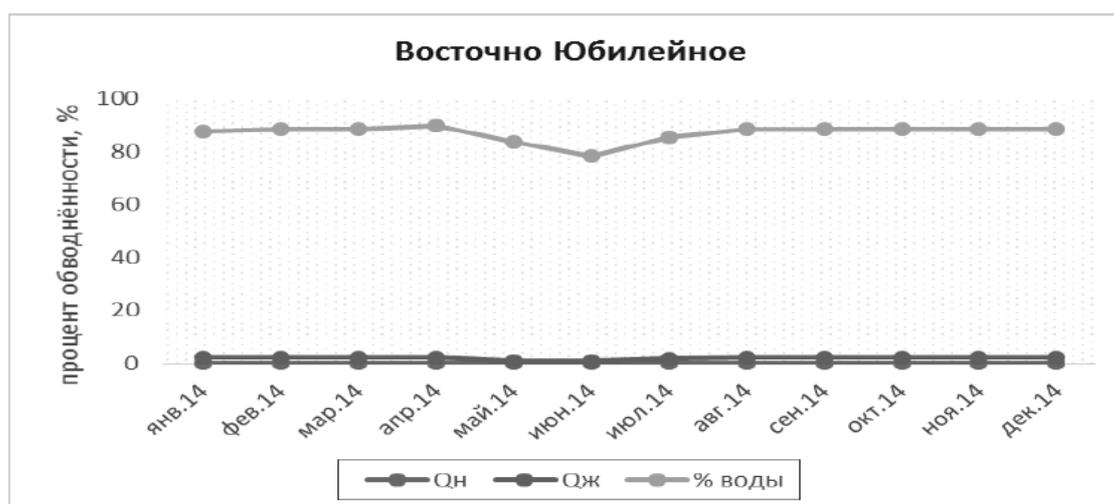


Рис. 4. Изменение добычи нефти, жидкости, содержания воды в продукции

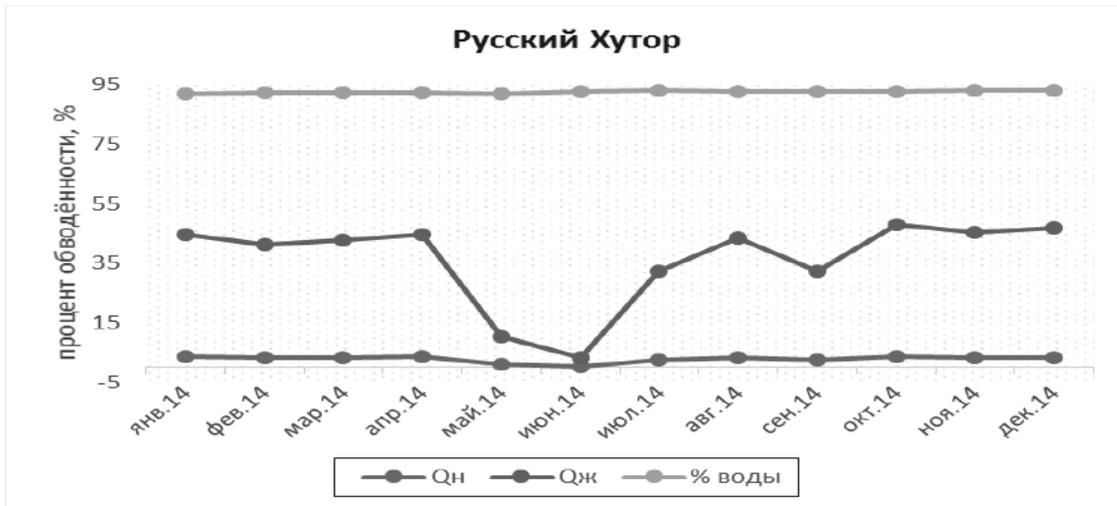


Рис.5. Изменение добычи нефти, жидкости, содержания воды в продукции

В 2018 г. нами была проведена типизация залежей и месторождений УВ Прикумской нефтегазоносной области, в результате которого было выявлено в различных стратиграфических нефтегазоносных комплексах 19 карбонатных коллекторов (трещиновато-поровыми, трещинно-каверновым, трещинным, порово-каверновым типами и др.) и 19 песчаных коллекторов (в основном, трещинно-поровыми типами) и различными фазовыми состояниями УВ. Структурный тип залежей, в основном, пластово-сводовые – 18, 13 – массивные, остальные смешанного типа. По фильтрационно-емкостным свойствам, средняя пористость отложений варьирует от 0,7 до 22,9%, а проницаемость – 0,00002-0,83 мкм².

В связи с этими обстоятельствами, исходя из физико-химических свойств УВ, пористости и проницаемости, литологического типа коллекторов, динамики подземных вод (схематическая карта энергетических потенциалов, рис.5) [4], предлагается гидродинамические методы увеличения нефтеотдачи, т.к. этот метод является одним из самых эффективных и актуальных в данной ситуации. Эти методы имеют несколько видов, из которых основными являются: циклическое заводнение, изменение направлений фильтрационных потоков, форсированный отбор жидкости. Суть нестационарного (циклического) заводнения заключается в создании в пластах искусственного нестационарного давления методом периодического изменения режима эксплуатации залежи периодической остановкой и возобновлением закачки воды, что способствует проникновению воды в области пласта, ранее неподвергнутые воздействию. Метод изменения направлений фильтрационных потоков применяется для вовлечения в разработку застойных (или менее интенсивного движения), не охваченных заводнением зон пласта, для чего необходимо изменить общую гидродинамическую обстановку в нем, достигающуюся перераспределением отборов и закачки воды по скважинам. В результате изменения закачки меняются направленность и величины градиентов давления, за счет чего, ранее не охваченные участки заводнением, воздействуют более высокие градиенты давления, и нефть из них вытесняется в заводненную, проточную часть пластов, вследствие чего достигается увеличение нефтеотдачи. Метод форсированного отбора жидкости основывается на увеличении градиентов давления и скорости фильтрации, вследствие чего текущая добыча и нефтеотдача возрастают [5-8].

С целью обоснования применения гидродинамических методов повышения нефтеотдачи нами использовались результаты гидродинамических исследований для мезозойского гидрогеологического этажа, которые позволяют рассматривать мезозойскую водонапорную систему как совокупность фильтрационно-анизотропных блоков, ограниченных разрывными нарушениями с сочетанием горизонтального и вертикального типов водообмена.

Поскольку мы принимаем положение, что зоны разгрузки являются потенциальными участками скопления УВ, для оценки возможных зон их скопления и выяснения общей картины

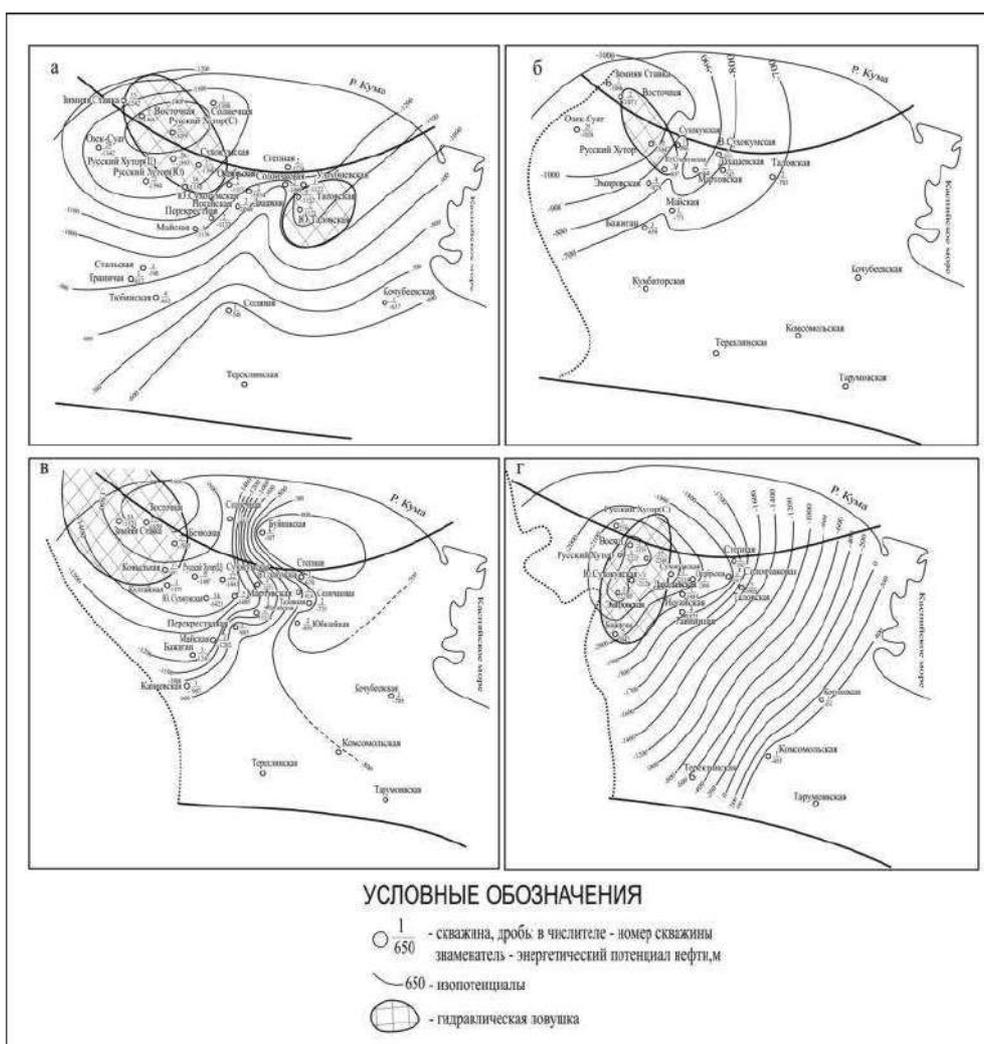
направления движения подземных вод выполнен сравнительный анализ энергетических потенциалов пластовых вод и нефти и построены схематические карты с использованием гидродинамических показателей для первоначального этапа разработки месторождений УВ (рис. 5) [3].

Более подробная гидродимическая характеристика мезозойских водоносных горизонтов и комплексов приводится в работе [4].

Анализ и сопоставление карт приведенных напоров подземных вод и энергетических потенциалов УВ водоносных комплексов мезозойских отложений позволяет в первом приближении рекомендовать применение всех трех методов: циклическое заводнение, изменение фильтрационных потоков и форсированный отбор жидкости. Однако, для более точного и окончательного решения о применении этих методов или одного из них, необходимо детально изучить гидрогеологию Прикумской нефтегазоносной области, в частности, рассматриваемых водоносных горизонтов и комплексов.

Распределение напоров и энергетических потенциалов, характеризующих область сочленения Предкавказской эпигерцинской платформы и Терско-Каспийского передового прогиба, свидетельствует о снижении их величин от краевого прогиба к платформенной части, исходя из чего можно рекомендовать «изменение фильтрационных потоков»

Следующим из новых методов увеличения нефтеотдачи является вибрационные, разработанные в ИПНГ РАН, схема которой приводится на рисунке 6.



Водоносные горизонты: а – неокомский; б – верхнеюрский карбонатный; в – келловейский; г – байос-батский

Рис. 5. Схематические карты энергетических потенциалов нефти



Рис. 6. Вибрационный метод увеличения нефтеотдачи.

Одним из перспективных методов повышения нефтеотдачи для обводнённых месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, является вибросейсмическое воздействие (ВСВ) на нефтегазовые пласты. В течение последних лет, по данным опубликованной научно-технической литературы, ВСВ применялось на 12 месторождениях, в которых обеспечивалась дополнительная добыча нефти на участке, охваченном воздействием [9].

Остаточная нефть в пластах удерживается главным образом в трех видах:

- пленочная нефть на стенках капилляров и трещин;
- нефть в виде рассеянных ганглий (узел, скопление), заземленных в породе;
- нефть в виде не вовлеченных в разработку нефтенасыщенных зон (целиков), обтекаемых со всех сторон вытесняющим агентом (водой) или запертых в тупиках контура нефтеносности.

Одним из немногих методов, воздействующих на все три вида остаточной нефти, является ВСВ. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что флюидонасыщенный пласт можно рассматривать как блочно-иерархическую структуру с различными размерами геоблоков (для карбонатных коллекторов – до 30 см, для терригенных – до 1-3 м), разделенные трещинами, заполненными флюидом, и находятся в напряженном состоянии из-за горного давления. Такая структура обладает следующими свойствами [10-11]:

- существуют доминантные (квазирезонансные) частоты, на которых происходит увеличение амплитуд колебаний геоблоков;
- в структуре геоблоков возникают низкоскоростные (300-600 м/с) деформационные и маятниковые волны;
- возникает эффект аномально низкого трения из-за уменьшения площади контакта в режиме маятниковой волны и из-за соразмерности рельефа шероховатости поверхности геоблока с амплитудно-фазо-частотными характеристиками деформационных волн.

Полная методика применения ВСВ приводится в работе [9].

Далее, для нефтей, имеющих высокую вязкость (табл.4) и высоким содержанием, смол и асфальтенов (табл.5) и парафина (табл.6), нами рекомендуются теплофизические методы и ВСВ на нефтегазоносные пласты.

Кроме того, сотрудником ИПГ РАН разработан реагент, способствующий увеличению КИН. Нами намечалось проведение эксперимента в автоклаве созданием приближенных пластовых термобарических условий с применением этого реагента и керном из нефтеносного интервала, но, к сожалению, весь керновый материал передан ПАО «Роснефть-Дагнефть» по акту в г.

Апревлевка Московской области, нет и возможности описания данного метода, т.к. разработка находится в патентном поиске.

В Предгорном Дагестане на ряде месторождений: Селли, Гаша, Ачи-су, Шамхал-Булак, Дузлак, Избербаш, коэффициент извлечения запасов нефти и газа составляет меньше 0,3%.

С целью достижения более высоких показателей разработки (экономическая эффективность, высокая нефтеотдача и короткие сроки разработки) на промыслах используются вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи (МУН).

Наука и опыт показывают, что эффективная разработка месторождений высоковязких нефтей может быть обеспечена, главным образом, за счет применения тепловых методов воздействия на нефтеносные пласты. Если в 1979г. в общей добыче нефти за счет методов увеличения нефтеотдачи доля термических методов в нашей стране составляла 18,4%, то в 1986г. она достигла 53,3%. В 1995г. дополнительно добытой нефти в мире за счет новых методов увеличения нефтеотдачи пластов было получено при внедрении тепловых методов. Объектом для внедрения этого метода могут быть использованы выведенные из эксплуатации нефтяные месторождения Селли с остаточными запасами 693 тыс.т. (достигнутый коэффициент извлечения нефти – 0,25%), Гаша – с остаточными запасами 480 т.т. (коэф. извл. – 0,35%), газовые месторождения Ачи-Су, Избербаш.

Необходимо на первом этапе рассмотреть месторождения Сели, Гаша, Шамхал-Булак, Ачи-су, Избербаш по реальному состоянию фонда эксплуатационных скважин, их техническому состоянию и возможности использования их для восстановления и применения в качестве нагнетательных. Для рекомендованных скважин необходимо предложить эффективный способ воздействия на пласт вторичными методами разработки.

Далее, на основе «дорожной» карты осуществляемой разработки необходимо выделять изолированные участки (целики) залежи и рекомендовать бурение скважин для извлечения остаточных запасов нефти из этих участков.

Методы извлечения остаточных запасов в Предгорном Дагестане применяются в различных модификациях. Наиболее опробованным методом воздействия на пласт с целью продвижения нефти к забою скважины является традиционное заводнение пласта или базируется на нем (физико-гидродинамическое, физико-химическое, термохимическое). Однако все эти методы могут быть использованы после всесторонних геолого-промысловых исследований, прежде чем будут использованы, как наиболее эффективные для применения на отдельных участках месторождений. Опыт применения различных методов увеличения нефтеотдачи пластов показывает, что успех дела и эффективность процессов в значительной мере зависят от того, насколько обоснованно выбран метод, а реализация технологического процесса учитывает состояние остаточных запасов нефти и ее размещение по всему объему залежи. Для гарантированного успеха применения того или иного метода необходимо учитывать методику предшествующей разработки залежи, особенности работы скважин, характер режима залежи, состава и свойств флюидов. Всей этой информацией о нефтеносном пласте необходимо располагать и уметь использовать при проектировании процессов извлечения остаточных запасов, особенно в сложных горно-геологических условиях и типах коллекторов, каковым является Предгорный Дагестан.

Учитывая размещения нефти по всему контуру нефтеносности, есть возможность выделения изолированных частей залежи. При обнаружении таких зон необходимо рассмотреть вопрос о целесообразности заложения дополнительных скважин.

Выводы

Исходя из вышеизложенного и состояния изученности, к задачам ближайшего будущего нефтегазовой геологии и гидрогеологии региона следует отнести разработку и усовершенствование гидродинамических методов их поисков и конкретизация методов увеличения нефтеотдачи, учитывая направление движения подземных вод и геолого-промысловых параметров месторождений.

Таким образом, остаточные запасы УВ в республике есть, но новых методов и технологий применения МУНа нет. Необходимо провести более детальное исследование гидрогеологических условий нефтегазообразования и геолого-промысловых характеристик разрабатываемых месторождений с учетом физическо-химических свойств УВ

Применяя все вышеперечисленные методы и технологии по повышению конечной нефтегазоотдачи, имеются все реальные возможности извлечь остаточные запасы нефти и газа и, тем самым способствовать приросту запасов УВ и наращиванию топливно-энергетического потенциала республики.

Работа выполнена по госзаданиям Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Боксерман А.А., Мищенко И.Т. «Пути преодоления негативных тенденций развития НГК России»//«Технологии ТЭК», №4 (29), с.30, 2006.
2. Источник: Neftegaz. RU
3. Меликов М.М. Гидрогеологические условия формирования и размещения залежей углеводородов мезозойских отложений Прикумской нефтегазоносной области Восточного Предкавказья. «Проблемы гидрогеологии XXIV: Наука и образование»//Сб. докладов конференции, посвященной 60-летию кафедры гидрогеологии МГУ им М.В.Ломоносова. Макс-пресс, Москва, 2013г.С.113-123.
4. Сургучев М.Л., Горбунов А.Т. Методы извлечения остаточной нефти. - М.: Недра, 1991. -347 с.
5. Бойко В.С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: учеб.для вузов. - М.: Недра, 1990. - 427 с.
6. Сургучев М.Л., Шарбатова И.Н. Циклическое воздействие на неоднородные нефтяные пласты. - М.: Недра, 1988. - 121 с.
7. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи. - М.: Недра, 1985. - 308 с.
8. Бурьян Ю. А., Сорокин В. Н. Вибросейсмическое воздействие на нефтегазовые пласты – технология XXI века //«Национальные приоритеты России». № 1, 2009. С.78-83.
9. Алексеев, А. С. и др. Вынужденные колебания трещиновато-блочных флюидонасыщенных слоев при вибросейсмических воздействиях //ФТПРПИ. – 2001. –№ 6. – С. 3–13.
10. Курленя, М. В. И др. Волны маятникового типа. Ч. II. Методика экспериментов и основные результаты физического моделирования. //ФТПРПИ. – 1996. – № 4. – С. 3-39.

УДК 551.7

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-27-31

ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДАГЕСТАНА

Гаджиева Т.Р.

Институт геологии ДФИЦ РАН

В работе приводится характеристика нефтегазоносных карбонатных коллекторов Дагестана, залегающих на больших глубинах, требующих более детального их изучения. На основе проведенных исследований выявлено, что с глубиной погружения коллекторские свойства карбонатных пород не ухудшаются.

Ключевые слова: структура, залежь, месторождение, газ, нефть, интервал, пористость, проницаемость, свод, структура, порово-трещинный, каверновый, доломит, известняк.

CHARACTERISTICS OF CARBONATE RESERVOIRS OF DEEP-LYING OIL AND GAS COMPLEXES OF DAGESTAN

Gadzhieva T.R.

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

The paper describes the characteristics of oil and gas-bearing carbonate reservoirs of Dagestan, which lie at great depths, requiring a more detailed study of them. Based on the conducted research, it was found that the reservoir properties of carbonate rocks do not deteriorate with the depth of immersion.

Keywords: structure, deposit, field, gas, oil, interval, porosity, permeability, arch, structure, pore-fractured, cavernous, dolomite, limestone.

Дагестан, и как Восточное Предкавказье, является старым нефтегазоносным районом, где большинство месторождений находятся на последней стадии разработки, в которых нефтегазоносные залежи расположены на относительно малых глубинах и характеризуются высокой степенью обводненности.

В связи с этим обстоятельством, основные перспективы поисково-разведочных работ на больших глубинах на территории Дагестана связываются с карбонатными коллекторами перм-триаса и верхнего мела (Предгорный Дагестан), где пробурены больше сотен скважин глубиной более 4,5 км.

Карбонатные породы занимают существенное место среди пород-коллекторов по распространенности и своему значению, которые принципиально от терригенных, прежде всего, большой изменчивостью своих свойств и небольшим количеством породообразующих минералов. В таких коллекторах отмечаются все виды пустот, которые в зависимости от времени возникновения могут быть первичными (седиментационными и диагенетическими) и вторичными [1].

Вскрытие и исследование таких скважин проводились в сложных горно-геологических и технических условиях, связанных с проявлением зон аномально высоких пластовых давлений (АВПД) и высоких температур (до 180°C), приводящих к осложнениям, ограниченному объему или полному отсутствию прямой информации о геологическом разрезе скважин. При таких условиях изучение сложных карбонатных пород возможно только по результатам геофизических исследований скважин, дающих представление о разрезе, в частности, оценивать общую пористость, литологию и структуру порового пространства при комплексировании данных геофизической информации.

Привлечение к результатам геофизических исследований скважин (ГИС) кернового материала и прямых методов исследований позволяет представить, относительно, четкую картину развития и размещения глубокопогруженных карбонатных коллекторов.

В зависимости от структуры поверхности фундамента, нефтекумская свита триаса залегает на разных гипсометрических отметках (от 3520 м до 5115 м) по кровле. Наличие в свите карбонатных коллекторов связано с известняковой и доломитовой толщами.

Известняковая толща в Равнинном Дагестане продолжительное время находилась в зоне гипергенеза, дислоцирована в наиболее приподнятых участках (3520-3997 м) в западной части территории (пл. Русский Хутор, Восход, Сухокумск и др.); они также претерпели почти полную перекристаллизацию, в результате чего приобрели гранобластовую структуру, местами рассланцеваны и превращены в рухляки. Практически, эта толща преобразовалась в порово-каверново-трещинный тип коллектора на стадиях катагенеза.

Карбонатные коллекторы часто называют трещинными, т.к. особенно пористость и проницаемость матрицы могут быть очень низкими, и именно трещины обеспечивают фильтрацию в ней [2].

Погруженные на глубины более 4,5 км, известняки имеют, преимущественно, реликтовое-органогенную и микрозернистую структуру, отличающиеся значительной плотностью, примесь глины в которых составляет 6,7%, при вариации от 2,0 до 26,0%. По разрезу местами отмечается небольшая перекристаллизация и доломитизация известняков, которые сильно проявляются в сводовых частях структур (пл. Озерная) или в зоне размыва (пл. Восточно-Песчаная, Восточно-Степная и др.), где они преобразовались в тонкокристаллические доломиты (0,1-0,06 мм) с щелевидными и изометрическими порами и кавернами, по которым обычно развивается вторичный кальцит, цементирующий эти пустоты, снижающий фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) коллекторов.

В этих породах общая пористость составляет 0,1-5,6% (пл. Цудахарская, Витковская), имеющих порово-каверновый и реже трещинного типа коллектора, в которых присутствуют «минеральные» трещины, создающие существенную помеху при вызове притока в скважину. В отдельных скважинах на больших глубинах отмечены признаки непромышленной нефтегазоносности (пл. Озерная скв.-3 – ниже 4684,5 м; скв.-8 – ниже 4518 м). На пл. Озерная скв.-6 в интервале (4476-4484 м) общая пористость по керну резко увеличивается (21-23,5%), что связано с присутствием биогенных пещеристых доломитизированных известняков (биогермы), в которых органические остатки (водоросли) имеют пустую полость, изолированную пелитоморфной стенкой, цементирующиеся кристаллически-зернистым доломитом, в котором присутствуют многочисленные щелевидные (до 0,6 мм) и изометрические (1,7-0,27 мм) поры, проницаемость которых составляет 0,0002; 0,002; 0,204 мкм².

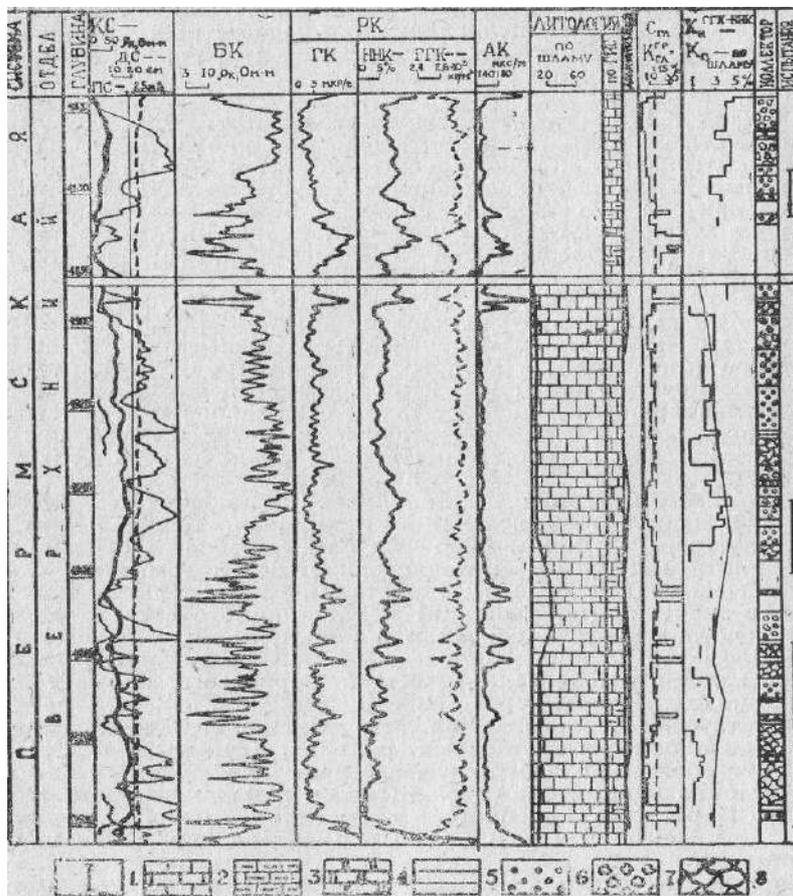
В наиболее приподнятых участках (пл. Юбилейная, Ю-Таловская-2, Равнинная, Центральная) доломитовая толща, соответствующая глубинам 4200-4600 м, в основном, сложена не очень плотными, средне-, тонкозернистыми доломитами, содержащими многочисленные межкристаллические поры и каверны. Среднее значение нерастворимого остатка доломитов, представленного, в основном глинисто-кремнистым материалом, обломками кварца и роговиков варьируют в пределах 3,3-13,5%, кальцита – 5,5-14,%, общая пористость которых составляет 7-16,3%, порово-кавернового типа коллекторов.

У доломитов практически не меняются коллекторские свойства и в наиболее погруженных зонах, например, месторождение Кумухское, где промышленные притоки нефти и газа из доломитовой толщи получены на глубине 4766-4853 м, общая пористость которых колеблется в пределах 6,7-14%; проницаемость не превышает 0,165 мкм², тип коллектора – поровый и порово-каверновый.

Согласно «Оценочно-генетической классификации карбонатных пород коллекторов, содержащих газ и нефть» (по К.И. Багринцевой, 1976), коллектора по проницаемости и пористости относятся к группе «Г» и III классу, по полезной емкости и ФЕС – средние [1].

Из анализа данных ГИС и керна, проведенных испытаний следует, что к категории промышленного типа коллекторов нефтекумской свиты могут быть отнесены карбонатные породы, преимущественно, порового типа, общая пористость которых – более 7%. Эти породы

характеризуются относительной изотропностью ФЕС; межзерновые пространства, соединяющиеся друг с другом, образуют единую гидродинамическую систему. Вторичная емкость, несмотря на ее присутствие по данным анализа керна, шлифов и ГИС, возможно, не играет существенной роли в фильтрации флюидов, что может быть связано с ее неравномерным (рис.1), хаотичным распределением в породе и отсутствием открытых трещин, связывающих пустоты вышелачивания.



1 – результат испытания – притока нет, 2 – известняк, 3 – глинистый известняк, 4 – доломит, 5 – аргиллит; коллекторы: 6 – поровый, 7 – каверновый, 8 – трещинный.

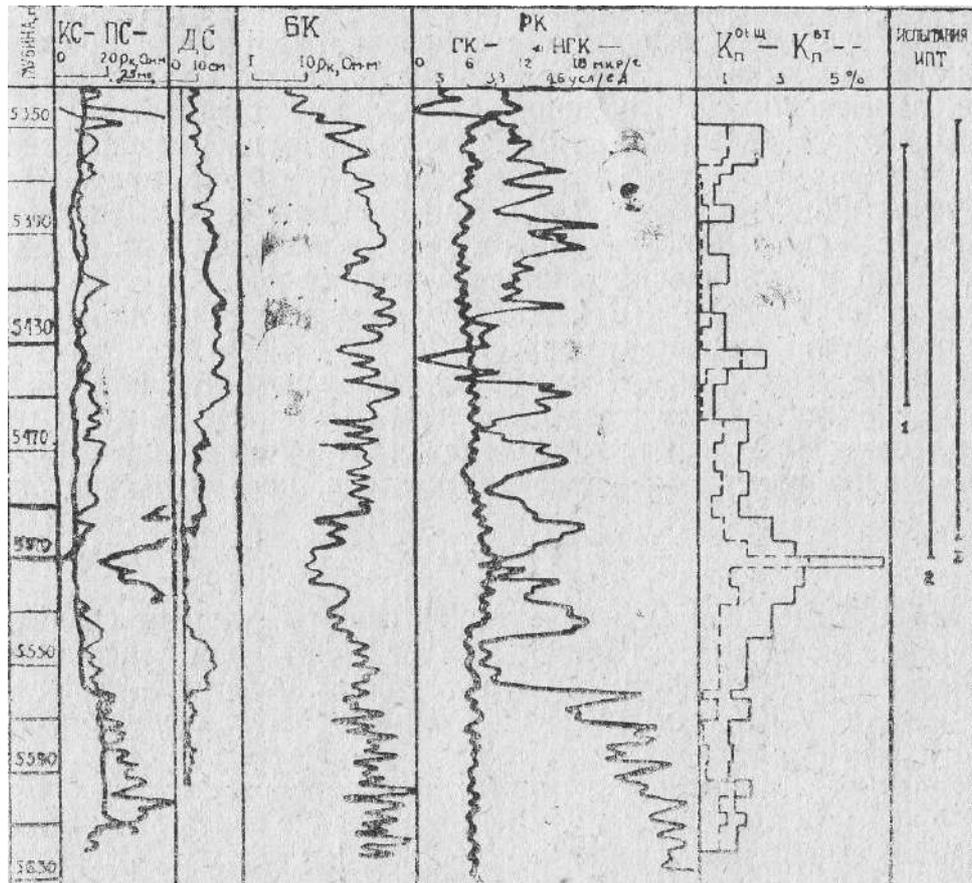
Рис.1. Комплексная интерпретация геолого-геофизических данных в разрезе нефтекумской свиты нижнего триаса (Равнинный Дагестан, площадь Витковская, скв-1).

Верхнемеловые отложения Предгорного Дагестана представлены монолитной толщей мощностью 350-400м, сложенной фораминиферовыми и сферовыми пелитоморфными известняками и мергелями. В геологически закрытых районах они погружаются на различных глубинах, где достигают максимальных значений на площадях Аркабаш скв.-2, и Бабаюрт-2 – 5585м.

Пелитоморфные известняки сложены карбонатными зёрнами размерами от 0,001 до 0,005мм, имеющие высокую плотность, в связи с чем часто обладают повышенной трещиноватостью по сравнению с другими типами карбонатных пород [3].

Породы толщи сохраняют свою структуру, не претерпевая сколько-нибудь заметных катагенетических изменений, независимо от глубины погружения, и коллектора являются трещинного типа, которые формируются, в основном, на положительных геологических структурах [4].

Анализ проведенных геолого-геофизических данных позволяет отметить, что известняки, слагающие эту толщу, являются низкопористыми: пористость по керну не превышает 3,9%, составляя в среднем 1,5%. Величины общей и вторичная пористости по данным ГИС находится в тех же пределах; вторичная емкость не превышает 0,8% (рис. 2).



Результаты испытаний: 1—притока нет, 2—слабый приток разгазированного глинистого раствора, 3—слабый приток разгазированной пластовой воды

Рис.2. Интерпретация геофизических исследований по верхнемеловым отложениям Предгорного Дагестана (площадь Аркабаш, сква-4)

С глубиной значения общей, блоковой и вторичной пористости практически не изменяются. Однако, если из известняковых толщ, залегающих на глубинах до 4км, как правило, получают промышленные притоки нефти и газа, то из толщ, имеющих однотипную характеристику, но залегающих ниже 4км, притоков не получено на площадях: Алмало скв.-2, Аркабаш скв.-4-5 и др. Следует отметить, что при вскрытии разрезов этих скважин проявлений и поглощений глинистых растворов не происходило, испытания которых проводились при больших репрессиях на пласты, значительно превышающих депрессии.

На площади Аркабаш-5 по верхнемеловым отложениям из интервала 537-5551м получен приток газа, а из интервала 5374-5423м, приток газа с дебитом 870м³/сут. (рис.3).

На площади Новолакская скв.-1 из интервала 5335-5594м получен приток газа с дебитом 51 тыс. т/сут а при повторном испытании, когда была существенно снижена репрессия на пласт до величины депрессии, притока не было.

Нами были подсчитаны типы коллекторов в Равнинном Дагестане в 38 месторождениях, из которых 19 являются карбонатными, где содержатся УВ различного фазового состояния, а Предгорном Дагестане во всех 13 месторождениях – коллектора карбонатные.

Таким образом, карбонатные типы коллекторов в Равнинном Дагестане месторождения УВ составляют 50% (по количественному соотношению месторождений), а в Предгорном –100%.

У карбонатных пород нефтекумской свиты ухудшаются коллекторские свойства с глубиной, связанные с уплотнением пород, за счет геостатического давления и высоких термобарических условий. Но, однако, перспективы их нефтегазоносности на глубинах более 4,5км можно связывать с локальным развитием вторичной, в основном, трещинной емкости в сводах структур и биогермными телами.

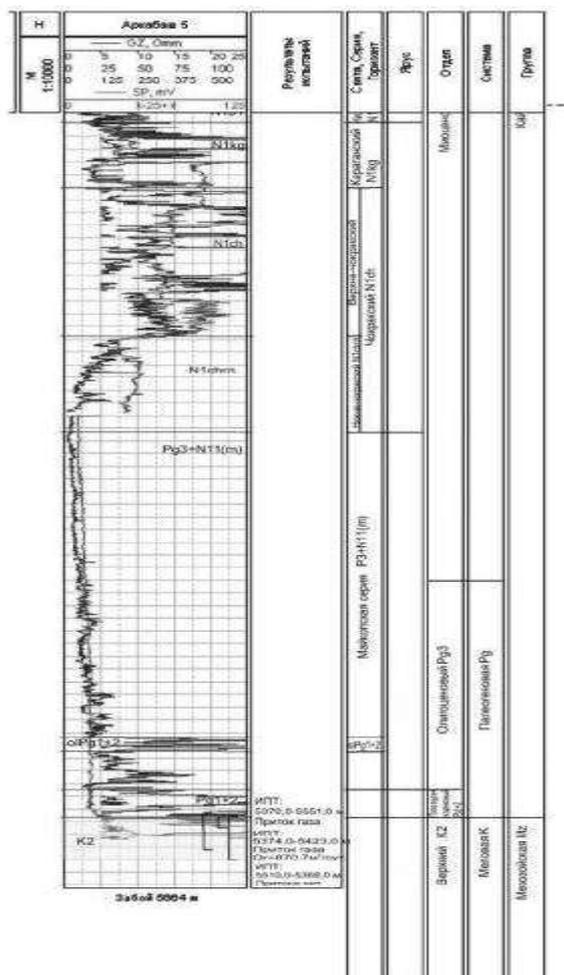


Рис. 3. Геофизическое исследование скважины-5 площади Аркабаш.

Вероятность получения в Предгорном Дагестане притоков из верхнемеловых толщ с глубиной не уменьшается, так как породы сохраняют свои ФЕС (по данным ГИС). Отсутствие притоков, очевидно, связано субъективными причинами (на наш взгляд) – нарушением технологии вскрытия пластов.

Таким образом, для выяснения продуктивности карбонатных коллекторов, залегающих на больших глубинах, необходимо изучить историю геологического развития, в частности, процессов седиментации и их термобарических условий, обуславливающих вторичную пористость. Изучение карбонатных коллекторов и их ФЕС, залегающих на больших глубинах, требует применения новых методов и технологий, базирующихся на научных разработках по оценке ФЕС с целью выявления перспективных объектов на УВ.

Работа выполнена по госзаданию Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Доценко В.В. Природные резервуары, нефтегазоносные комплексы, ловушки и залежи нефти и газа. Ростов-на-Дону, 2007. 159с.
2. Бурлин Ю.К., Конюхов А.И. и др. Литология нефтегазоносных толщ: Учебное пособие для ВУЗов. – Недра, 1991. 286с.
3. Багринцева К.И. Карбонатные породы-коллекторы нефти и газа. М.: Недра, 1977. 219 с.
4. Багринцева К.И. Особенности строения пустотного пространства карбонатных отложений различного генезиса //Геол. нефти и газа. 1996. № 1. С.18-27.

УДК 55.553.2

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-32-51

ОБРАЗОВАНИЕ РУДОМАТЕРИНСКИХ ПОРОД И ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КАВКАЗА*Гусейханов С.М.**Институт геологии ДФИЦ РАН*

В данной статье сделана попытка объединения двух диаметрально противоположных взаимоисключающих друг друга взглядов об осадочном и гидротермальном происхождении колчеданных рудопоявлений, месторождений Восточного Кавказа (ВК) по обоим склонам Большого Кавказа (БК). В предлагаемой модели осадочная составляющая процесса рудогенеза заключается в формировании рудоматеринских осадочных пород за счет размыва, эрозии вулканогенно-осадочных толщ геосинклинального этапа развития их обогащении содержащими в вулканогенах рудными компонентами. Этот процесс обусловлен полихронным режимом формирования структурного сооружения Кавказа, который привел к раннему наступлению эрозионных процессов в области современного кристаллического ядра БК и постепенным перемещением этого процесса в обе стороны от него к северо-западу и юго-востоку, перекрытию рудоматеринских пород более молодыми осадочными комплексами. При попадании этих рудоматеринских пород в пневмо-термальные поля внедрившихся после образования рудоматеринских пород магматитов, инициировавших формирование складчатого сооружения БК, зарождались гидротермальные растворы, за счет которых и формировались колчеданные рудные объекты. Масштабность и вещественный состав оруденения в северном склоне БК при этом полностью определялись «объемами» постепенно сформировавшимися от севера к югу при складкообразовании рудных ловушек, в которых они и осаждались. Полихронность формирования БК обусловило направленное к северу острие Аравийской плиты (АП), раннее внедрение которого под Скифскую плиту (СП) обусловило раннее наступление коллизионных, соответственно и эрозионных процессов напротив этого острия и постепенное их перемещение к юго-востоку и к северо-западу.

Ключевые слова: геосинклинальный этап развития, геоантиклинальное поднятие, межгорный прогиб, складчато-надвиговая структура, инициальный магматизм, первоисточники рудных металлов, рудо-материнская порода, субдукция, коллизия, полихронный процесс развития, зарождение гидротермальных растворов, рудомигрирующие и рудолокализирующие структуры, полости отслоения, металлогенические зоны.

FORMATION OF ORE-MOTHER ROCKS AND HYDROTHERMAL SOLUTIONS
DURING THE FORMATION OF THE CAUCASUS*Huseykhanov S.M.**Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

This article attempts to combine two dominant diametrically opposite mutually exclusive views about the sedimentary and hydrothermal origin of Pyrrhic ore occurrences, deposits of the Eastern Caucasus (VC) on both slopes of the Greater Caucasus (BC). In the proposed model, the sedimentary component of the ore Genesis process consists in the formation of ore-mother sedimentary rocks due to erosion, erosion of volcanic-sedimentary strata of the geosynclinals stage of development and their enrichment with ore components contained in volcanogens. This process is due to the polychronous mode of formation of the Caucasus structural structure, which led to the early onset of erosion processes in the area of the modern BC crystal core and the gradual movement of this process in both directions from it to the Northwest and Southeast, the overlap of ore-mother rocks with younger sedimentary complexes. When these ore-mater rocks fell into the pneumothermal fields of magmatites that were embedded after the formation of the ore-mater rocks, which initiated the formation of the folded structure of the BC, hydrothermal solutions were formed, due to which Pyrrhic ore objects were formed. The scale and material composition of mineralization in the Northern slope of the BC were completely determined by the "volumes" that were gradually formed from North to South during the folding of ore traps, in which they were deposited. Polychronicity of the BC formation was caused by the tip of the Arabian plate (AP) directed to the North, the early introduction of which under the Scythian plate (SP) caused the early onset of collision, respectively, and erosion processes opposite this tip and their gradual movement to the South-East and North-West.

Keywords: geosynclinals stage of development, geanticlines uplift, intermountain deflection, fold-thrust structure, initial magmatism, primary sources of ore metals, ore-mother rock, subduction, collision, polychronous development process, origin of hydrothermal solutions, ore-migrating and ore-localizing structures, delamination cavities, metallogenic zones.

В период проведения геологоразведочных работ в Горном Дагестане (ГД) при структурно-фациальном, металлогеническом районированиях решающую роль придавали уходящими в фундамент глубинным разломам, считая что вертикальные движения по ним обусловили складчато-глыбовое строение ГД, а их специализация на то или иное оруденение привело к определенному типу минерализации каждого блока, глыбы. На этой концепции были проведены металлогеническое районирование, структурно-фациальные, геохимические и другие построения, обоснованы и проведены многочисленные поисковые, поисково-оценочные, разведочные работы в комплексе с геохимическими, геофизическими и другими видами исследований.

В ГД известно большое количество рудопроявлений и на многих из них проведены большие объёмы поисковых работ, на многих - и с применением тяжёлых горных выработок, бурения скважин как с поверхности, так и из подземных горных выработок, но до сих пор пока выявленным единственным рудным объектом промышленного значения остаётся месторождение Кизил-Дере, запасы которого утверждены в ГКЗ в 1988 году. Хотя детальная разведка месторождения завершена, до настоящего времени не имеется единого мнения о генезисе его и многочисленных с аналогичным с вещественным составом месторождения рудопроявлений, так и по имеющихся в ГД золоторудных, ртутных и других рудопроявлений. При этом каждый тип оруденения рассматривался отдельно в отрыве друг от друга. Отсутствие же геологической модели рудогенеза приводило к разнозначной трактовке одних и тех же данных в зависимости от точек зрения на рудогенетические процессы, к этим данным (геофизика, геохимия и др.) «приспосабливали» геологию, когда должно было бы наоборот.

Хотя в ГД проведен огромный объём поисковых, научно-исследовательских, тематических работ (особенно в период разведочных работ на месторождении Кизил-Дере), до сих пор нет единого взгляда на природу металлогенической специализации той, или иной части складчатого сооружения БК, так и о первоисточниках рудного вещества, морфологии рудных скоплений в разных частях его складчатого сооружения.

При анализе размещения рудных тел в рудоносной зоне месторождения Кизил-Дере автор ещё в начале 90-х годов прошлого столетия автор пришел к заключению, что они приурочены к возникшими при складкообразовании складчатости рудоносной зоны месторождения [13,14] рудным ловушкам при послойных смещениях полостям отслоения весьма сложной флексуно-стулообразной формы. Наибольшие мощности рудные тела имели в переходных от «спинок» к «ножкам» участках. Автором по материалам геологической документации керна буровых скважин, горных выработок, кернометрических исследований на месторождении Кизил-Дере было определено, что полосчатость руд на переходных участках иногда горизонтальная, а в «спинках», «ножках» углы падения полосчатости варьируют в широких пределах от пологих до 90 градусов и она имеет признаки флюидального течения. Многие же исследователи полосчатость руд связывают с осадочными процессами при рудообразовании. Кроме того очень важным выводом этих исследований явился установленный факт параллельности слоистости пород рудовмещающей зоны полосчатости руд. В защищенном в ГКЗ варианте рудные тела обеих залежей месторождения Кизил-Дере представлены секущими складчатую структуру рудоносной зоны крутопадающими линзами, которые на горизонтах 1200-1300 метров выклиниваются. В этом варианте в единые рудные тела оказались увязанными разного минералогического состава рудные подсечения на различных уровнях по бурению [20]. При этом сплошность рудных тел по падению не была проверена, такая проверка горными выработками была проведена только один раз по простиранию рудных тел. Еще важным моментом предыдущих исследований явилось выявление наличия ориентированных по сланцеватости рудоподводящих структур к рудной зоне. В настоящее время природу поперечно-сжимающих усилий многие исследователи [4,11,12,18,21,22,23,24,25] связывают с коллизионными процессами при субдукции АП под СП, которые обусловили складчато-надвиговое строение БК. При этом большие расхождения у разных исследователей имеются в величинах надвигания, которые одними оцениваются до сотни километров, которые привели к шарьяжному строению БК с

величиной горизонтального тектонического перемещения 200 ± 50 км [18]. В 2016 году автором для юго-восточной части ГД была предложена складчато-надвиговая модель строения [15]. По схеме тектонического районирования России масштаба 1:5 000 000 М., 2001, (МПР РФ, ИМГРЭ, ГЕОКАРТ) Кавказ отнесен к альпийской покровно-складчатой области аккреционно-коллизионного типа [21].

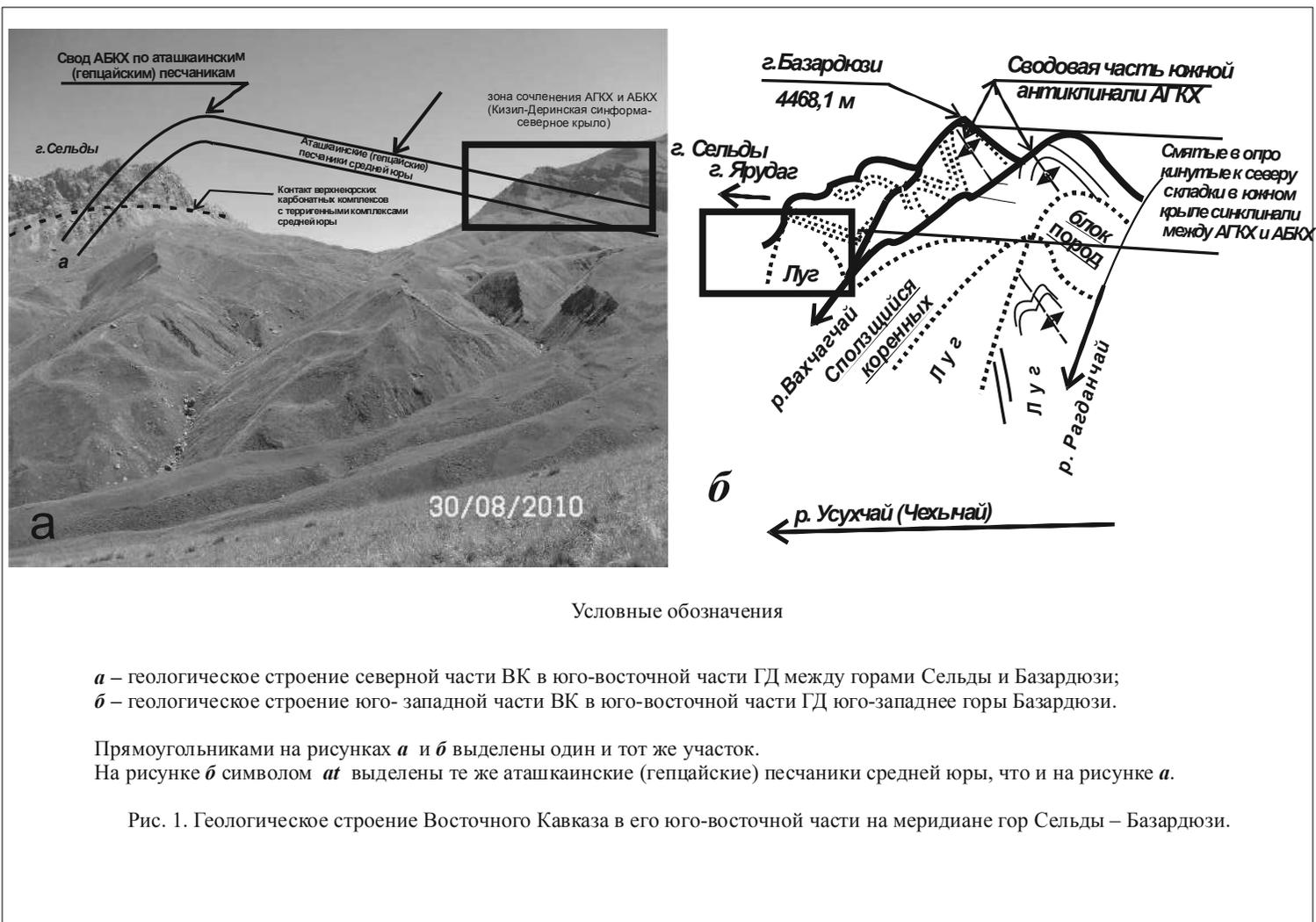
По данным анализа опубликованной литературы, фондовых материалов и личных наблюдений в период разведки месторождения Кизил-Дере, поисковых работ на золото в южной части ГД, автором предлагается следующая модель геологической истории Кавказа, где рудообразование обусловлено формированием современного сооружения Кавказа в полихронном режиме. Суть модели заключается в том, что формирование современного геологического сооружения Кавказа происходило путем горизонтального укорочения в результате коллизионных процессов, обусловленных сжатием южного края СП в результате субдукции под неё АП. Формирование современного сооружения Кавказа начался напротив острия АП и в дальнейшем этот процесс постепенно перемещался к северо-западу и к юго-востоку. Это привело к более раннему наступлению орогенного режима напротив этого острия, внедрению инициальных магматитов на глубокие горизонты, их размыву и переотложению по обе стороны от этого меридиана и обогащению содержащими в магматитах рудными компонентами вновь образуемых осадочных комплексов. Горизонтальное укорочение при этом компенсировалось расчлениванием и сучиванием всего разреза формировавшегося по южной окраине СП геосинклинального прогиба, структурно-метаморфических преобразований горных пород, складкообразованием. Этот прогиб является первого порядка тектонической единицей Кавказа, который с юга ограничен зоной субдукции АП и СП, проходящей по южным склонам МК, с севера – Терско-Каспийским передовым прогибом. Малый Кавказ, Большой Кавказ и Закавказская межгорная зона (Рионская и Куринская впадины), Предкавказский прогиб являются тектоническими единицами второго порядка типа межгорных прогибов, которые при коллизионных процессах формировались в геосинклинальном прогибе. МК в системе Кавказа является зоной сучивания складок по южному краю СП и представляет собой тектоническая аккреция в висшем боку зоны субдукции.

В пределах Закавказской межгорной зоны (срединного массива) между МК и БК выделяются Куринский и Рионский сегменты, которые соответственно именуются Азербайджанским, Грузинским глыбами и этим автоматически причисляют их к наиболее устойчивым тектоническим элементам Кавказа. Судя по прогибанию этой части за всю историю геологического развития Кавказа, Закавказская межгорная зона активно участвовала в складчатости и отнесение ее к наиболее устойчивому элементу земной коры, по мнению автора, не совсем верно.

Формирование БК как результат инверсии вдоль (совмещение прогибания с подъемом) вдоль осевой части геосинклинального прогиба началось напротив острия АП на меридиане ДМ и она, скорее всего, была спровоцирована давлением внедрившимися на глубокие горизонты инициальными магматитами, после внедрения которых обусловленное коллизионным сжатием поперечное укорочение прогибанием совмещалось и с выталкиванием горизонтов выше магматитов вверх. На это указывают выходы на дневную поверхность гранитно-метаморфического фундамента в кристаллическом ядре Кавказа и на Дзирульском массиве северо-восточнее селения Шроша, юго-западнее селения Джава (разрезы 2 и 7, из [5]).

Данные геофизических работ, которые в составе осадочного чехла ГД выделили не выходящие на поверхность интрузивы в районах гор Гутон, Чодоридаг, на Фий-Борчинской площади также подкрепляют выдвигаемую версию.

Ниже на рисунке 1 приводится геологическое строение БК на меридиане гор Сельды – Базардюзю, которое четко картируется по северо-западной оконечности горы Сельды, по геологическому строению горы Базардюзю по её северо-восточным и юго-восточным отрогам (см. ниже также рис.3).

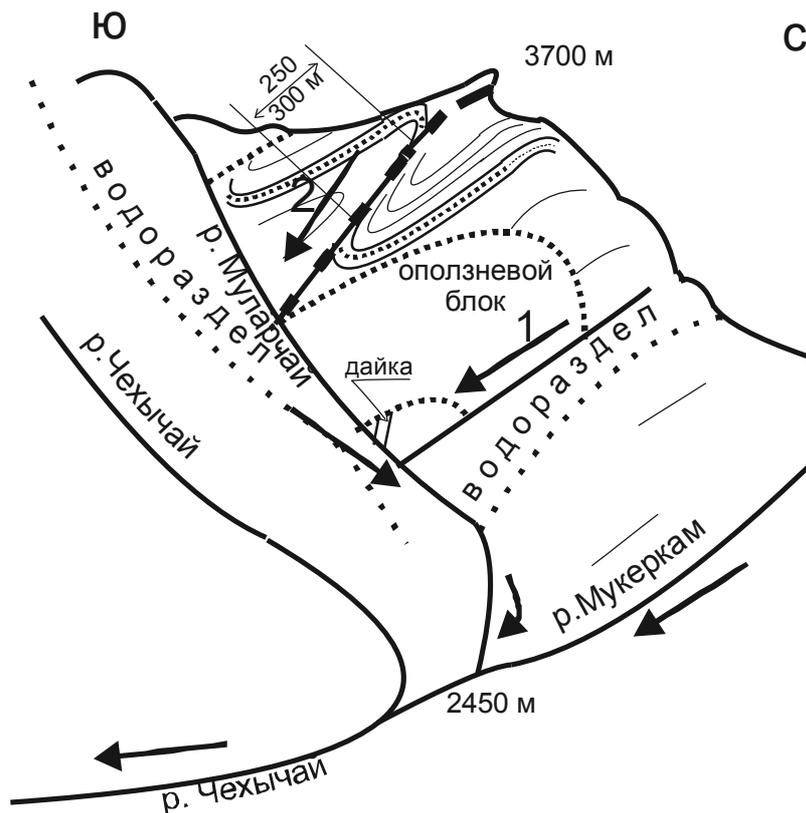


Мегантиклинорий Восточно-Кавказского сегмента БК двугорбового строения, состоит из юго-западной (АГКХ), северо-восточной (АБКХ) антиклинорий, Бежитинской депрессии между ними в северо-западной части ГД продолжением которой на юго-востоке является Кизил-Деринская синформа (синклинорий), которая протгивается и юго-востоку от горы Базардюзю. С севера АГКХ ограничен Даличайским Северным (ДС), с юга на территории Азербайджана на меридиане месторождения Фигизчай - Кехнамедонским (КХ) разломами. Продолжением КХ разлома на территории Дагестана являются Сенабдагский (С), Малкамудский (М) серии

разломов. АГКХ между этими падающими навстречу друг другу разломами синклинального строения и он с боков ограничен антиклиналями.

Формирование АГКХ и АБКХ на ВК шло от северо-запада к юго-востоку и периклиналиная юго-восточная часть первого располагается на расстоянии около 4-4,5 км юго-восточнее горы Базардюзи, второго-на меридиане 48 градусов 45 минут (область юго-восточного погружения ВК), где терригенные отложения нижней-средней юры окаймляются карбонатными комплексами верхнеюрско-мелового возрастов и которые переходят в Куринскую долину. Характерной особенностью южной атиклинали АГКХ является его надвигание по падающему на юг СД разлому на зону сочленения между АГКХ и АБКХ – Кизил-Деринскую синформу (синклинорий) в юго-восточной части ВК – продолжением Бежитинской депрессии в северо-западной части ГД. Надвигание АГКХ на синклинальную структуру между антиклинориями БК уменьшается в юго-восточном направлении на меридиане гор Базардюзи-Сельды оно сводится к нулю, а поперечное укорочение здесь обусловлено пликативными разрывными нарушениями.

В 4 км северо-западнее горы Базардюзи в левом борту основного притока в верховье реки Чехычай ручья Муларчай надвигание АГКХ к северу оценивается в 250-300 м (рис. 2), тогда как на меридиане горы Базардюзи это надвигание сведено к минимуму, точнее к его отсутствию. Ранее автором была высказана мысль, что гепцайские (аташкаинские) песчаники в отрогах горы Базардюзи и песчаники в основании горы Сельды являются разновозрастными образованиями в разных крыльях АБКХ и об отсутствии между ними крупно-амплитудного разрывного нарушения [16].



Условные обозначения:

1,2 - первый и второй левобережные притоки р.Муларчай

Рис. 2. Надвигание южного блока Северо-Даличайского надвига на северный блок примерно на 250-300 м.

Элементы этого разрыва со смещением по нему наблюдается и в левом борту реки Чехычай. Откартированные при геологической съемке аташкаинские (гепцайские) в северных отрогах

горы Базардюзи песчаники в северном вертикальном борту массива горы Шахдаг из-за закрытости их контактовой зоны с вышележащими карбонатными комплексами верхней юры-мела обнажены в редких врезях вдоль этой зоны.

В статье по динамической модели формирования Шахдагского массива [17] было показано, что на меридиане гор Базардюзи-Сельды БК становится одногорбовым состоящим из АБКХ, а АГКХ путем уменьшения масштабности составляющих его складок переходит в южное крыло АБКХ. На расстоянии 2,4 км по азимуту 92 градуса от горы Базардюзи АГКХ представляет собой зона из серии опрокинутых к северу флексуобразных пликативных нарушений, в которой слои без нарушения их целостности переходят из одного бока через эти складки в другой бок (рис.3). Это свидетельствует об образовании разломов к концу складкообразования в результате превышения обусловленных складкообразованием растягивающих усилий предела прочности пород, а не о складчато-глыбовом строении БК.

На территории республики Азербайджан в области так называемого юго-восточного погружения ВК откартирована вытягивающаяся в юго-восточном направлении узкая гряда из возвышенностей (областей размыва) сеноманского яруса [1], которые слабо дислоцированы. Поэтому употребление к этой части термина «юго-восточное погружение ВК», исходя из изложенного, не совсем правильно, а следовало бы применить к этой части термин, который отражал изменение степени дислоцированности региона в этом направлении, до какого этапа, фазы формирования дошло складкообразование структурных (тектонических) единиц.

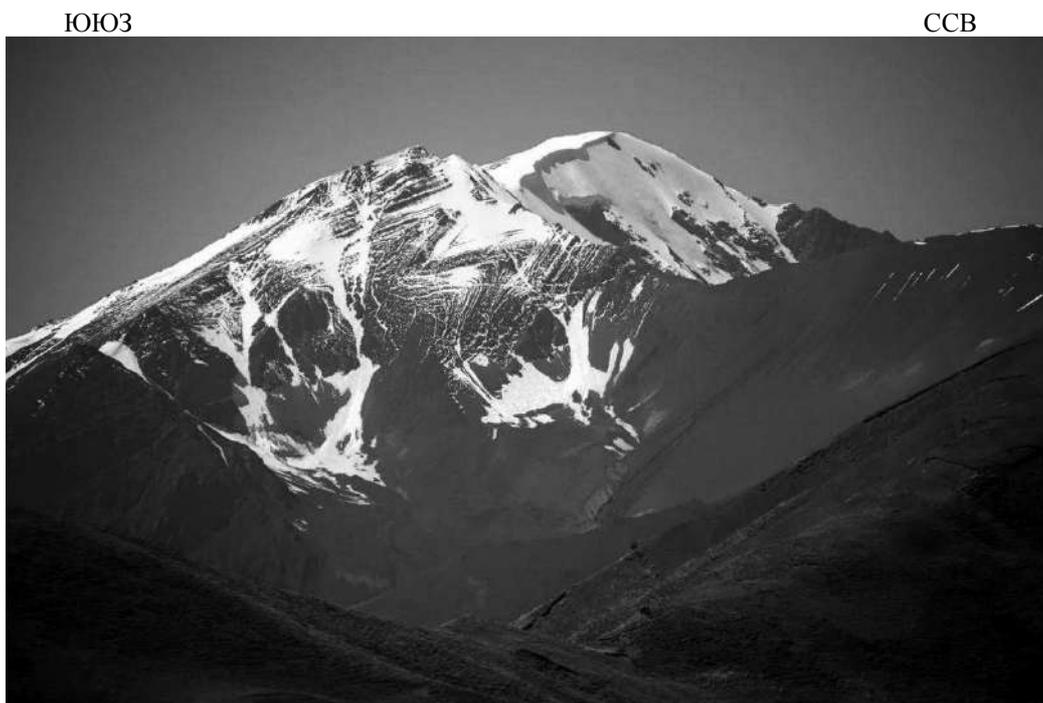


Рис. 3. Зона складчатых осложнений в глинистых породах северного бока АГКХ в 2,4 км от горы Базардюзи - по азимуту 92 град.(Фото из сайта ru/Wikipedia.org).

На продолжении ХН разлома, проходящему по северному краю синклинойной структуры между АГКХ и АБКХ в юго-восточной части ГД в левом борту левого притока реки Чехычай ручья Мукеркам картируются элементы вдавливания (поддвигания) южного блока под северный с характерными подворотами слоистости. Поэтому ХН разлом следовало бы квалифицировать как поддвиг [14], у которого южный блок подвинут под северный. В настоящее время ХН разлом квалифицируется как надвиг с северным падением, по которому северный блок надвинут на южный и что у него активным является северный блок. Судя по характерным подворотам слоев в приразломной зоне с юга, активным блоком ХН разлома является южный блок. Характерной

особенностью складчатости в синклинойной структуре между АГКХ и АБКХ является опрокинутость всех порядков складок к северу и северная вергенция пород.

Как установлено научными, тематическими исследованиями, поисково-съёмочными работами, вдоль осевой части ВК в юго-восточном направлении происходит омоложение как разреза, так и эффузивных комплексов от плинсбаха (откартированы на Дзирульском массиве [4]) до байоса (откартированы в бассейне реки Ахтычай на правом склоне в междуречье рек Галагатхет-Фийчай при геолого-съёмочных работах). Омоложение разреза в этом направлении обусловлено более ранним размыванием вулканогенно-осадочных толщ в северо-западных частях БК в связи с более ранним наступлением здесь режима эрозии, переносом и переотложением продуктов эрозии с этой части к юго-востоку и обогащением осадочных комплексов на стадии седиментогенеза содержащими в вулканогенах рудными металлами. Это было обусловлено зарождением в геосинклинальном прогибе (глубоководном море от МК возможно до Терско-Каспийского прогиба) на меридиане ДМ геоантиклинального поднятия, образованием здесь суши (острова), которая всё больше увеличивалась в размерах, разрастаясь с северо-запада и юго-востока. Формирование этого поднятия в глубоководном море с комплексом терригенных вулканогенно-осадочных пород привело к его разделению на южный и северный по обе стороны от антиклинального поднятия внутриконтинентальные приуроченные к межгорным прогибам моря, в которых образовались карбонатные комплексы. В них формирование карбонатных комплексов происходило синхронно с прогибанием на фоне общего поднятия. На завершающих стадиях при формировании АГКХ общее поднятие Кавказа к северу от АГКХ происходило с резким преобладанием вертикального подъема, чем в Куринском межгорном прогибе, где всеобщий подъем при формировании АГКХ почти прекратился. Эти процессы происходили полихронно и с постепенным увеличением площадей эрозии формирующегося поднятия, синхронным с этим отступлением от него мелководных морей.

При проведении поисковых работ на золото в юго-восточной части ВК на Курушском рудном поле были зафиксированы два типа морфологически одинаково выглядывающихся конгломератов типа:

а) конгломераты в терригенных отложениях ниже-среднеюрского возраста с обоими резкими контактами, которые с размывом и согласно перекрыты песчаниками. Такие конгломераты в терригенных отложениях лежат согласно слоистости;

б) конгломераты не перекрыты терригенными отложениями в виде их «останцов» на площади, сложенной отложениями нижней-средней юры. Такие конгломераты автором обнаружены южнее верхнеюрского возраста карбонатных комплексов массива горы Шалбуздаг в южном крыле АБКХ. В них обнаружены хорошей сохранности, возникшие в меловой период и ныне существующие пресноводные и наземные гастроподы (рис.4).

Фауна была обнаружена в не перекрытых более молодыми отложениями останцах конгломератов «случайно», а в конгломератах типа а) она не зафиксирована, но ее целенаправленно в конгломератах обоих типов не искали.

Совместное нахождение в конгломератах типа б) из хорошо окатанных галек, остроугольных обломков терригенных отложений как и в конгломератах типа а) хорошей сохранности фаунистических находок, совместная цементация обломков и фаунистических находок в конгломератах обоих типов хорошо промытым песчаным материалом свидетельствует о формировании конгломератов в пляжных зонах вдоль береговых линий водоемов, что противоречат господствующим к настоящему времени концепциям отнесения их к базальным или внутриформационным. О том, что они не базальные и не внутриформационные свидетельствуют их резкие контакты с вмещающими их терригенными отложениями, и параллельные слоистости вмещающих их терригенных отложений контакты. Хорошая окатанность большей части обломочного материала конгломератов показывает на далекий перенос части составляющих конгломераты обломков. Оба типа конгломератов визуально выглядят одинаково.

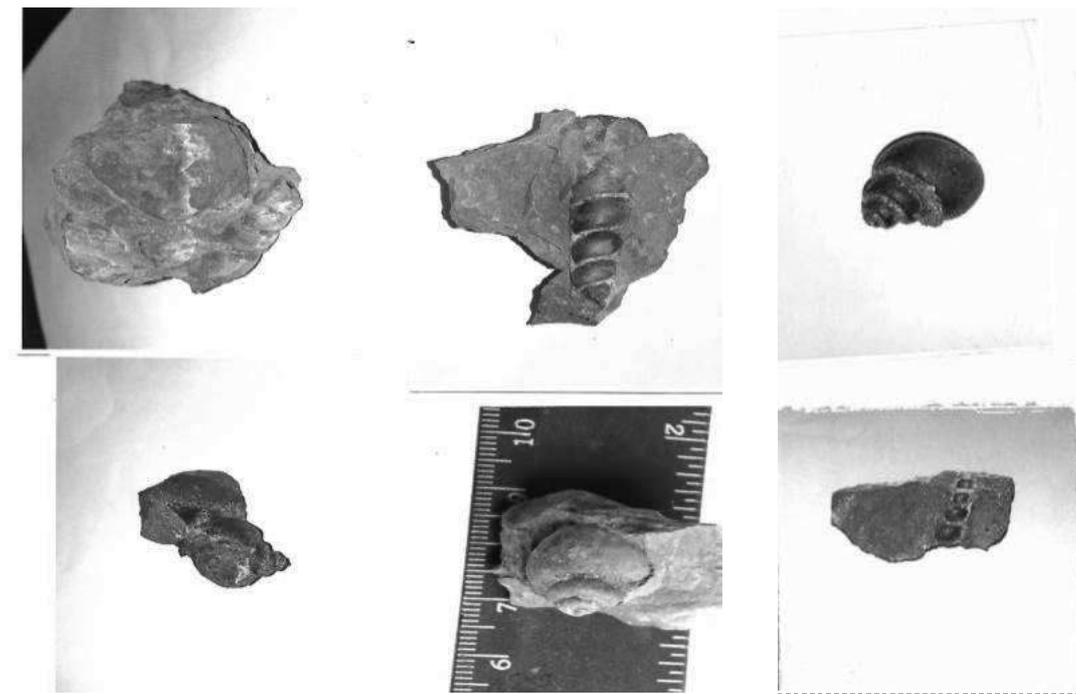


Рис. 4. Возникшие в меловой период и ныне существующие гастроподы южнее массива горы Шалбуздаг.

В юго-восточной части ГД в верховьях реки Чехычай в массивных песчаниках автором в 2011 году был зафиксирован довольно крупный обломок конгломерата [14], что также указывает на их разрушение, перенос и переотложение к юго-востоку от областей эрозии.

Самые северные от осевой части БК байосского возраста типа а) конгломераты с гальками доюрских изверженных и метаморфических пород на юго-восточном Кавказе зафиксированы в 1,5 км северо-восточнее сел. Кабир на правом берегу реки Курахчай [5]. Обломки изверженных пород в этих конгломератах авторы связывают с их привносом из Центрального Кавказа свободно плавающими в продольных течениях льдинами. Однако нахождение обломков изверженных пород в виде галек исключает этот вариант переноса обломков изверженных и осадочных пород свободно плавающими льдинами.

Необходимо отметить, что изучение конгломератов при проведении как производственных работ, так и научных исследований заключались в их фиксации и изучении вещественного состава составляющих их обломков. На упрощенный подход к изучению конгломератов в 1980 году указывали Бровков Г.Н., Москаленко Т.А, которые отметили на *«недопустимость упрощенческого подхода при палеогеографических реконструкциях и, в частности, при установлении питающих провинций»* [5].

Резкие контакты кровли и подошвы конгломератов типа а) с вмещающими терригенными отложениями связано с их формированием в пляжных зонах глубоководного моря, в котором осадочные комплексы формировались синхронно с его углублением, что обусловила миграция его береговых линий по мере накопления осадков и всеобщего подъема.

Омоложение разреза терригенных отложений и приуроченных к ним конгломератов в юго-восточном направлении на ВК в ГД обусловлено опережением коллизионных процессов на меридиане Дзирульского массива (ДМ), зарождением здесь будущей основы БК – геоантиклинального поднятия, которое по мере своего формирования разделил окраинное море на северное и южное. Они по мере формирования поднятия обмелялись и в них в неглубоководных условиях отлагались карбонатные комплексы. По мере формирования Кавказа и БК внутриконтинентальные моря по обе стороны от БК сужались в антикавказском направлении с отступлением береговых линий от формирующегося геоантиклинального поднятия вдоль него и к северо-западу и

юго-востоку в продольном направлении. Это доказывается омоложением конгломератов в основании карбонатных комплексов в северном боку МК, которые по многочисленным материалам опубликованной литературы, омолаживаются к северо-западу и юго-востоку [8,19]. В пределах БК на ВК в пределах Горного Дагестана установлено омоложение этих типов конгломератов к северо-востоку, а также их переход через так называемое восточное погружение в Куринскую долину. На юго-восточном погружении ВК по данным Алиева М.М, Садовниковой Т.К. [1] интенсивность складчатости огибающих ниже-среднеюрские терригенные отложения карбонатных комплексах на территории республики Азербайджан несравнительно меньше складчатости чем в таковых на Шагдагском массиве – на северо-западном продолжении этого погружения на территории республики Дагестан. Терригенные отложения между карбонатными комплексами в периклинальной части ВК с почти горизонтальным залеганием [7] и мегантиклинорий на этом меридиане становится одногорбовым. Это указывает на то, что юго-восточное продолжение ВК в меньшей степени подвергнутая коллизионному сжатию часть Кавказа и что здесь БК находится на раннеколлизионном этапе своего формирования.

Резюмируя изложенное можно утверждать, что *формирование БК обусловлено начавшейся на меридиане ДМ инверсией вдоль осевой части геосинклинального прогиба в условиях сильного сжатия, обусловленного поддвижением АП под СП (вдоль южного склона МК), приведший к образованию геоантиклинального поднятия в результате поперечного укорочения прогибанием этого прогиба с одновременным выталкиванием верхней части коры кверху. Выталкивание кверху с большой вероятностью было спровоцировано вытиранием внедрившимися на глубокие горизонты инициальными магматитами, давшие толчок к прогибанию части разреза выше магматитов в обратную сторону. Внедрение магматитов было обусловлено возникшими на глубоких горизонтах при коллизионном сжатии – прогибании геосинклинального прогиба при субдукции АП под СП растягивающими усилиями которые привели к увеличению проницаемости глубоких горизонтов и образованию на этих горизонтах разряженной обстановки и, как следствие этого, возникновению «подсасывающего эффекта». Этим можно объяснить, приуроченность офиолитовых зон к аллохтонным комплексам при отсутствии их аналогов среди окружающих их осадочных и магматических образований автохтонного комплекса в кристаллическом ядре БК [23].*

Карбонатные комплексы, как будет показано ниже, образовались во внутриматериковых мелководных морях в межгорных прогибах по обе стороны от геоантиклинального поднятия БК и они по всему Кавказу прямо налегают на более древних терригенных комплексах гипсометрически ниже их областей эрозии с размывом и часто через конгломераты. Это объясняли блоковыми перемещениями, которые в последнее время отрицаются многими исследователями. Как отмечено ранее [17], карбонатные комплексы Шагдага развиты в северном крыле АБКХ и образует пакет из 5 разделённых послойными разрывными нарушениями тектонических пластин, которые изогнуты во вложенные друг в друга по принципу матрешек флексурного типа складки. Самыми древними карбонатными комплексами Дагестана являются верхнеюрского возраста фаунистически охарактеризованные оксфорд-кимериджского возраста рифогенные отложения в основании горы Сельды. В основаниях гор Шалбуздаг, Гестинкиль, севернее Каладжухского перевала они не развиты, но по данным съёмочных работ титонские известняки здесь сложены обломками оксфорд-кимериджских рифовых отложений. Параллельно массиву горы Шагдаг почти на одном с ним уровне в северных отрогах горы Базардюзи проходит зона складчатых осложнений в глинистых отложениях гепцайской свиты (см. рис. 3). В этой зоне количество складок совпадает с количеством пластин в пакете карбонатных комплексов горы Шагдаг. Этот факт позволяет выдвинут версию, что пакет карбонатных комплексов Шагдага из тектонических пластин и зона складчатых в глинистых отложениях вдоль северного бока горы Базардюзи образовались одновременно, но скачкообразно в результате давления со стороны поперечно сжимающих усилий при формировании зоны складчатых осложнений в терригенах северного бока горы Базардюзи в постмеловой период. Это также указывает на различные механизмы разрядки

напряженного состояния при поперечном укорочении в карбонатных и терригенных отложениях. Складкообразование в терригенных отложениях происходит в виде образования пликативных дислокаций часто с образованием зон их скупивания. В карбонатных комплексах ГД севернее массива горы Шахдаг складки с широким ядром, образованы путем послонных сдвигов мощных пластин (десятки, сотни метров) верхних частей относительно нижних. При таких послонных смещениях эти пластины на больших промежутках поперек их простирания остаются не дислоцированными. Весь комплекс карбонатных комплексов относительно терригенных отложений юрского периода также сдвинут к северу. Амплитуды послонных смещений в карбонатных комплексах севернее геоантиклинального поднятия незначительная (менее 1 км) и послонные сдвиги по ним происходили синхронно с формированием геоантиклинального поднятия на большой площади без их деформации с образованием широких сундучного типа складок. При формировании геоантиклинального поднятия с обеих его сторон продолжалось поперечное укорочение, а береговые линии в мелководных морях в межгорных прогибах вдоль которых образовались конгломераты, отступали по обе стороны от формирующегося поднятия. При этом синхронно с этим вышедшие из-под уровня воды части эродировались, продукты эрозии с них переносились и переотлагались в более глубоких частях мелководных морей. Довольно часто при этом процесс формирования геоантиклинального поднятия сопровождался гравитационными сползаниями крупных фрагментов вниз по склонам. Отмеченные Ю.О. Гавриловым в северном боку массива горы Шахдаг клиноформы [6], по мнению автора настоящей статьи образовались в результате синхронного со складкообразованием сползания карбонатных комплексов вниз по склону, а также к мигрирующим ядерным частям образующихся при складкообразовании межгорных прогибов.

Этим объясняется отсутствие оксфорд-кимериджских карбонатных комплексов в основаниях гор Шалбуздаг, Гестинкиль, севернее Каладжухского перевала в Судурской структурно-формационной зоне и особенности строения титонских известняков, которые состоят из обломков оксфорд-кимериджских биогермных известняков [данные геолого-съёмочных работ], залегающие здесь на терригенных отложениях юры. Такая же картина наблюдается и в карбонатных комплексах вскрытых Саатлинской сверхглубокой и глубокими скважинами в средней части Куринской долины [2].

Ценную информацию о палеогеографических изменениях в период образования карбонатных комплексов верхней юры-мела дает анализ распространения карбонатных комплексов, конгломератов в их основании, определяемая по ним миграция береговых линий мелководного морского водоёма между МК и БК на территориях республик Азербайджана и Армении (Куринская низменность) и в Предкавказье.

Ниже кратко приведем факты, позволившие автору предложить следующую геологическую модель формирования Кавказа, где его тектонические единицы как МК, БК, Закавказский срединный массив, Предкавказье являются структурными единицы второго порядка. Севернее БК наиболее древние индско-анизийского яруса нижнего-среднего триаса и норийско-ретского яруса верхнего триаса карбонатные комплексы установлены в Западном и Восточном Предкавказье. В Западном Предкавказье площадь развития карбонатных комплексов с юга ограничивается Ахтырской и Пшекиш-Тырныаузской шовными зонами, с севера - Новотиторским и Черкесскими разломами. Эти комплексы в основном сложены зернистыми известняками с редкими органогенными постройками [3]. Южнее БК такого же типа наиболее древние представленные известняками, мергелями карбонатные комплексы пермского периода известны в Армянском прогибе на северном склоне МК, где на них согласно налегают карбонатные комплексы триаса. Они лежат накаменноугольного возраста турнейского яруса отложениях. Наличие средне-верхнекаменноугольных отложений в Армении отрицается рядом исследователей. [19]. Это свидетельствует о том, что МК на этом меридиане в каменноугольный период уже размывался и к пермскому периоду здесь в межгорном прогибе к северу от МК до зарождающегося геоантиклинального поднятия БК сформировался мелководный морской бассейн, где образовались

карбонатные комплексы, которые вдоль северного склона МК омолаживаются по обе стороны. Судя по наличию в кристаллическом ядре БК в верховьях реки Лашипсы [10] пермского возраста мраморизованных известняков, обмеление окраинного моря происходило на этом меридиане напротив Малокавказской дуги и оно было обусловлено зародившимся здесь процессами инверсии в связи с опережением на этом меридиане поперечно сжимающих усилий, приведшие к зарождению геоантиклинального поднятия. Судя по наличию в ядре БК кристаллических пород мраморизованных известняков пермского возраста, а по обе стороны от него к его периклиналям триасового возраста карбонатных комплексов обмеление окраинного моря, вызванное формированием геоантиклинальным поднятием началось в докаменноугольное время. Свидетельством этому является отсутствие в Армянском нагорье отложений среднего, верхнего каменноугольного возрастов, согласное с размывом, через конгломераты налегание на отложения нижнекаменноугольного возраста терригенных отложений нижнепермского возраста известняков. Аналогичная как в Предкавказье, на северном склоне МК картина наблюдается и на ВК. Здесь восточнее горы Базардюзю самые древние фаунистически охарактеризованные, но уже более молодые оксфорд-кимериджского яруса с обилием кораллов мелководные известняки в основании горы Шагдаг с размывом и через конгломераты гипсометрически ниже терригенных отложений горы Базардюзю согласно налегают на терригенных отложениях средней юры северного крыла АБКХ.

В истории геологического развития Кавказа из-за различного геологического его строения на различных его сегментах выделяются четыре самостоятельных этапов. Однако судя по вышеприведенным фактам Кавказ сформировался не в результате самостоятельных этапов, а результат полихронного перемещения процесса формирования Кавказа к северо-западу и юго-востоку от кристаллического ядра БК, что обусловило более раннее наступление всех геологических процессов на этом меридиане и постепенный их переход к северо-западу и юго-востоку по мере увеличения субдукции АП под СП. Эти факты указывают на начало формирования тектонических единиц Кавказа на меридиане кристаллического ядра БК, о постепенном перемещении этого процесса к северо-западу и юго-востоку с синхронным поперечным укорочением окраинного моря. После начала инверсии (начала формирования геоантиклинального поднятия) коллизионные процессы, приведшие к поперечному укорочению и формированию складчатого сооружения Кавказа, с юга и с севера от этого поднятия происходит по различным механизмам разрядки напряжённого состояния. С юга от поднятия поперечное укорочение происходит путём сплющивания, постепенного прогибания, дальнейшего углубления на фоне общего поднятия, продолжения образования вулканогенно-осадочных комплексов до мела в Куринской депрессии, с севера – путем послонных перемещений верхних частей разреза относительно нижних к северу на фоне общего подъема, с образованием по фронтальной части послонных перемещений взбросо-складок. АБКХ в ГД в структуре ВК является крупным, возникшим при поперечном укорочении дизплектом, с северной стороны которого развился межгорный прогиб, в которой сформировались карбонатные комплексы к северу переходящие в более глубоководные флишевые.

На площади ДМ, располагающегося на одном линияменте между наиболее древними карбонатными комплексами с севера Предкавказья, юго-запада юго-западной частью Армении достоверно фаунистически охарактеризованы плинсбахского яруса известняки, которые согласно перекрыты известняками тоарского, ааленского ярусов. Более древнего возраста карбонатные комплексы здесь не зафиксированы. Как отмечено Ю.Г.Леоновым «...на всей территории Дзиркульского массива, исключая его северо-восточную часть, тоар-ааленские отложения представлены зоогенными известняками мощностью 25-40 м, которые в северной части массива обогащены обломочным материалом» [4, стр. 224]. Весь разрез из известняков на ДМ венчаются вулканогенно-осадочными образованиями байосского яруса средней юры. Подстилаются же известняки кварцевыми и аркозовыми песчаниками, которые вниз по разрезу обычно переходят в мелко-галечные конгломераты [4]. Верхний аален по мнению многих исследователей на ДМ

отсутствуют и здесь байос с размывом и трансгрессивно ложатся на ниже-ааленские. Восточнее ДМ на байосских отложениях согласно лежат меловые и миоценовые отложения [24].

Как и на северном склоне МК карбонатные комплексы на терригенные отложения юрского периода в зоне сочленения АГКХ и АБКХ налегают без признаков крупных крутых разрывных нарушений, но через конгломераты. На вершине нависшей точки БК в Южном Дагестане горы Базардюзи по космоснимкам четко дешифровываются остатки поверхности выравнивания – пенепленизации (рис. 5).



Рис. 5. Остатки поверхности выравнивания на вершине горы Базардюзи на высоте 4468 м. (0,18 км на рисунке - длина пенепленизированного участка).

Вышеприведенные факты позволил автору предлагать следующую геотектоническую модель формирования современного геологического сооружения Кавказа, в которой рудогенез начиная от первоисточников рудных металлов до зарождения гидротермальных растворов, их миграции и образования разной масштабности рудных объектов в разных тектонических единицах Кавказа обусловлены полихронным процессом формирования Кавказа. Суть этой модели заключается в следующем:

а) формирование современного геологического сооружения Кавказа началось напротив острия АП на меридиане Армянского нагорья еще в девоне, оно было обусловлено более ранним поддвижением острия АП под южный край СП. Это спровоцировало и более раннее образование аккреционной призмы из сжатых складок с краю СП, которая в плане окаймляя это остриё, образовали Малокавказскую дугу. Это доказывается отсутствием здесь каменноугольных отложений среднего и верхнего отделов выходом на дневную поверхность нижнекаменноугольного периода турнейского яруса терригенных отложений и согласным налеганием на них пермских мелководных карбонатных комплексов триаса, которые в свою очередь согласно перекрыты триасовыми карбонатными комплексами.

Более молодого возраста маломощные мелководные морские карбонатные комплексы на МК по обе стороны от этого меридиана обнажены на Храмском массиве в Южной Грузии [24,25] и в крайней северо-западной части Нахичеваньской области Республики Азербайджан восточнее города Гейдарабад [7].

б) формирование геоантиклинального поднятия - основы будущего БК – началось ещё в каменноугольный период напротив Малокавказской дуги, где МК наиболее близко приближен к БК и где в кристаллическом ядре БК зафиксированы мраморизованные известняки пермского периода.

В последующем процессы формирования Кавказа и БК в связи с продолжавшейся субдукцией АП под СП синхронно и постепенно в полихронном режиме перемещались по обе стороны, что обусловило формирование отличающихся друг от друга разной степенью охваченности коллизионными процессами сегментов БК (Западный, Восточный, Юго-восточный, а напротив острия АП – ЦК). В целом Кавказ представляет собой аккреционная призма, которая с юга ограничена шовной зоной по южному склону МК, который представляет собой зона скупивания складок в висячем боку субдукции. Судя по наличию на площади ДМ метаморфизованных органогенно-обломочных фаунистически охарактеризованных известняков плинсбахского яруса [4], процессы формирования геоантиклинального поднятия БК на этом меридиане началось в нижнеюрское время.

Механизм формирования БК путём выталкивания верхней части земной коры при поперечном его укорочении рассматривались А.М. Никишиным и В.А. Лаврицевым, которые отмечают, что *«в неогене в условиях сильного сжатия ороген Большого Кавказа сплющивался, его южный край надвигался на юг, а центральная и северная части выталкивались вверх»* [22]. Однако вышеприведенный факт показывает не столь позднее и одновременное формирование БК по всему его простираению, а о начале его формировании в полихронном режиме начале на меридиане его кристаллического ядра и на постепенное перемещение этого процесса по обе стороны от этого ядра. Если структурное сооружение юго-восточной части ВК обусловлено раннеколлизионными процессами, то кристаллическое ядро охвачено позднеколлизионными-постколлизионными процессами. Бесперывный переход верхнеюрско-мелового возраста карбонатных комплексов через юго-восточную периклинальную часть ВК в Куринскую долину на и на северный склон МК, присутствие в их основании как и в ГД конгломератов [1,2,19], свидетельствует о едином морском бассейне с обеих сторон геоантиклинального поднятия. Такая же картина имеется и по северо-западной периклинальной части БК. Карбонатные комплексы в южном боку АГКХ на территории ГД участками известны в юго-восточной части ГД в верховьях рек Даличай, Гдымчай, Фийчай и Мазачай, они в основном распространены на территории Азербайджана в Куринской долине между МК и БК (вскрыты многочисленными скважинами).

Вышеприведенные факты указывают на образование карбонатных комплексов Кавказа в межгорных прогибах мелководных внутриматериковых морях с обеих сторон геоантиклинального поднятия. Наличие в юго-западной части ДМ нижнеюрских зоогенных известняков доказывает что разделение южного внутриконтинентального моря, (межгорного прогиба с южной стороны поднятия) на северо-западный и юго-восточный сегменты происходило в начале юрского периода. В будущем эти сегменты были унаследованы Рионской и Куринской долинами.

Внедрение первоначальных магматитов в геосинклиальный прогиб Кавказа, как предполагаем, как указано выше, происходило в области современного кристаллического ядра Кавказа и их внедрение по мере увеличения поддвигания АП под СП в полихронном режиме синхронно с формированием геоантиклинального поднятия постепенно перемещались и к северо-западу и юго-востоку от кристаллического ядра. Это приводило к подпиранию и прорыву магматитами рудоматеринских пород. Внедрение первичных магматитов и формирование геоантиклинального поднятия также обусловила постепенная миграция береговых линий мелководных *внутриконтинентальных* морей вокруг поднятия, где в пляжных зонах образовались конгломератовые слои, которые по ходу формирования антиклинального поднятия отступали от него. Довольно часто в связи с превышением скоростей поднятия вокруг формирующегося геоантиклинального поднятия, чем по остальным частям мелководных морей, карбонатные комплексы вокруг поднятия разрушались и за счет крупных их обломков образовались более позднего возраста олистостромы. На ВК в южной части Горного Дагестана такие отложения известны в основании гор

Шалбуздаг, Гестинкиль. В Южном боку БК такие горизонты вскрыты Саатлинской сверглубокой скважиной СГ-1, рядом глубоких скважин на Джарлинской площади [2] в Среднекуринской части.

При формировании геоантиклинального поднятия БК синхронно с этим происходила миграция береговой линии и по северному склону МК, что доказывается омолаживанием карбонатных комплексов МК, приуроченных к ним конгломератов к северу и к флангам Кавказа. Во внутриматериковых, сформировавшихся вокруг геоантиклинального поднятия морях береговые линии постепенно отступали к северо-западу и юго-востоку от него, а также по обе стороны. Об этом свидетельствуют фаунистически хорошо охарактеризованные плинсбахского возраста известняки на территории ДМ [4] и того же возраста также фаунистически охарактеризованные глубоководные, но терригенные отложения в 190 км восточнее в пределах номенклатурных листов К-38-68 А, Г и К-38-69-В по данным геолого-съёмочных работ. Это указывает на то, что когда на меридиане ДМ (водораздел между Рионской и Куринской впадинами) сформировалось внутриконтинентальное море, к востоку от него в 190 км ещё сохранились глубоководные, характерные для окраинных морей условия. В поперечном направлении от формирующегося геоантиклинального поднятия в связи с превышением вертикальных движений отступление миграция береговых линий происходила с большей интенсивностью. Это приводило к образованию омолаживающихся в этих направлениях олистостромовых толщ в более молодых комплексах из более древних, что было обусловлено гравитационным сползанием, сносом продуктов эрозии вниз по склону и т.д.

Детально палеогеографические реконструкции формирования меловых комплексов вдоль северо-восточного склона Малого Кавказа, сеноманских, кампанских отложений юго-востока Большого Кавказа рассмотрены в работах азербайджанских, армянских исследователей в середине 70-х годов [1,8]. Однако в этих работах не рассматривались, какими геологическими процессами они были обусловлены.

Образование мелководных внутриконтинентальных морей, где формировались карбонатные комплексы обусловлены формированием в геосинклинальном прогибе геоантиклинального поднятия. Омоложение конгломератов, вмещающих их терригенных комплексов в геосинклинальном прогибе (окраинном глубоководном море между МК и южным склоном СП) к юго-востоку и северо-востоку обусловлены его прогибанием с синхронным его общим подъёмом, связано с формированием геоантиклинального поднятия на меридиане современного кристаллического ядра Кавказа. Это привело к поперечному укорочению геосинклинального прогиба, возникновению вдоль его южного края (южного края СП) висячем боку зоны субдукции аккреционной призмы-зоны скупивания складок – основы МК. Преобладание вертикальных перемещений вдоль южного края СП чем поперек прогиба, которые были обусловлены субдукцией под этот край АП привело к более раннему выходу этой части из под уровня окраинного моря, к миграции береговой линии к северу, его углублению и продолжению образования в нём глубоководных терригенных комплексов за счет продуктов эрозии с вышедших из под уровня моря частей МК и формирующегося геоантиклинального поднятия БК. Карбонатные комплексы в северном боку МК, вокруг геоантиклинального поднятия БК сформировались в прибрежных частях шельфовых зон мелководных морских, возникших в окраинном море при его обмелении, возникших в результате обмеления окраинного моря по обе стороны от зоны геоантиклинального поднятия вдоль осевой части прогиба при сочетании процесса прогибания с выталкиванием. В них в мелководной среде шло формирование карбонатных комплексов, а осевая часть БК - геоантиклинальное поднятие в период формирования карбонатных комплексов вступал уже в эрозионный режим развития и этот режим в полихронном режиме смещался к северо-западу и к юго-востоку. Осадконакопление во внутриматериковом море в северном боку геоантиклинального поднятия шло за счет продуктов эрозии с него, а в южном боку геоантиклинального поднятия - как за счет материалов продуктов эрозии как с БК, так и МК.

Омоложение разрезов в юго-восточном и северо-западном направлениях происходило и во внутриматериковых морях, возникших по обе стороны от геантиклинального поднятия в межгорных прогибах. В унаследованном Куринской долиной внутриматериковом море это доказываются откартированными на восточном склоне ДМ плинсбахского [4] и вскрытыми Саатлинской сверхглубокой, глубокими скважинами на Джарлинской площади известняками верхнеюрско-неоген-олигоценного возрастов [2,8].

Процесс омоложения разрезов от Центрального Кавказа (ЦК) к юго-востоку и северо-западу связан с более ранним вклиниванием (вползанием) клина Аравийской плиты (АП) под СП при субдукции, которое привело к более раннему заложению БК на этом меридиане и к *полихронному* перемещению этого процесса в этих направлениях. С полихронным процессом формирования БК связано и постепенное внедрение основной магмы от плинсбахского времени в области ДМ (доказывается наличием в конгломератах плинсбаха галек диабазов [4] до мела (по данным бурения глубоких и сверхглубокой Саатлинской скважины в нижней части Куринской впадины [2]).

Внедрение основной магмы связываем с прогибанием геосинклинального прогиба Кавказа при его сдавливании, сплющивании коллизионными процессами, наступлением на глубоких горизонтах увеличивающейся на глубину разуплотнения пород путем трещинообразования, что привело к возникновению «подсасывающего эффекта».

Развитие карбонатных комплексов верхнеюрского возраста в юго-восточной части ВК только в северном крыле АБКХ восточнее горы Шалбуздаг согласно с размывом и гипсометрически ниже налегаясь на терригенных комплексах нижней-средней юры через конгломераты, отсутствие останцов карбонатных комплексов вдоль АГКХ, их переход огибая на территории Азербайджана так называемое восточное погружение БК в Куринскую долину указывают на выход БК западнее Шалбуздаг из под уровня воды, о наступлении в этой части БК к верхнеюрскому времени эрозионного режима и о прекращении осадконакопления. Осадконакопление в виде карбонатных комплексов после верхнеюрского времени восточнее горы Шалбуздаг на ВК продолжалось только в мелководном расположенном севернее сводовой части АБКХ мелководном морском бассейне.

Полихронность формирования БК, обусловила более ранняя эрозия вулканогенно-осадочных толщ в северо-западных частях ВК и образование осадочных комплексов к юго-востоку за счет эрозии, размыва, переноса и переотложения продуктов эрозии с северо-западных частей ВК к юго-востоку. При этом они при осадконакоплении обогащались содержащими в эродируемых осадочных комплексах инициальных магматитов рудными компонентами. К такому выводу автор пришел при анализе данных бурения самой глубокой скважины № 145 (г.л.1099.7м), которая пробурена в разведочном профиле II-II месторождения Кизил-Дере, вскрывшая глубокие горизонты приуроченной к ядерной части Кизил-Деринской синклинали рудоносной зоны ниже нижних выклинок рудных тел месторождения. На глубоких горизонтах ниже нижних выклинок рудных тел рудовмещающая толща с густой вкрапленностью сульфидов, интенсивно метаморфизованы (до хлорит-серицит-кварца), которая не характерна для высоких горизонтов рудовмещающей зоны [19]. Рудовмещающая зона в этой части рудоносной зоны по данным этой скважины отличается сильной расланцованностью метаморфизованных пород. Для рудоносной зоны глубоких горизонтов месторождения характерна довольно частая, развитая по плоскостям кливажа тонкая сеть сульфидов ниже нижних выклинок массивных руд.

Более напряженная складчатость в южном и северном боках АГКХ, уменьшение амплитуды смещения по ограничивающим АГКХ КХ, ДС разломам к юго-востоку, менее напряженная складчатость вдоль осевой части АГКХ и разносторонняя вергенция пород в его разных боках (южная в южном, северная в северном направлениях) показывают на формирование АГКХ вдоль центральной части геантиклинального поднятия ГП путем выталкивания этой части кверху при сдавливании ГП обусловленные субдукцией сдавливающими усилиями. Поперечное укорочение геантиклинального поднятия при сдавливании сопровождалось образованием

системы скученных складок структурного сооружения АГКХ между ограничивающими АГКХ с юга и севера системами падающими навстречу друг к другу пологими нарушениями. АГКХ в геоантиклинальном поднятии БК является вложенной в последний сорванный с основания тектонической структурой, который в разрезе имеет синклинальное строение. Его формированию предшествовало образование АБКХ как крупной взбросо-складки по южному склону СП, который при образовании мегантиклинория БК послужил воспрепятствовавшим перемещению пород к северу упором.

В висячих боках ограничивающий АГКХ с юга и с севера надвигов сформированы более низкого порядка серии антиклинальных, между которыми располагается синклинальная складка. Наличие в висячих боках ограничивающих АГКХ с обеих сторон разломов аташкаинской серии песчаников как в Филизчайском рудном поле [9], так и на всем протяжении Горного Дагестана свидетельствует о том, что эти разломы представляют собой южная и северная части единого послыжного пликативного разрывного нарушения в основании АГКХ. В крайней юго-восточной периклинальной части АГКХ представляет собой зона скупивания складок без развития вдоль его центральной части четко выраженной синклинали (см. рис. 1-б). С северной стороны антиклинорий ГКХ по имеющий южное падение ДС разлому надвинут на южное крыло синклинальной (синклинорной) структуры между АГКХ и АБКХ, которая является юго-восточным продолжением Бежитинской депрессии (синклинория, впадины в неоднозначном понимании у разных исследователей).

Амплитуда надвигания по этому разлому уменьшается к юго-востоку и несколько юго-восточнее горы Базардюзю он переходит в ступенчато спускающиеся к северу серии флексуобразных складок, поперек которых сохраняется целостность слоев при переходе из одного бока в другой (см. рис.3). Юго-восточнее меридиана горы Базардюзю БК становится одnogорбовым, состоящим из АБКХ. Степень сжатия (укорочения АГКХ) между ограничивающими его разломами при его формировании также уменьшается в юго-восточном направлении. Величина надвигания к юго-востоку по этим разломам уменьшается и с обеих сторон они переходят во флексуовидные серии складок, где слои с одного бока в другой бок переходят без нарушения их целостности.

Формирование синклинорной структуры (юго-восточное продолжение Бежитинской) севернее Даличайского Северного разлома в результате прогибания при сдавливании завершается поддвиганием (вдавливанием) этой структуры под АБКХ, образуя Хновский (Тляратинский) разлом, величина поддвигания по которому в верховьях реки Усучай (правый борт речки Му-керкам) имеет минимальные значения, к юго-востоку он полностью затухает.

Анализ размещения рудных объектов ГД, проведенный по материалам отчёта по «Оценке ресурсного потенциала благородных и цветных металлов терригенных и терригенно-вулканогенных комплексов ГД» и на сопредельной территории республики Азербайджан по опубликованной литературе [9] показывает, что все рудные объекты БК тянутся двумя полосами по обе стороны от АГКХ и они приурочены к синклинорным структурам с обеих сторон АГКХ (межгорным прогибам), на которых он надвинут. Синклинорий и составляющие более мелкого порядка складки в южном боку АГКХ опрокинутые к северу, в северном - наоборот к югу. Рассланцовка терригенных отложений в синклинориях является сланцеватостью осевой поверхности и она проявлена вдоль ядерных частей этих синклинорий, падают навстречу друг другу. Промышленного значения рудные объекты в обеих синклинориях приурочены к первичным полостям отслоения. Рудные ловушки промышленно значимых рудных объектов в южном боку АГКХ приурочены или к полостям отслоения в лежащем боку Филизчайского надвига (месторождение Филизчай), или к полости отслоения в сводовой части Катехской антиклинали [9, рис.53 и 55]. Рудные ловушки в северном боку АГКХ - единственного промышленно значимого рудного объекта - месторождения Кизил-Дере приурочены к расположенными друг над другом полостям отслоения вдоль ядерной части одноименного синклинория. Как на месторождении Кизил-Дере, так и на месторождении Филизчай к рудным зонам месторождений по данным

бурения глубоких скважин прослежена ориентированная по сланцеватости сеть прожилковых руд. Плоскости рассланцовки, по мнению автора, послужили рудоподводящими к полостям отслоения структурами.

Анализ приуроченности рудных полей месторождений Кизил-Дере и Филизчай показывают, что поля этих месторождений приурочены к опрокинутым в разные стороны синклиналям, и рудоносные зоны этих месторождений развиты к кливажным структурам вдоль осевых частей этих синклиналей. Рудные поля месторождений Кизил-Дере на северном склоне БК с юга ограничены Северо-Даличайским, Филизчай на южном склоне БК с севера - падающими к северу Кехнамедонским надвигами. Рудные тела месторождения Филизчай, которые в большинстве случаев всецело сложены сульфидами, в рудной зоне конформно повторяют очертания мелкой складчатости рудоносной зоны, т.е. в разрезах их контакты, а также их полосчатость параллельны слоистости. С северной стороны рудоносная зона этого месторождения ограничивается Филизчайским надвигом, по которому АГКХ надвинут на юг [9]. Рудоносные зоны месторождений приурочены к полостям отслоения в поднадвиговой части Филизчайского надвига, или к секущей ядерную часть синклинория рудоносной зоне полостям отслоения, которые располагаются друг над другом. Висячем боку этих надвигов развиты существенно песчанистого состава терригенные отложения, которые в Филизчайском рудном поле представлены Аташкаинской свитой среднеюрского возраста. В Кизил-Деринском рудном поле в такого же состава отложениях то выделялись то как аташкаинские песчаники того же возраста, то их относят к нижней юре. Рудное поле месторождения Кизил-Дере в северном боку БК также как и месторождение Филизчай приурочено к осевой опрокинутой, но к северу синклинорной структуре, которая с юга ограничен Северо-Даличайским падающим на юг надвигом. Считается что его рудные тела месторождения Кизил-Дере занимают секущее к складчатой структуре положение [20].

Хотя оба месторождения приурочены к одной структурной единице БК и не отличаются большими расхождениями минералогических, петрографических особенностей рудных тел, их генезис рассматривался и рассматривают с различных взаимоисключающих позиций от гидротермального до гидротермально-осадочного.

Морфоструктурные исследования, проведенные на основе взаимоотношений слоистости, сланцеватости, полосчатости массивных руд между собой в комплексе с кернометрическими исследованиями по изучению строения рудоносной зоны, размещению в ней рудных тел, проведенные по полевым материалам месторождения Кизил-Дере показали, что рудоносная зона месторождения занимает секущее к складчатой структуре рудного поля положение. Эти исследования также показали, что сланцеватость рудоносной зоны месторождения является сланцеватостью осевой поверхности, который имеет южное падение. По данным опубликованной литературы такое же положение и на месторождении Филизчай в южном склоне БК. В обоих случаях рудомигрирующими структурами являются плоскости рассланцовки. Рудные тела месторождений в рудоносной зоне в обоих случаях занимают возникшие при складкообразовании рудные ловушки-полости отслаивания. Этот вывод на месторождении Кизил-Дере подтвердился выделенным автором на месторождении маркирующимся горизонтом, который прослеживался в Правобережье и Левобережье, через рудоносную зону переходил с одного её бока в другой. По данным ГИН этот горизонт представлял собой разбросанные морскими течениями на больших площадях обломки строматолитов [14]. Этот горизонт при повторных осмотрах керна обнаруживался с точностью до нескольких метров на ожидаемых глубинах по данным отстройки структуры рудоносной зоны месторождения.

Эти факты свидетельствуют о том, что оба месторождения одной природы образования. АГКХ в структуре БК является верхней частью геосинклинального поднятия, которая в свою очередь по мере формирования поднятия на завершающих этапах был вытолкнут кверху, а ограничивающие его Филизчайский и Северо-Даличайский надвиги – плоскости послынного срыва.

Полихронность формирования БК выразилась не только в формировании его структурных, тектонических единиц не только вдоль него, а также в поперечном направлении от севера к югу (северный склон БК), что в комплексе предопределили различное строение рудных полей в разных металлогенических зонах. В Самуро-Белореченской металлогенической зоне рудомигрирующие, рудолокализирующие структуры в основном приурочены к пликативным деформациям типа складок срыва, взбросо-складок, при формировании которых образующиеся разрывные нарушения отличаются своей «малой объемностью», меньшей степени открытостью. Вдоль ядерной части синклинойной структуры в зоне сочленения между АГКХ и АБКХ (Приводораздельная металлогеническая зона) разрядка напряженного состояния происходила с преобладанием образования полостей отслаивания результате выталкивающих усилий вдоль осевой части этого синклинория. Так рудоносная зона месторождения Кизил-Дере в этой металлогенической зоне приурочена к ядерной (осевой) части так называемой одноименной с месторождением синформы (продолжение Бежитинской депрессии на северо-западе ГД в юго-восточной части) между ДС надвигом и сводовой частью антиклинория БКХ. Она (рудоносная зона) имеет складчатую структуру вдоль осевой поверхности, а рудные тела в ней приурочены к расположенными друг над другом седловидной формы полостям отслоения, которые ниже определенных горизонтов не образовались. Пространственно к Приводораздельной металлогенической зоне приурочены месторождение Кизил-Дере, рудопроявление Лавинное и в самой его юго-восточной части рудопроявление Туларчайское – 2.

Многочисленные рудопроявления, как изложено выше, располагаются севернее осевой части Кизил-Деринской синформы и они приурочены к различного типа дизпликатам по системе трещин послонных смещений в комплексе с поперечными им открытого типа трещинами отрыва. Основными рудоподводящими к ним структурами, как доказано буровыми работами при производстве поисковых работ на золото в Курушском рудном поле, являются начинающие от осевой части Кизил-Деринской синклинали зоны послонных смещений верхних частей разреза относительно нижележащих вверх по южному крылу АБКХ (или вверх по южному склону СП). Эти зоны выделяются не только малым выходом керна при бурении из-за перетертости пород до глинки трения, но и по повышенным содержаниям рудных элементов относительно фоновых, а также иногда развитием прожилковидно-гнездовидных скоплений сульфидных минералов. Сами рудопроявления часто ступенчатой формы, которая обусловлена переходом сульфидно-жильных скоплений по зонам ослабления при послонных смещениях и которые через поперечную слоистости открытую систему трещин переходят на вышележащие уровни послонных смещений. Характерной особенностью ступенчатости является расположение вышележащей послонной части севернее чем нижележащая. В пространственном отношении оруденение севернее осевой части Кизил-Деринской синклинали приурочено к Самуро-Белореченской металлогенической зоне.

Ниже на рисунке 6 приводится предложенная автором в 2016 году [15] принципиальная схема формирования рудных полей в Горной части Южного Дагестана.

На ней не отражены механизмы формирования рудных ловушек, от вместимости которых зависело промышленная значимость образующихся рудных объектов. По этой модели зарождение гидротермальных растворов происходило под воздействием пневмотермальных полей на рудоматеринские породы, которые внедрились после их образования и о различных путях миграции гидротермальных растворов к Самуро-Белореченской и Приводораздельной металлогеническим зонам. Металлогенические зоны к которым в северном склоне БК приурочено месторождение Кизил-Дере, в южном месторождение Филизчай формировались на завершающих стадиях складкообразования, когда формировался кливаж осевых поверхностей, которые и перехватывали гидротермы, которые при их миграции по системе дизъюнктивно-пликативных нарушений, контролируемых сланцеватостью осаждались в формирующихся при этом полостях отслоения.

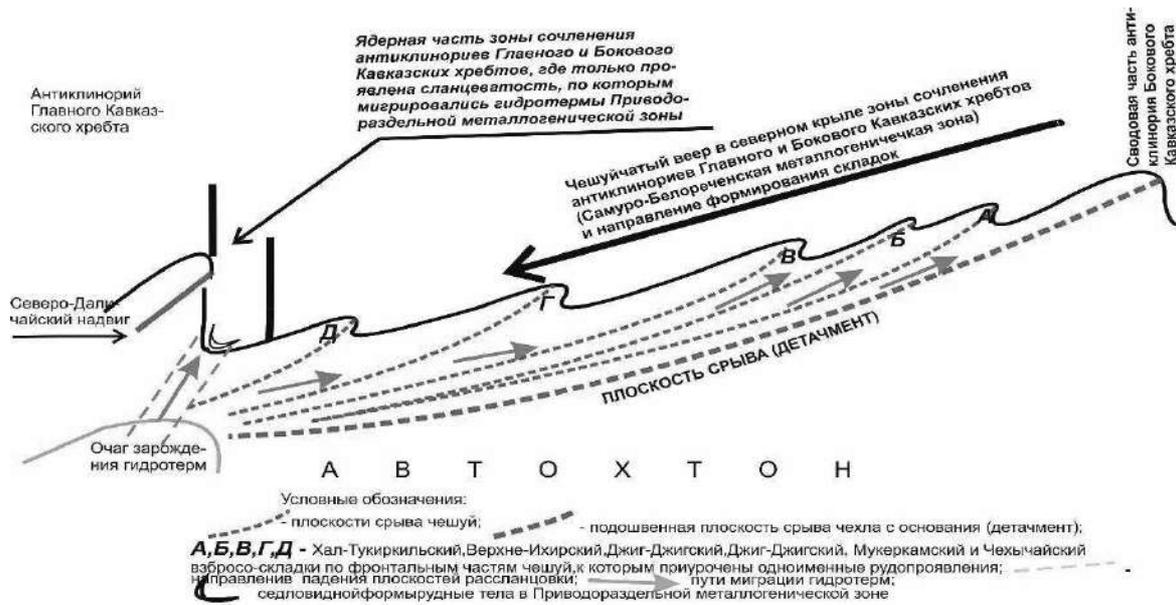


Рис. 6. Принципиальная схема формирования рудных полей в Самуро-Белореченской и Приводораздельной металлогенических зонах.

В ГД единственным объектом, позволяющий создать горнорудную промышленность, является месторождение Кизил-Дере, запасы которого защищены в ГКЗ СССР еще в 1988 году. Однако до настоящего времени оно не эксплуатируется и одной из основных причин его не освоения является отсутствие достаточной минерально-сырьевой базы для ГОКа. Учитывая этот факт и то что все поисковые работы, как сейчас выясняется, были проведены на бесперспективных по образованию промышленной значимости рудных объектах, для увеличения минерально-сырьевой базы ГОКа необходимо возобновить поисковые работы по выявлению аналогичных месторождению объектов. Для этого необходимо переосмыслить результаты поисковых работ на северо-западном фланге месторождения – рудопроявлении Лавинная. Кроме этого необходимо провести оценочные работы на единственном рудопроявлении Туларчайкое-2, которое было выявлено в 2012 году и которое находится в таких же, как и месторождение Кизил-Дере геологических условиях на крайнем южно-восточном фланге Кизил-Деринской синклинали. Тем более в настоящее время к этому участку построена подъездная дорога, а для организации работ на этом участке необходимо его продолжить на 70-80 м с применением буровзрывных работ. Для организации подъездных путей к участку работ не требуется применение буровзрывных работ, их можно построить с помощью бульдозера и в очень короткое время.

Работа выполнена по госзаданиям Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Алиев А.М., Р.А. Алиев, Т.К. Садовникова. Стратиграфия и палеогеография меловых отложений Восточного Кавказа и прилегающих районов Волго-Уральской области. Наука, 1967, с. 3-16
2. Алиев А.И., Касумзаде А.А., Алиев. Г.А., Багирбекова О.Д., Зфендиева.С.Т. О стратиграфическом положении карбонатной серии разреза Саатлинской СГ-1 Азербайджана. Геология нефти и газа, 2004, №1, с. 43-50.
3. Бойко Н.И. Автореферат докторской диссертации «Литология мезозойских карбонатных отложений Северного Кавказа», 1993, 52 с.
4. Большой Кавказ в альпийскую эпоху. М.ГЕОС.2007. (под редакцией Леонова Ю.Г.), с. 215-316.
5. Бровков Г.Н., Москаленко Г.А. О первой находке конгломератов с галькой изверженных и метаморфических пород в байосе юго-восточного Дагестана. 1980 //Тр. ИГ Даг. ФАН. СССР, т. 11, с. 165-168.

6. Гаврилов Ю.О. Архитектура южной краевой зоны верхнеюрско-валанджинской карбонатной платформы Северо-Восточного Кавказа (Дагестан, Шахдагский массив) //Литология и полезные ископаемые, 2018, № 6, с. 507-520.
7. Геологическая карта Азербайджана. Масштаб 1: 500 000. 2008.
8. Геология Азербайджана (посвящается 60-летию Национальной Академии Наук Азербайджанской ССР). Баку, 2005, том IV, 506 стр.
9. Геология СССР. Азербайджанская ССР, т. XLVII, Азербайджанская ССР, Недр, 1976, с. 250-266.
10. Геология СССР. Грузинская ССР. Т.10, часть 1, Недр 1964.
11. Гиоргобиани Т.В. Условия формирования альпийской складчатой системы Большого Кавказа и характерные особенности её структуры //Геология и геофизика юга России, т. 9, № 1, 2019, с. 43-57.
12. Гусев Г.С., Межеловский Н.В., Морозов Н.Ф., Килипко В.А. Схема тектонического районирования России. Масштаб 1: 5000000. Объяснительная записка. М. 2001.
13. Гусейханов С.М. Структурные условия локализации медно-пирротинового месторождения Кизил-Дере. Тр. ИГ. Даг. ФАН СССР, вып.25.-1982, с. 59-65.
14. Гусейханов С.М. Структура месторождения Кизил-Дере. Механизм его формирования и условия локализации рудных тел. Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, вып.29, 1984, с. 30-39.
15. Гусейханов С.М., Юсупов А.Р., Абдуллаев. М.Ш., Черкашин В.И. Геологическое строение юго-восточной части Горного Дагестана. Тр. ИГ. ДНЦ РАН, 2016, вып.66, с. 34-40.
16. Гусейханов С.М., Юсупов А.Р., Магомедов Р.А. Предложение созданию минерально-сырьевой базы цветных металлов в юго-восточной части Горного Дагестана. Тр. ИГ ДНЦ РАН, выпуск 1(72). 2018, с. 24-31.
17. Гусейханов С.М. Геодинамическая модель формирования массива горы Шахдаг и некоторые связанные с ней вопросы //Тр. ИГ ДНЦ РАН, выпуск 2 (77), 2019. С. 4-14.
18. Дотдугев С.И. О покровном строении Большого Кавказа. Геотектоника № 5, 1986.
19. Егоян В.Г. Верхнемеловые отложения юго-западной части Армянской ССР. Ереван, 1955, 324 стр.
20. Курбанов М.М., Богуш И.А., Рылов В.Г. Колчеданное месторождение Кизил-Дере в Горном Дагестане. Москва, Научный мир, 2014, 244 стр.
21. Металлогения рядов коллизионных обстановок. ГЕОС, 2002, т.1, т.2 (научный редактор Межеловский Н.В., ответственный редактор Гусев Г.С.), 421 с.
22. Никишин А.М., Лаврищев В.А. Динамика формирования кайнозойского орогена Большого Кавказа и сопряженных с ним краевых прогибов. В кн.: Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. М.: ГЕОС, 2005, с. 4-38.
23. Соколов С.Д. Олигостромовые толщи и офиолитовые покровы Малого Кавказа. Тр. ГИН АН СССР, вып.296, Наука, Москва, 1977, 101 стр.
24. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов. Научный мир, 2001, с. 413-417.
25. Хаин В.Е. Современные проблемы тектоники Кавказа. Статья с сайта [www. ras. Ru](http://www.ras.ru), 4 стр.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-52-61

ВАРИАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ДАГЕСТАНЕ КАК РЕЗУЛЬТАТ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ

*Алиев И.А., Магомедов А.Г.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

В статье рассматриваются результаты наблюдений вариаций сейсмической активности на территории Дагестана. Рассматриваемый период с 1900 по 2020 гг. Период разделен на 2 части: 1900 – 1960 гг. и 1960 – 2020 гг. Во втором периоде начались регулярные наблюдения за вариациями геофизических и геохимических параметров на сети станций Института геологии. И в вариациях сейсмической активности проявился техногенный фактор, связанный с началом строительства, заполнения и эксплуатации Сулакского каскада ГЭС.

Показано изменение распределения гипоцентров сейсмических событий тектонического и техногенного характера.

Ключевые слова: вариации сейсмической активности, техногенная сейсмичность, тектонические напряжения и деформации от сейсмических событий, распределение гипоцентров,

VARIATIONS OF SEISMIC ACTIVITY IN DAGESTAN AS A RESULT OF TECTONIC AND TECHNOGENIC MANIFESTATIONS

*Aliiev I.A., Magomedov A.G.
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

The article discusses the results of observations of seismic activity variations in the territory of Dagestan. The period under review is from 1900 to 2020. The period is divided into 2 parts: 1900 - 1960. and 1960 - 2020 In the second period, regular observations began on variations of geophysical and geochemical parameters at the Institute of Geology station network. And in the variations of seismic activity, an anthropogenic factor manifested itself associated with the beginning of the construction, filling and operation of the Sulak cascade of hydroelectric power stations.

The change in the distribution of hypocenters of seismic events of a tectonic and technogenic nature is shown.

Keywords: seismic activity variations, technogenic seismicity, tectonic stresses and deformations from seismic events, distribution of hypocenters.

Введение

Прошло 50 лет после Дагестанского (Кумторкалинского) землетрясения произошедшего 14 мая 1970 года. Катастрофического землетрясения с магнитудой $M = 6.7$. Эпицентр находился на территории Буйнакского района около села Кумторкала в 30 км к западу-северо-западу от Махачкалы. Это землетрясение является в 20 столетии крупнейшим на Кавказе после Шемахинского землетрясения 1902 года. После землетрясения 14 мая 1970 года в Дагестан приехало большое число видных сейсмологов со всего СССР. Которые передавали свой опыт и знания Дагестанским ученым. Создали школу специалистов, таких как Осика Д.Г., Каспаров С.А., Левкович Р.А., Идармачев Ш.Г., Саидов О.А. и Казарьянц Г.С. А сейсмолог из Дальнего Востока Крамынин П.И навсегда остался в Дагестане, и долгое время заведовал лабораторией геодинамики и сейсмологии в Институте геологии ДНЦ РАН.

Первые непрерывные инструментальные сейсмологические наблюдения на территории Дагестана начали проводиться с декабря 1951 года, с открытия в Махачкале сейсмостанции Института Физики Земли АН СССР. Первые наблюдения за вариациями геофизических и геохимических параметров и сейсмической активности начали проводиться в Дагестанском филиале АН СССР. В начале в Институте физики, а затем в Институте геологии Дагфилиала АН СССР, после передачи туда всех исследований связанных с науками о Земле. Большинство исследователей сейсмичности Дагестана считают период до 1960 года, периодом скудной информации из-за незначительного количества сейсмических станций, отсутствия не только непрерывных

было в 1930, 1935, 1945, 1953 гг. Не только при общем снижении уровня моря, но и после локальных максимумов. Это позволяет нам сделать предварительный вывод: сейсмическая активность начинает возрастать в период понижения уровня Каспийского моря. В последовательности сейсмических событий Кавказа [Лурсманишвили, 1973] была обнаружена 11 - летняя периодичность, совпадающая с циклом солнечной активности. Эта 11 - летняя периодичность и 10 летняя (в среднем) периодичность нахождения уровня моря в локальном максимуме позволяют нам отметить, что в вариациях сейсмической активности присутствует и внешнее (экзогенное) воздействие.

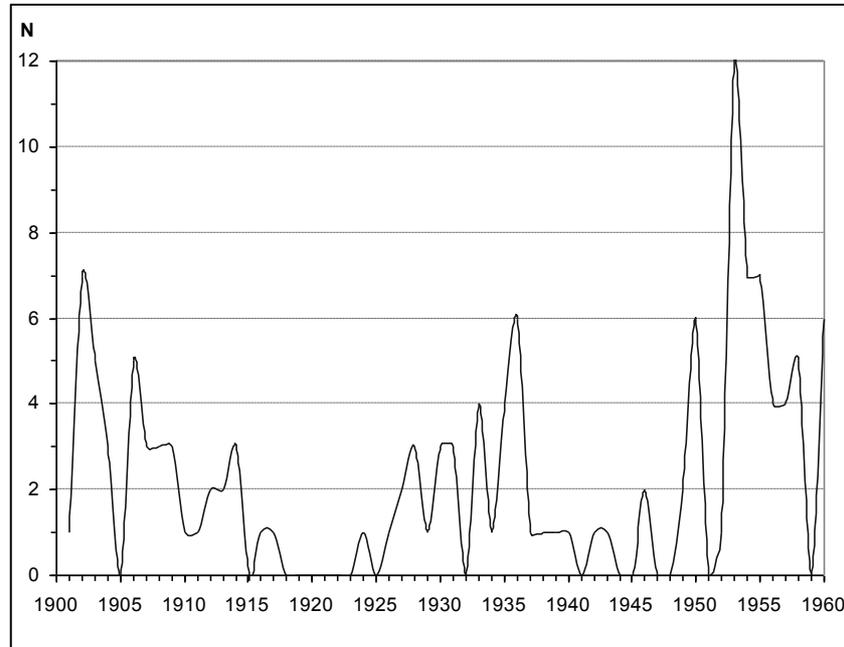


Рис. 2. Сейсмические события на территории Дагестана 1900-1960 гг. ($M > 3$)



Рис. 3. Изменение среднегодового уровня (см) Каспийского моря за 1900 – 2020 гг., водомерный пост Махачкала (отметка нуля поста -28.00 м).

Анализ сейсмичности территории Дагестана в 1960 – 2020 гг.

С 1960-х годов началось быстрое развитие и разветвление сетей инструментальных наблюдений по всей стране и на Кавказе. Это позволило точно позиционировать не только сильные,

но и слабые проявления сейсмической активности с магнитудой $M < 2$. И основное отличие этого периода в том, что в вариациях сейсмической активности начал проявляться и техногенный фактор.

В таблице 1 приведены плотины Сулакского каскада ГЭС. С начала заполнения и ввода в эксплуатацию Чиркейской ГЭС, самой крупной на Сулакском каскаде, прошло более 40 лет - период, совпадающий с общим увеличением сейсмичности этого района. Каждая крупная ГЭС Сулакского каскада вносила свою лепту в увеличение сейсмичности района, инициировало ее после начала заполнения их водохранилищ и дальнейшей эксплуатации. На рис. 4 представлены сейсмические события с $M > 2$ происшедшие на территории Дагестана и некоторой части прилегающих территорий (в координатах: от 41° до 45° СШ, и от 45° до 49° ВД).

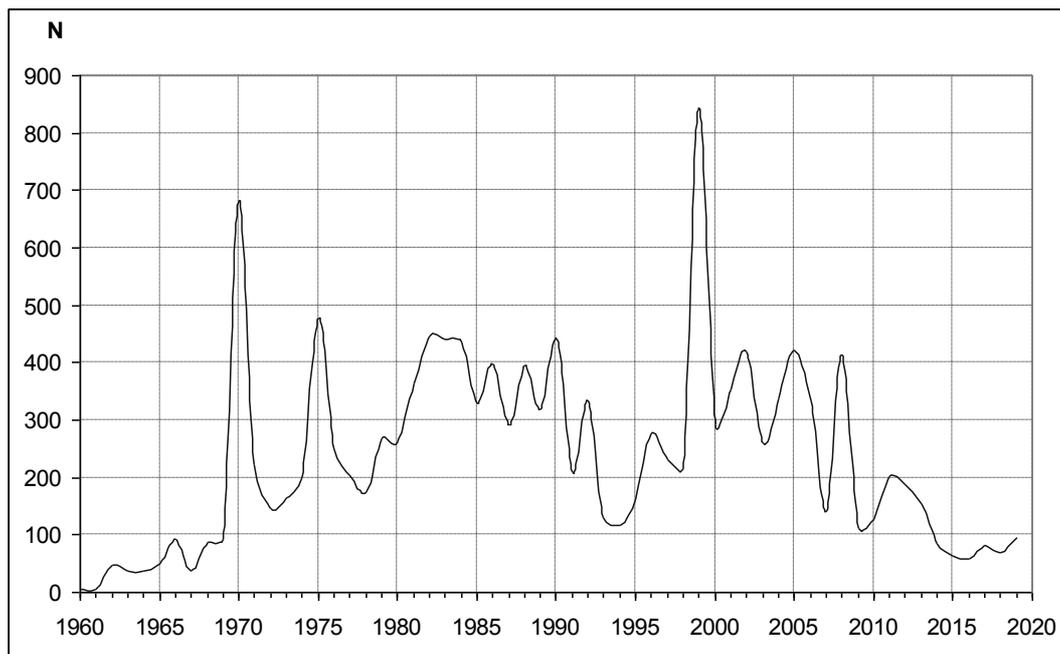


Рис. 4. Сейсмические события на территории Дагестана 1960-2020 гг. ($M > 2$).

Как видно из рисунка, в периоды ввода в эксплуатацию ГЭС (табл.1) происходили значительные (Чиркейская 1974 г., Ирганайская 1999 г.) и локальные (Миатлинская 1986 г., Гунибская 2005 г.) увеличения сейсмической активности [Алиев и др., 2016]. Аналогичное увеличение сейсмической активности наблюдалось в момент заполнения водохранилищ Нурекской, Токтогульской и Чарвакской ГЭС. Согласно [Адушкин, Турунтаев, 2005] вероятность проявления наведенной сейсмичности возрастает с увеличением высоты плотины. Так, для плотин высотой более 10 метров наведенную сейсмичность вызывали только 0,63% из них, плотин высотой более 90 метров – 10%, а для плотин высотой более 140 метров – уже 21%. По всей вероятности, накопление огромной массы воды приводит к изменению гидростатического давления в породах, снижению сил трения на контактах земных блоков. Крупные водохранилища могут вызывать не только слабые, но даже сильные “наведенные” землетрясения. Поскольку высоты плотин Чиркейской и Ирганайской превышают 100 м, а Миатлинской, Гочатлинской, Гунибской и Гергебильской высоты плотин близки к 90 м и как следствие представляют научный и практический интерес для изучения процесса механизма техногенных землетрясений в районе Сулакского каскада ГЭС.

Вернемся к рисунку 3, где представлено изменение уровня Каспия с 1900 по 2020 гг. Как видно из рисунка медленное снижение уровня моря продолжалось до 1977 г. В период минимального уровня Каспийского моря (1970 – 1980 гг.) произошло заметное увеличение сейсмической активности Дагестана, особенно в 1970 и 1975 гг.

Таблица 1

Плотины Сулакского каскада ГЭС

ГЭС	Высота плотины м.	Объем полный млн.куб.м.	Объем полезный млн.куб.м.	Ввод в эксплуат. год
Чиркейская	232,5	2780	1320	1974
Ирганайская	111	705	397	1998
Миатлинская	86,5	47	22	1986
Гунибская	73	10,6	0,89	2005
Гергебильская	70	0,1	*	1940
Гоцатлинская	68	48	*	строится
Чирюртовская	37,5	*	*	1961

На рис. 4 можно отметить повторяющиеся периоды увеличения сейсмической активности, от 3 – 5 до 7 – 10 лет. Анализ уровня Каспийского моря и изменений сейсмической активности Дагестана подтвердил выявленную закономерность, как и до 1960 г. (в 1930, 1935, 1945 и 1953 гг.) сейсмическая активность в Дагестане начинает возрастать в 1970, 1975, 1999 и 2005 гг., как только начинается снижение уровня моря. Здесь имеется ввиду, среднее за год изменение уровня Каспийского моря.

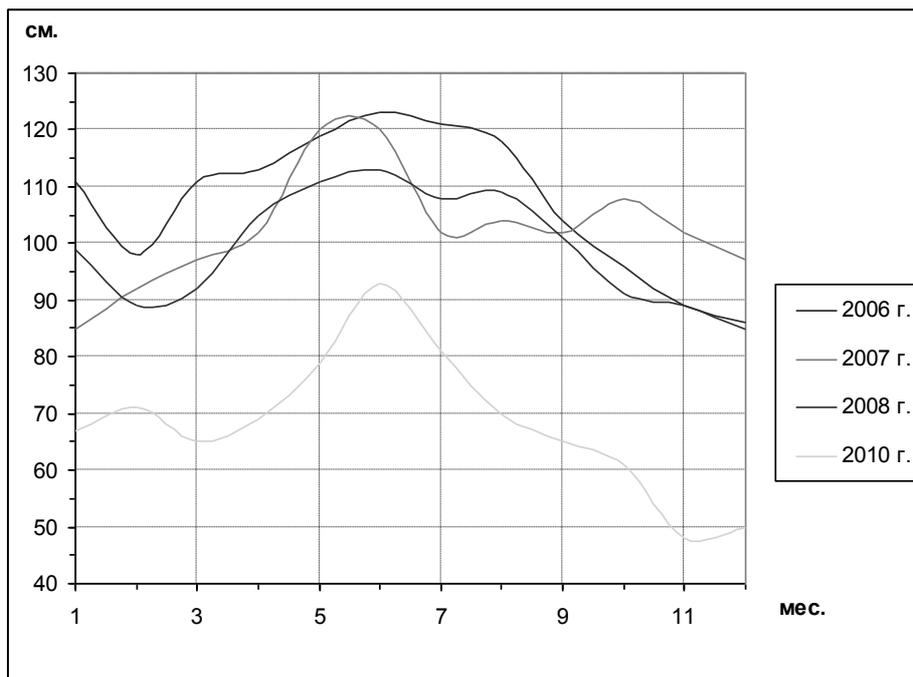


Рис. 5. Средние месячные изменения уровня Каспия за 2006 – 2010 гг.

Проанализировав закономерности среднемесячных изменений уровня Каспия (за 2006 – 2010 гг.) представленных на рис.5, отметим, что он меняется в пределах (в среднем) 40 см и к годовым вариациям сейсмической активности не имеет никакого отношения. Максимальный уровень моря приходится на июнь месяц, на период пика паводковых вод. Так повторяется из года в год и это закономерность для Каспийского моря. Ранее мы отмечали [Алиев и др., 2011, 2013], что изменение динамической нагрузки, вызываемой сезонным колебанием уровня Каспия, намного меньше изменений геодеформационного поля вызываемых геологическими процессами в окрестностях Каспийского моря, Большого и малого Кавказа, движениями Аравийской и Африканских плит и Турецко – Иранских субплит. Следовательно, изменения геодеформационных полей, связанные с эндогенными и экзогенными воздействиями, и вызывают вариации сейсмической активности и значительные колебания уровня Каспия, а не наоборот.

В таблице 1 показано, что высота плотины Чирюртовской ГЭС – 37,5 метра, т.е. самая низкая на Сулакском каскаде ГЭС. Возникает вопрос, могла ли масса воды в водохранилище привести к изменению гидростатического давления в породах, снижению сил трения на контактах земных блоков и привести к изменению сейсмичности района.

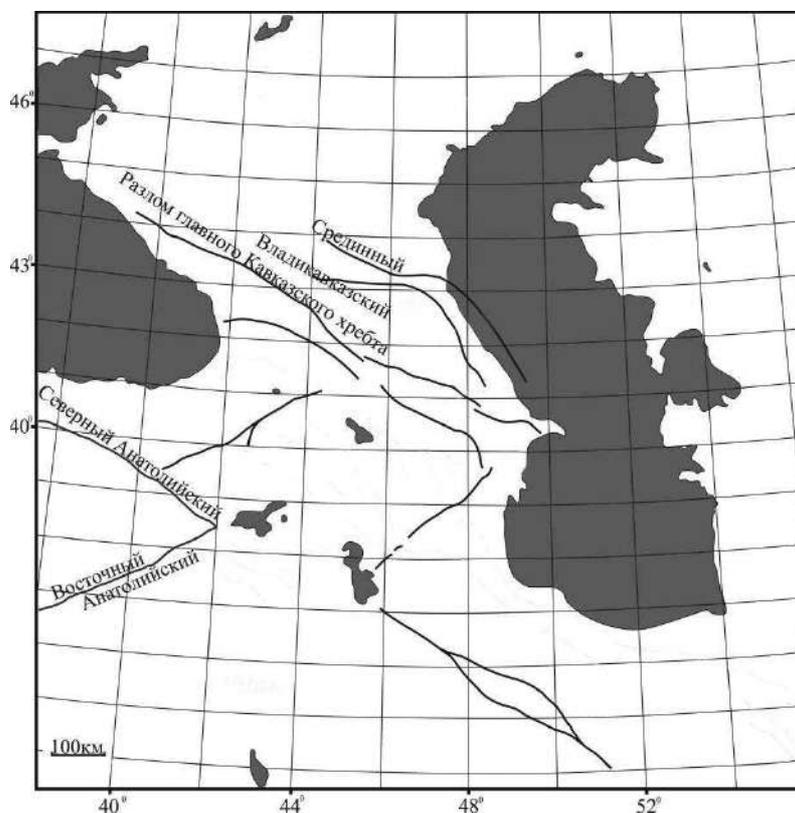


Рис. 6. Разломы Большого и Малого Кавказа вблизи, которых происходит разрядка тектонических напряжений различной природы.

Ответ однозначно положительный, потому что рядом с водохранилищем ГЭС проходит Срединный разлом, который здесь меняет свое направление с северного на северо-западное (рис. 6).

Область, где Срединный разлом меняет свое направление, интересна еще тем, что сейсмическая активность начинает резко убывать в направлении на север и северо-восток. И за последние 15 лет в северной части этой области с радиусом $R = 25$ км не было ни одного сейсмического события с магнитудой $M \geq 4$. На рис. 7 представлено распределение эпицентров сейсмических событий по полугодиям за 2012 и 2013 гг. Можем наблюдать убывание сейсмической активности в направлении на север и северо-восток. Аналогичная картина в распределении эпицентров наблюдается и другие года.

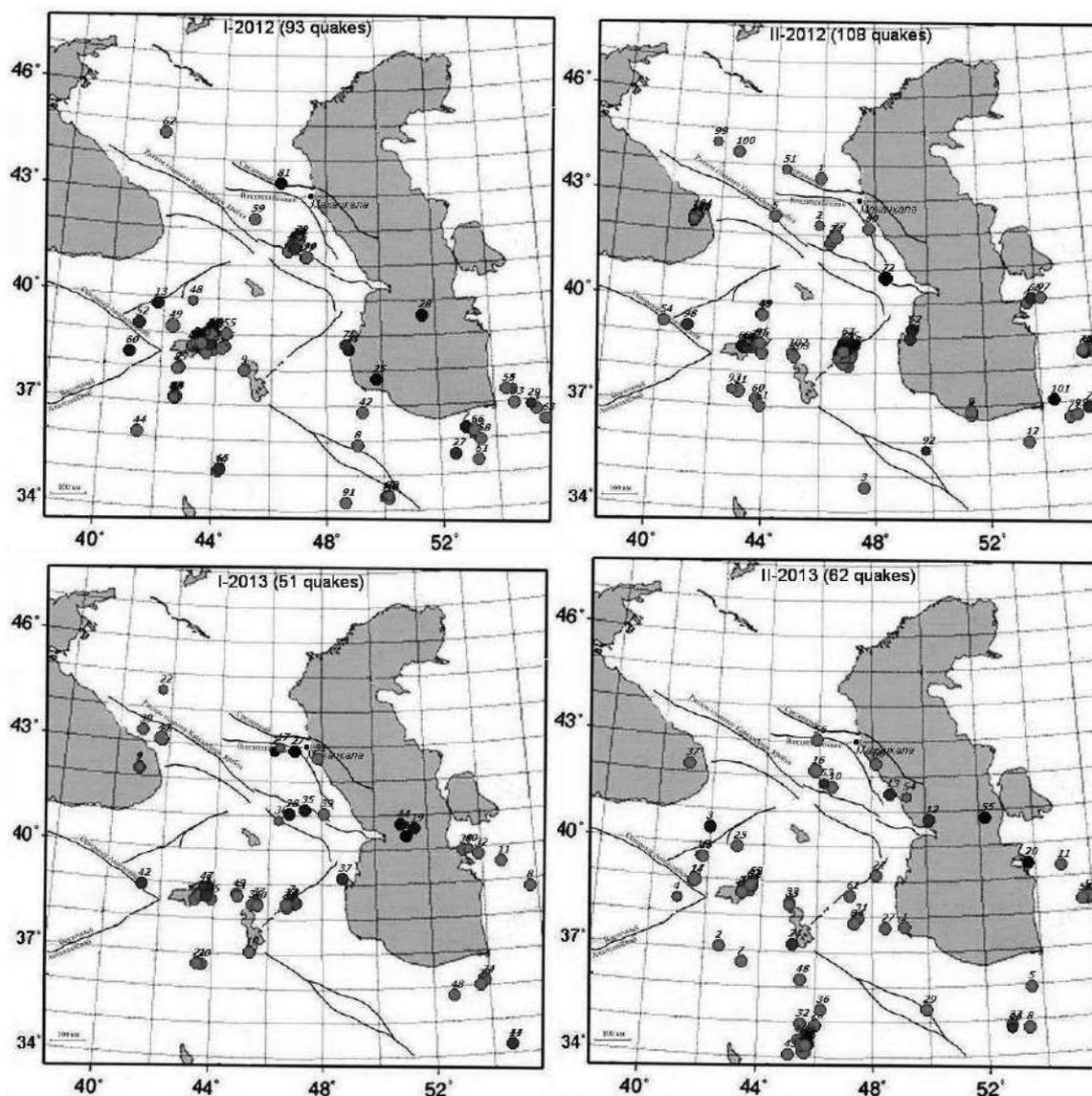


Рис. 7. Распределение эпицентров сейсмических событий по полугодиям за 2012 и 2013 гг.

Во избежание ошибочных выводов, для изучения геологических процессов различного происхождения на территории Восточного Кавказа, анализа сейсмической активности и последовательных движений эпицентров сейсмических событий, была выбрана территория, выходящая за пределы Большого и Малого Кавказа. Область с координатами: по широте от 34° до 46° СШ, и по долготе от 40° до 56° ВД. И сейсмические события с $M \geq 4$ и глубиной очага от 4 до 50 км, которые в большинстве случаев отражаются в вариациях кажущегося сопротивления горных пород (КС) и концентраций растворенных газов в изливающихся скважинах на сети станций наблюдений ИГ ДНЦ РАН. Поэтому на рисунках 6 и 7 представлена эта область с её координатами.

Для наглядности техногенного воздействия на вариации сейсмической активности, проанализируем распределение гипоцентров в районе Сулакского каскада ГЭС [Алиев и др., 2016]. Рассмотрим распределение гипоцентров 3033 землетрясений за 1990-2013 гг. из рассматриваемой (радиусом $R=50$ км, от центра Чиркейского водохранилища) области. Разделим их на группы: первая группа - землетрясения с гипоцентрами менее 15 км, и вторая группа - землетрясения с гипоцентрами более 15 км. Максимальное количество гипоцентров сосредоточено в пределах глубин 10 ± 5 км. Подсчет количества сейсмических событий показал, что в первой группе произошло 2138 событий, во второй - 895 событий. Можно предположить, что землетрясения,

относящиеся к первой группе, связаны с проникновением воды в разломную часть земной коры, а вторая группа событий, где сложно представить проникновение воды в эти горизонты, под воздействием динамической нагрузки при эксплуатации водохранилищ в районе Сулакского каскада ГЭС. На рис.8 показаны графики распределения количества землетрясений кривая 1 и кривая 2 до 15 км и более, соответственно.

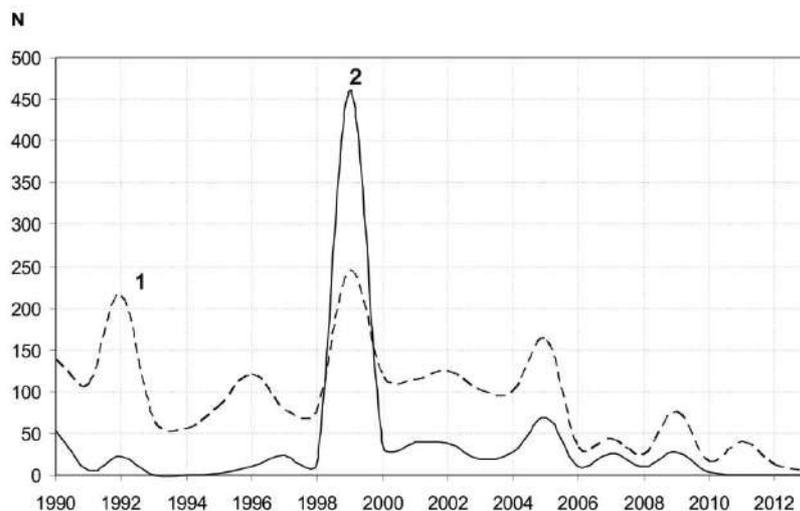


Рис. 8. Изменение сейсмической активности в районе Сулакского каскада ГЭС:
1 - с гипоцентрами до 15 км, 2 - с гипоцентрами более 15 км.

Как видно из рисунка, происходит увеличение числа землетрясений для периода времени 1999 г., причем число землетрясений с гипоцентрами более 15 км растет более интенсивно, чем для гипоцентров менее 15 км, что по всей вероятности связано с возрастающей динамической нагрузкой в районе заполнения водохранилища. На графике также видно почти синхронное повышение количества землетрясений в отдельные годы - 1992, 1996, 2002 и 2005 гг., но в значительно меньшем количестве. И число землетрясений с гипоцентрами более 15 км всегда меньше, чем до 15 км, что является доказательством верности нашего предположения о роли, возрастающей динамической нагрузки в увеличение сейсмичности в 1999 г. в рассматриваемой области.

Это позволяет заключить: заполнение Ирганайского водохранилища вызвало возмущение равновесного состояния земной коры в этом районе, что привело к всплеску сейсмической активности.

На рис. 9 представлено распределение гипоцентров землетрясений за 1970-2013 гг. Кривая 1 построена по данным [6] за 1970-1983 гг. Кривая 2 по данным [8] за 1990 -1997 гг., в период до начала заполнения Ирганайского водохранилища. Кривая 3 построена по данным [8] за 1998 – 2005 гг., после начала заполнения и эксплуатации Ирганайского водохранилища и кривая 4 по данным [www.сeme.gsras.ru] за 2006 – 2013 гг. Как видно из рисунка, кривые 1, 2 и 4 по форме кривой практически повторяют друг друга, коэффициент корреляции между рядами данных k - порядка 0,9. Начала отсчета кривых 1 и 2 разделяет 20 лет, 1 и 4 более 30 лет, в тоже время распределение гипоцентров за разные промежутки времени, разные года - повторяются. Этому есть одно объяснение - изменение динамической нагрузки под ложем водохранилища приводит к раскрытию трещин и проникновению воды во все более новые горизонты по трещинам и разломам. Данный процесс сопровождается повышением сейсмической активности. Причем процесс идет, из года в год, по одним и тем же трещинам и разломам, что доказывается высокой корреляцией рядов данных кривых 1, 2 и 4. Это позволяет нам заключить, что регулярные изменения динамической нагрузки, т.е. сезонные изменения уровня водохранилища в результате его эксплуатации могут приводить лишь к увеличению местной сейсмической активности. Коэффициент корреляции кривой 3 с кривыми 1, 2 и 4 $k \leq 0,6$, т.е. значительно меньше, чем между

первыми рассмотренными, это говорит о том, что процесс имеет иной характер. Практически распределение гипоцентров равномерно по слоям от 5 до 30 км. Объяснение этого явления следующее: мы считаем, что в результате значительного изменения тектонического напряжения в рассматриваемой области, связанного с началом заполнения водохранилища, произошли процессы быстрого выравнивания этих напряжений вертикально по слоям, уже по другим трещинам и разломам, с повышением сейсмической активности. Дополнительное увеличение (в сравнении с периодом относительного тектонического равновесия 1990-1998 гг.) динамической нагрузки инициировало всплеск сейсмической активности в этом районе.

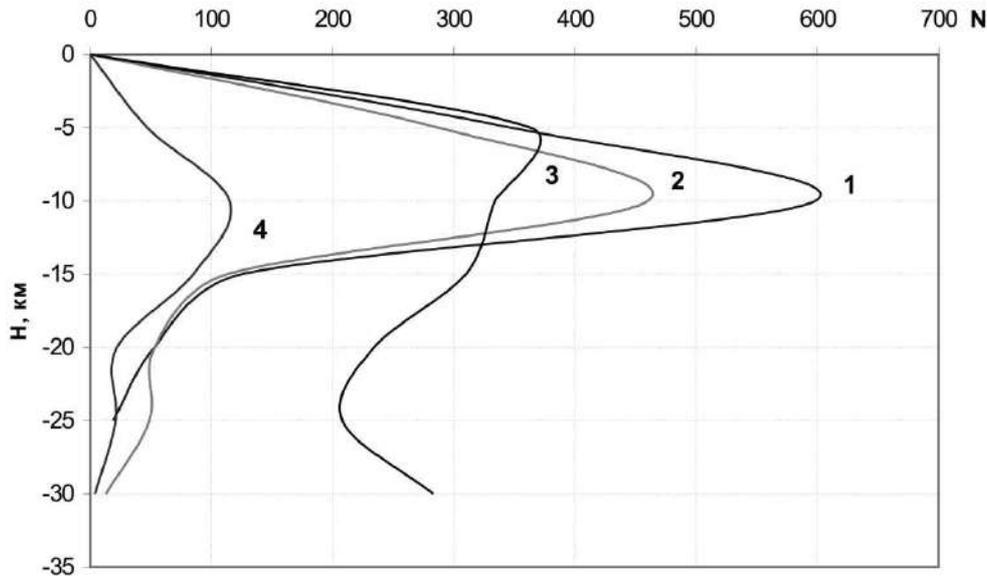


Рис. 9. Распределение гипоцентров землетрясений за 1970 – 2013 гг.:
 1 - по данным за 1970 – 1983 гг. [6], 2 - по данным за 1990 – 1997 гг.
 3 - по данным за 1998 – 2005 гг., 4 - по данным за 2006 – 2013 гг.

Сравним распределения гипоцентров кривая 3 (рис. 9) с гипоцентрами сейсмических событий с $M \geq 5$ по всей планете за 2013 г. представленных на рис.10.

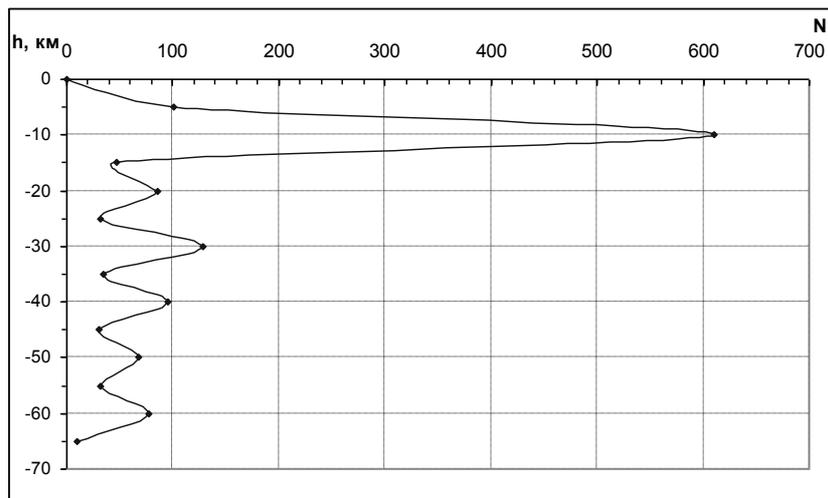


Рис. 10. Распределение гипоцентров сейсмических событий с $M \geq 5$ за 2013 г.

Можно отметить, что распределение кривая 3 рис. 9, которое мы считаем особенностью техногенного воздействия на распределение гипоцентров, резко отличается от распределения вызванного экзогенными и эндогенными процессами на рис.10. Через каждые 10 км гипоцентры

находятся в локальном максимуме. Аналогична картина распределения гипоцентров $M \geq 5$ и за другие 2006 – 2016 гг. Это является подтверждением особенности распределения гипоцентров вызванных техногенными причинами.

Анализ вариаций сейсмичности в Дагестане в 1960-2020 гг. показал, что с конца 60-х годов наблюдается общее увеличение сейсмичности рассматриваемого района (рис. 4), как указывали выше, со значительными и локальными максимумами в периоды ввода ГЭС в эксплуатацию.

После периодов увеличения сейсмичности всегда следуют периоды сейсмического затишья. В период общепланетарного роста сейсмичности с $M > 4$ в 1990 - 1996 гг. по данным USGS [www.usgs.gov/neic/, 1973 - 2008], в рассматриваемом районе отмечается значительное снижение сейсмичности, и наоборот, в период всплеска сейсмичности Сулакского каскада 1999 г. в остальной части планеты существенное снижение сейсмической активности. Все это позволяет заключить, что вариации сейсмической активности в рассматриваемом районе имеют локальные причины, и наиболее вероятно, что это техногенные причины.

Все вышеизложенное позволяет нам считать, что наблюдаемое в районе Сулакского каскада ГЭС значительное увеличение числа сейсмических событий с гипоцентрами более 15 км и практически равномерное распределение гипоцентров по слоям в каждые 5 км (в среднем по 300 гипоцентров в слое) являются признаками техногенного воздействия на распределение гипоцентров и дополняют приводимые выводы.

Еще раз отметим, что изменения геодэформационных полей, связанные с эндогенными и экзогенными воздействиями, и вызывают вариации сейсмической активности и значительные колебания уровня Каспия, а не наоборот.

Выводы

1. Всплеск сейсмической активности в районе Сулакского каскада ГЭС в 1999 году имеет техногенные причины.

2. Заполнение Ирганайского водохранилища привело к нарушению равновесного состояния района расположения Чиркейского, Миатлинского, Чирюртовского водохранилищ. Разрядка тектонических напряжений в течение периода 1999 - 2005 гг. привела к резкому снижению сейсмической активности в последующие 2006 - 2020 гг.

Работа выполнена по госзаданию Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310201-9.

Литература

1. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенные процессы в земной коре (опасности и катастрофы) М.:ИНЭК. 2005. 252 с.
2. Алиев И.А., и др. Уровневый режим Каспийского моря, его связь с вариациями сейсмичности на территории Дагестана и изменениями некоторых геофизических параметров //Тр. Института геологии ДНЦ РАН. Махачкала. 2014. Вып. 63. С. 306-309.
3. Алиев И.А., и др. Анализ вариаций кажущегося сопротивления горных пород на измерительном пункте Махачкала 2007-2009 гг. //Материалы науч.-практич. конфер. «Геология и полезные ископаемые Кавказа». Тр. ИГ ДНЦ РАН. Вып. 57. Махачкала. 2011. С. 279-282.
4. Алиев И.А., и др. Вариации геофизических полей в сейсмоактивной области Дагестана и современные геодинамические движения //Тр. Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала. 2013. Вып. 62. стр. 210 – 216.
5. Алиев И.А., Черкашин В.И., Мусаев М.А. Анализ сейсмической активности в районе Сулакского каскада ГЭС //Геология и геофизика Юга России. 2016. №2. С. 5-13.
6. Левкович Р.А., Асманов О.А. Сейсмофокальная область «Дагестанский клин». «Сейсмичность и сеймотектоника Восточного Предкавказья» //Труды Института геологии Даг.филиала АН СССР. Махачкала. 1985. Вып. 33. С. 5-18.
7. Лурсманишвили О.В. О периодичности сильных землетрясений Кавказа //Изв. АН СССР, Физика Земли, 1973, №2, с.80-86.
8. Общий каталог землетрясений на территории Дагестана до 2005 года. Махачкала: Эпоха. 2007. 394 с.

УДК 550

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-62-65

РЕКОНСТРУКЦИЯ РЯДОВ ДАННЫХ УРОВНЯ ЧИРКЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА,
ПОЛУЧЕННЫХ ЗА РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ*Дещеревский¹ А.В., Идармачев² Ш.Г., Идармачев² А.Ш.**¹ФГБУН Институт физики Земли Российской Академии наук,**²Институт геологии ДФИЦ РАН*

Целью работы является восстановление уровня водохранилища в полном объеме с помощью математических методов. На основе имеющихся ежемесячных и ограниченных ежесуточных данных уровня Чиркейского водохранилища за период 1974-2017 гг., с помощью комплекса алгоритмов, рассчитана функция ежесуточных данных уровня водохранилища для 44 летнего периода со дня заполнения водохранилища, позволяющая использовать ее для анализа геофизических данных.

Ключевые слова: среднесезонная функция, интерполяция, корреляция, режимные наблюдения, геофизические поля, метод наложения эпох.

RECONSTRUCTION OF THE CHIRKEYSKY RESERVOIR LEVEL DATA SERIES OBTAINED
FOR DIFFERENT PERIODS*Descherevsky¹ A.V., Idarmachev² Sh.G., Idarmachev² A.Sh.**¹The Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, Moscow**²Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

The aim of this work is to restore the reservoir level in full using mathematical methods. Based on the available monthly and limited daily data of the Chirkei reservoir level for the period 1974-2017, a set of algorithms is used to calculate the daily data function of the reservoir level for a 44-year period from the date of filling of the reservoir, allowing it to be used for the analysis of geophysical data.

Keywords: mean seasonal function, interpolation, correlation, monitoring, geophysical fields, the method of superposition of epochs.

1. Введение

В районе Чиркейского водохранилища с начала его заполнения проводятся различного рода режимные наблюдения за вариациями геофизических, гидрогеологических, сейсмических и других полей. Сейсмологические наблюдения были начаты за несколько лет до начала его заполнения [4], затем в различные периоды эксплуатации ГЭС проводились геоэлектрические, гравимагнитные наблюдения [6]. Последние годы в районе правого борта плотины проводятся высокоточные измерения электрических и температурных параметров горных пород в скважинах с целью контроля за опасными геологическими процессами, например, за подвижками по имеющимся в массиве трещинам [5].

Анализ рядов различных геофизических параметров горных пород требует сравнения их с сезонными изменениями уровня воды в водохранилище, так как они оказывают влияние на окружающую среду, вызывая активизацию геодинамических и фильтрационных и других процессов. Объем водохранилища при максимальном уровне воды в верхнем бьефе плотины высотой 232 м составляет 2.8 км³. Сезонные колебания уровня достигают 38-40 м.

В различные периоды уровень воды в верхнем бьефе плотины измерялся по разному. По имеющимся у нас данным с начала заполнения 1974 по 2009 гг. измерения проводились раз в месяц, а после 2010-2017 гг. — раз сутки, поэтому **целью работы** является восстановление уровня водохранилища в полном объеме с помощью математических методов.

2. Анализ данных

График уровня водохранилища составленный по исходным данным за период 1974-2017 гг. показан на рис. 1. Для анализа данных целесообразно интерполировать измерения уровня к суточному шагу. В данном случае такая интерполяция может быть сделана не по линейной, а более сложной модели. Такая возможность имеется благодаря наличию 40-летнего ряда измерений уровня, включающему многолетний период ежесуточных измерений уровня после 2010 г. Это позволяет оценить среднесезонную функцию [1] измерений уровня, а затем использовать ее в качестве репера (модели ритма) для интерполяции сигнала [2]. Выполнение такой интерполяции проводилось итеративно с целью построения более качественной аппроксимации.

Процедура включала следующие шаги:

1. Прежде всего, был проведен анализ процесса заполнения водохранилища с целью выяснить, в какой момент среднесезонная функция (ССФ) уровня стабилизировалась. Эта методика предполагает расчет сезонной вариации методом наложения эпох с последующим сглаживанием. Цель сглаживания – подавление случайных высокочастотных флуктуаций среднесезонной функции.

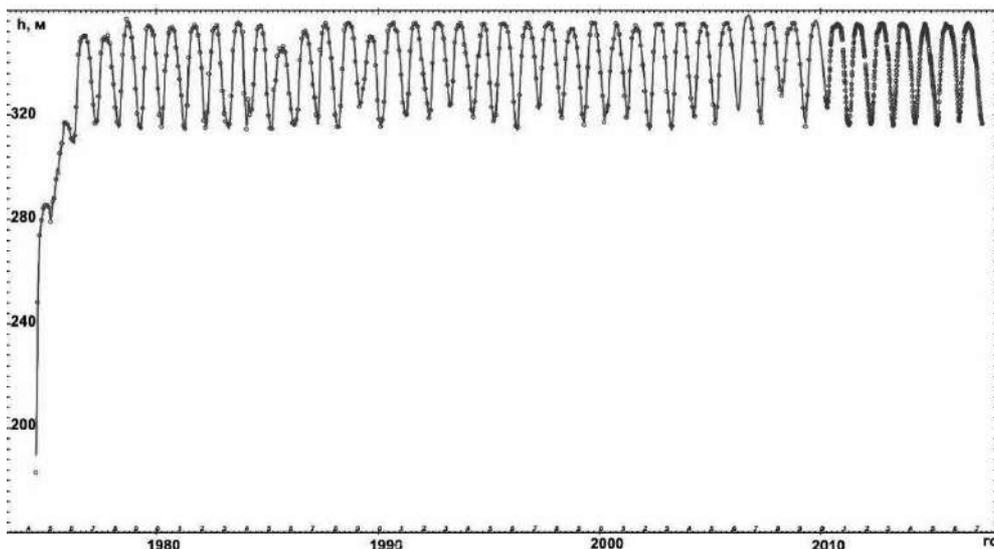


Рис. 1. График уровня водохранилища составленный по исходным данным за период 1974-2017 гг.

2. На следующем шаге была выполнена "черновая" интерполяция наблюдений, выполненных до 2000 г. Цель этой операции – обеспечить равную "представительность", или равный вес наблюдений, выполненных до и после 2010 г., при последующих расчетах "чистой" ССФ. В противном случае все наблюдения, выполненные до 2010 г., будут давать вклад только в значения ССФ в последний день месяца, так как до 2010 г. наблюдения уровня выполнялись один раз в месяц в конце месяца. А это неправильно, так как уровень меняется достаточно плавно и пониженное значение в какую-то дату, как правило, означает, что до и после этой даты уровень также был пониженным.

Однако самый простой вариант интерполяции – линейной функцией – в данном случае неудовлетворителен, так как он дает слишком грубую аппроксимацию и вдобавок искажает (занижает) экстремальные значения уровня в периоды максимальной и минимальной водности водохранилища. Поэтому значения уровня между наблюдениями были аппроксимированы "черновой" среднесезонной функцией (рассчитанной по данным с 1976:06:01 и до конца срока) с подгонкой ее амплитуды регрессионным методом в окне шириной 6 мес. Такое окно привносит некоторый дополнительный шум по сравнению с использованием более стабильного окна шириной 1 год, однако оно позволяет учесть изменения в форме ССФ, которые, потенциально, могли наблюдаться до 2010 г.

3. На следующем шаге был проведен анализ качества наблюдений с целью обнаружения ошибок и опечаток в первичных данных. При этом до 2010 г. анализировалось отклонение наблюдений от интерполированной кривой, а после 2010 г. – отклонение точек данных от линии графика.

4. На следующем шаге была рассчитана "чистовая" среднесезонная функция. Расчет выполнялся методом наложения по интерполированному ряду уровня (рассчитанному на шаге 3) по данным с 1976:05:15 по 2017:04:27. Использовалось окно сглаживания ССФ, равное 11сут.

Сравнение "черновой" и "чистой" среднесезонных функций показано на рис. 2. Видно, что два способа расчета приводят практически к идентичной среднесезонной функции (коэффициент корреляции между двумя вариантами 0.999). Это означает, что сезонный ход уровня в 1976-2010 гг. в среднем был практически таким же, как и в 2010-2017 гг.

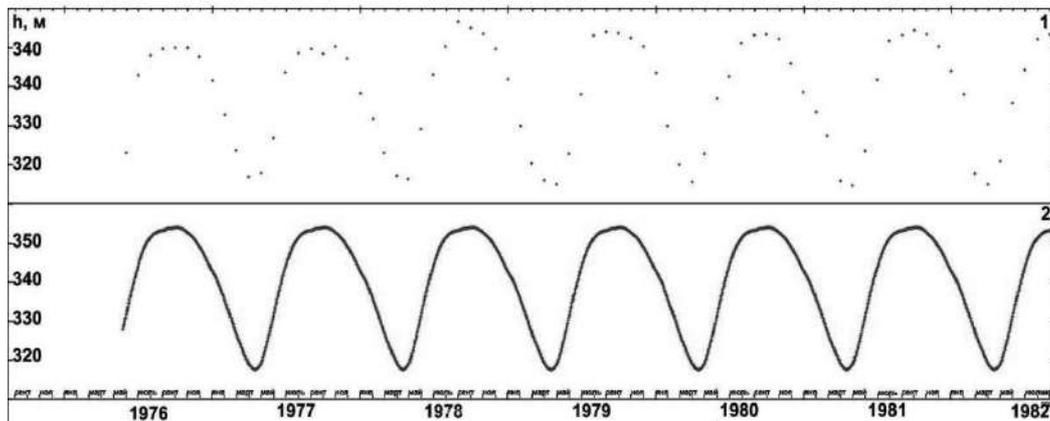


Рис. 2. График черного варианта среднесезонной функции уровня водохранилища(2), рассчитанный по исходным данным (1)

5. После расчета "чистой" ССФ она была использована в качестве интерполирующего репера для заполнения интервалов между измерениями в данных за 1974-2010 гг. Результаты показаны на рис. 3. Видно, что в некоторые периоды времени корреляция между наблюдениями и аппроксимирующим репером (т.е. сезонным ходом) падает до нуля и даже до отрицательных значений. Такие интервалы связаны с нестандартным сезонным ходом измеренных значений уровня или ошибками измерений.

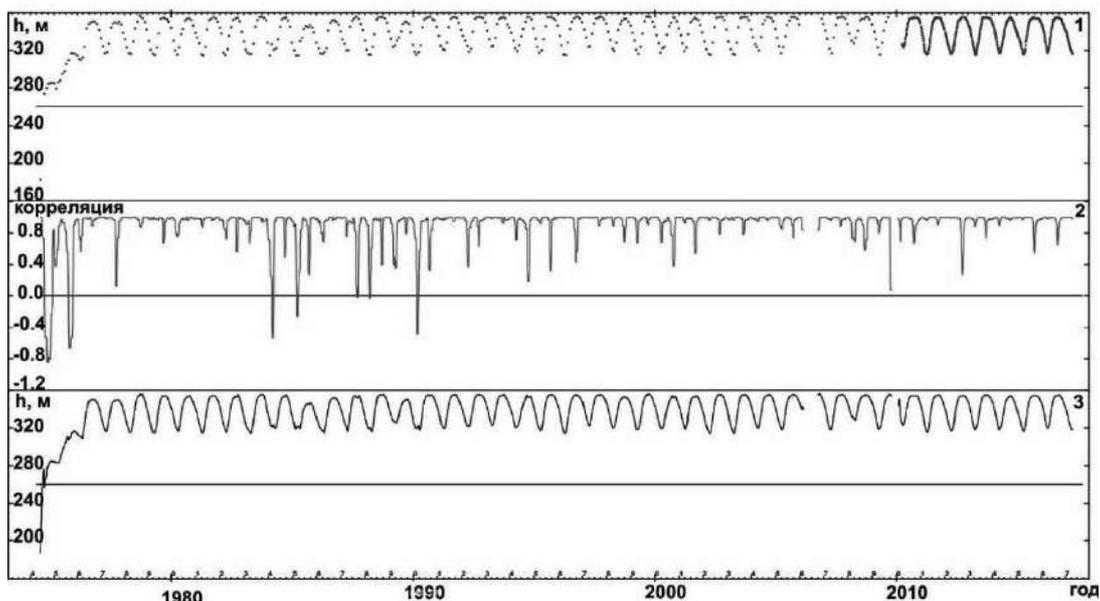


Рис. 3. Графики: 1 - уровня водохранилища по исходным данным; 2 - корреляции; 3 - уровня водохранилища интерполированный.

Построенный ряд уровня воды в водохранилище охватывает период с 1974 по 2017 г. и может быть использован для анализа геофизических и других данных.

Работа выполнена по госзаданиям Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН № 0144-2019-0011 и Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310201-9.

Выводы

На основе имеющихся ежемесячных и ограниченных ежесуточных данных уровня Чиркейского водохранилища за период 1974-2017 гг., с помощью комплекса алгоритмов, рассчитана функция ежесуточных данных уровня водохранилища для 44 летнего периода со дня заполнения водохранилища, позволяющая использовать ее для анализа геофизических данных.

Литература

1. Дещеревский А.В., Сидорин А.Я. Некоторые вопросы методики оценки среднесезонных функций для геофизических данных. М.: ОИФЗ РАН. - 1999. - 40 с.
2. Дещеревский А.В., Журавлев В.И., Никольский А.Н., Сидорин А.Я. Анализ ритмов в экспериментальных сигналах // Геофизические процессы и биосфера. - 2017. - Т. 16. - № 2. - С. 55–73. DOI: 10.21455/GPB2017.2–2.
3. Идармачев И.Ш., Дещеревский А.В., Идармачев Ш.Г. Оценка связи между изменением уровня воды в Чиркейском водохранилище и электрическим сопротивлением пород правобережья плотины ГЭС // Гидротехническое строительство. - 2019. - №3. С. 25–31.
4. Идармачев Ш.Г., Мусаев М.А., Идармачев И.Ш. Сейсмичность района Чиркейского водохранилища // Геориск, 2019. - Том XIII. - № 3. - С. 18–29. <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2019-13-3-18-29>.
5. Идармачев Ш.Г., Алиев М.М. Вариации кажущегося электрического сопротивления горных пород в период Кизилюртовского землетрясения 1999 г. в Дагестане // Геофизические исследования. - 2013. - Т. 14. - № 2. - С. 15–24.
6. Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Алиев И.А. и др. Возбужденная сейсмичность в районе Чиркейского водохранилища и ее проявление в геофизических полях. - Труды Института геологии Дагестанского НЦ РАН. - Махачкала. - «Алеф». - 2012. - 103 с.

УДК 550.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-66-69

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА ЧИРКЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КИНЕТИКИ НАКОПЛЕНИЯ СЕЙСМОГЕННЫХ РАЗРЫВОВ

*Идармачев И.Ш., Магомедов А.Г., Идармачев А.Ш.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Рассмотрены вопросы применения закономерности развития разрушения твердых тел к процессам сейсмической активности в земной коре. Проанализированы параметры кинетики накопления сейсмогенных разрывов для района Чиркейского водохранилища свидетельствующие о наличии неоднородности сейсмичности по пространству и сейсмическому циклу внутри малых участков исследуемого района.

Ключевые слова: концентрационный критерий разрушения; лавинная стадия слияния трещин; очаг землетрясения; энергетический класс землетрясения.

THE STUDY OF PECULIARITIES OF THE SEISMICITY OF THE AREA OF CHIRKEY RESERVOIR USING THE METHOD OF THE KINETICS OF ACCUMULATION OF SEISMOGENIC RUPTURES

*Idarmachev I.Sh., Magomedov A.G., Idarmachev A.Sh.
Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

The questions of applying the regularity of the development of destruction of solids under pressure to similar processes of seismic activity in the earth's crust are considered. The parameters of the kinetics of the accumulation of seismogenic breaks for the area of the Chirkeysy reservoir are analyzed which indicate the presence of heterogeneity of seismicity in space and the seismic cycle within small sections of the studied area.

Keywords: concentration criterion of destruction; avalanche stage of fissure fusion; earthquake focus; earthquake energy class.

Введение

Исследование зарождения, накопления и укрупнения трещин при сжатии образцов из различных материалов, в том числе и для горных пород, позволили установить достаточно универсальную закономерность развития процесса разрушения. Механизм подготовки разрушения основывается на укрупнении размеров трещин путем слияния мелких трещин в более крупные [1]. В целом процесс разрушения можно разделить на два этапа. Первый этап связан с некоррелированным накоплением стабилизирующихся трещин, размеры которых обусловлены структурной гетерогенностью материала. При достижении определенной концентрации трещин образуются ансамбли трещин, в которых возможно их силовое взаимодействие и слияние, приводящее к образованию более крупных трещин или переходу разрушения на следующий масштабный уровень. Это укрупнение трещин определяет второй этап разрушения, характеризуя формирование дислокаций в образце и их масштабного развития. Данный механизм подготовки разрушения твердых тел может быть использован для исследования подобных процессов в земной коре, например, для определения времени и места крупной дислокации — сильного землетрясения.

Методика исследования

При хаотическом распределении трещин в деформируемом объеме разрушение твердых тел связывается с концентрационным критерием разрушения χ , который характеризует способность силового взаимодействия и слияния трещин [1]:

$$\chi = N_1^{-0,33} / L_{cp} \quad (2)$$

где N_1 - число трещин в единице объема; L_{cp} - средний размер трещин.

Среднее значение концентрационного критерия разрушения для твердого тела составляет $\chi = 3-5$. Данный критерий разрушения твердого тела может быть применен также к процессам в земной коре в силу закона фрактальности.

Одним из основных положений модели подготовки очага землетрясения [2] является необходимость достижения плотности разрывов в локальном объеме до критической величины для перехода процесса трещинообразования в лавинную стадию, путем слияния крупных трещин в очаг землетрясения. Такое явление, характерное для разномасштабных процессов разрушения, как образцов различных твердых тел и блоков земной коры, была впервые применена авторами работ [3, 4] для исследования статистических закономерностей сейсмоактивных районов, при этом предполагается, что очаги мелких землетрясений на определенном этапе начинают взаимодействовать между собой и приводят к возникновению более крупного землетрясения. Механизм исследования заключается в определении пространственно-временного распределения параметра χ . При этом область, для которого данный параметр становится близким к критическому значению $\chi = 3-5$ является потенциально опасным, т. е. возможно возникновение более крупного землетрясения. Таким образом, исследование пространственно-временного распределения параметра χ позволяет определить зоны ожидаемого землетрясения.

В настоящей работе сделана попытка применения данной закономерности для исследования пространственно-временного распределения параметра χ для района Чиркейского водохранилища после его заполнения.

Заполнение Чиркейского водохранилища было начато в 1974 г. При достижении уровня воды в водохранилище 100 м было произошло резкое увеличение числа слабых толчков. В период заполнения 1974-1975 гг. произошло несколько достаточно сильных землетрясений магнитудами $M \geq 5.0$. Небольшие глубины очагов землетрясений 5-8 км вызвали в эпицентральных зонах сотрясения земной коры силой 7-8 баллов по 12 бальной шкале MSK - 64.

Для вычисления параметра χ нами использовались данные Дагестанского ГС РАН о времени, координатах, глубине эпицентров землетрясений энергетического класса $K \geq 7$, за период 1979-1987 гг. За начало отсчета был выбран 1979 г. Это связано с тем, что в период заполнения водохранилища в течение периода 1974-1977 гг. произошло большое количество землетрясений, поэтому с самого начала параметр χ может стать сколь угодно малым и может достигнуть своего критического значения. В связи с этим для анализа параметра χ был выбран период с низкой сейсмической активностью, т.е., начиная с 1979 г.

Обсуждение результатов исследований

Для исследуемого района подсчитывалось число землетрясений N внутри локального единичного объема V с размерами $26 \times 27 \times 10$ км, начиная с 1979 г., с шагом увеличения временного интервала $T = 1$ год, т. е. $N_1 = N / V$, среднее значение длины разрыва L_{cp} и χ .

Длина разрыва в очаге землетрясения оценивалась на основе эмпирического соотношения [4]:

$$\lg L_i = 0.244 K - 2.266. \quad (3)$$

Среднее значение размера разрыва определялось по формуле:

$$L_{cp} = \sum_{i=1}^N L_i / N \quad (4)$$

На рис. 1 приведены графики накопления числа разрывов N_1 , концентрационного параметра χ и средних размеров разрывов L_{cp} . За первые два года концентрационный параметр достигает значения $\chi = 6.6$, что соответствует устойчивому состоянию среды [1]. Начиная с 1981 по 1983 г.г. параметр χ уменьшается от 6.6 до 4.0, т. е. достигает критического значения, при этом с ростом числа разрывов N , наблюдается плавное снижение величины среднего размера разрывов L_{cp} . При достижении параметра χ своего критического значения возникают два землетрясения с энергетическим классом $K = 12$. После чего параметры χ и L_{cp} уменьшаются, а число толчков увеличивается.

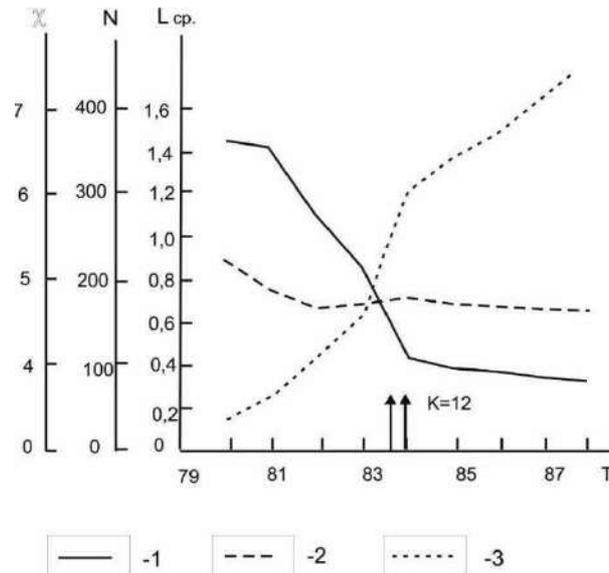


Рис. 1. Графики концентрационного параметра разрушения (1), средних размеров разрывов (очагов землетрясений) (2); накопления числа разрывов (3)

Согласно исследованиям [6] сейсмичность обладает свойствами неоднородности внутри малых площадей, поэтому исследуемый район разбит на 12 участков с размерами 7×9 км. Анализ распределения χ показал, что 1983 г. в окрестности водохранилища возникли пять зон с низкими значениями χ , в четырех из них $\chi < 4$, а в одном – $\chi < 3$. В квадрате, где произошли землетрясения $K = 12$ значения параметра χ достигли своего наименьшего значения.

Для выяснения количественной связи между параметром χ и числом относительно крупных землетрясений, подсчитывалось их число для всего участка отдельно для землетрясений с энергетическим классом $K = 11$ и $K = 10$. Из полученной зависимости видно (рис. 2), что при $\chi > 6$ землетрясения с $K \geq 10$ практически не происходят, их число резко увеличивается при $\chi < 4$. Землетрясения с $K \geq 11$ возникают при достижении параметра $\chi < 3.5$.

Анализ сейсмичности района Чиркейского водохранилища с позиции развития процесса разрушения материала свидетельствует о наличии неоднородности сейсмичности по пространству и сейсмическому циклу внутри малых участков исследуемого района, что свидетельствует о сложном напряженно-деформированном состоянии земной коры в исследуемом районе.

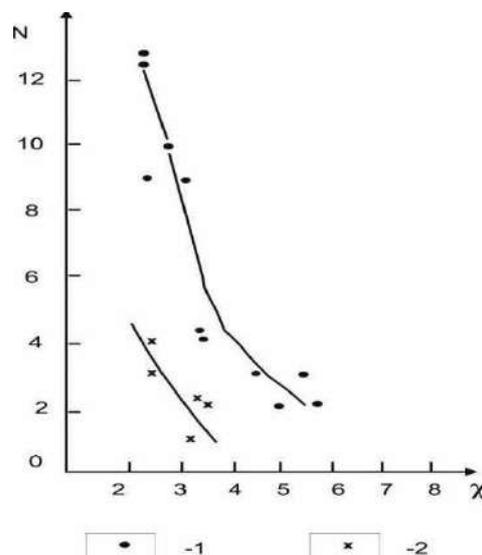


Рис. 2. Графики зависимости между концентрационными параметрами и числом землетрясений: 1 - $K = 10$; 2 - $K \geq 11$.

Выводы

1. Анализ сейсмичности района Чиркейского водохранилища с позиции развития процесса разрушения материала свидетельствует о наличии неоднородности процесса по пространству и сейсмическому циклу внутри малых участков исследуемого района, что свидетельствует о сложном напряженно-деформированном состоянии земной коры в исследуемом районе.

2. Исследование сейсмичности района Чиркейского водохранилища на основе расчета критического параметра разрушения земной коры показало возможность его применения для определения зоны, где можно ожидать землетрясения энергетического класса $K \geq 12$.

Работа выполнена по госзаданию Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310201-9.

Литература

1. Журков С.Н., Куксенко В.С. Концентрационный объемного разрушения тел. - Физические процессы в очагах землетрясений. - М.: Наука. - 1980. - С. 78-86.
2. Мячкин В.И. Процессы подготовки землетрясений. - М.: Наука. - 1978. - 232 с.
3. Куксенко В.С., Пикулин В.А., Негматуллаев С.Х. и др. Долгосрочный прогноз землетрясений по кинетике накопления разрывов //Прогноз землетрясений. - Душанбе - Москва: Дониш. -1984. - № 5. - С. 139-148.
4. Резниченко ЮВ. Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент. - Исследование по физике очага землетрясения. - М.: Наука. - 1975. - С. 9-27.
5. Соболев Г.А., Завьялов А.Д. О концентрационном критерии сейсмогенных разрывов //ДАН СССР. 1980. - Т. 252. - № 1. - С 69-71.
6. Садовский М.А., Болховитинов П.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. - М.: Наука. - 1987. - 100 с.

УДК 550.34.06.013.3

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-70-76

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА С СОПРЕДЕЛЬНЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ ЗА 2006 – 2019 гг.

*Мусаев М.А.**Институт геологии ДФИЦ РАН*

Представлены результаты анализа пространственно-временных вариаций распределения сейсмичности на территории Дагестана и соседних территориях за период 2006 – 2019 гг., каталог землетрясений для которых характеризуется уровнем представительности энергетического класса $K_{\min} = 7$. На основании разработанной программы построены карты эпицентров землетрясений, рассчитана матрица сейсмической активности A_{10} и построены карты изолиний сейсмической активности 2D и 3D.

Ключевые слова: сейсмичность, сейсмической активности, энергетический класс, карта эпицентров землетрясений, карта изолиний.

SPATIAL-TIME VARIATIONS IN THE DISTRIBUTION OF SEISMICITY IN THE TERRITORY OF DAGESTAN WITH ADJACENT TERRITORIES FOR 2006 – 2019

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

The results of the analysis of spatial and temporal variations in the distribution of seismicity in the territory of Dagestan and neighboring territories for the period 2006-2019 are presented, the earthquake catalog for which is characterized by the level of representativeness of the energy class $K_{\min} = 7$. Based on the developed program, maps of epicenters are constructed, the matrix of seismic activity A_{10} is calculated and maps of seismic activity isolines 2D and 3D are constructed.

Keywords: seismicity, seismic activity, energy class, map of earthquake epicenters, map of isolines.

Дагестан является регионом повышенной сейсмической активности, которую увеличивает еще и техногенная сейсмичность, связанная с Сулакским каскадом ГЭС, на которой расположены такие крупные ГЭС, как Чиркейская и Ирганайская. В течение последних 50 лет инструментальным путем здесь зарегистрировано довольно много сильных землетрясений, в том числе: Дагестанское – 14.05.1970 г. (8 - 9 баллов), Салатауское – 23.12.1974 г. (7 баллов), Буйнакское – 9.01.1975 г. (8 баллов), Кумторкалинские – (31.01.1999 г. с силой в 7 баллов, 21.02. и 14.04.1999 г.) и др.

Для исследования выбран район, ограниченный координатами $41,15^{\circ} - 44,2^{\circ}$ с.ш. и $45,0^{\circ} - 49,0^{\circ}$ в.д., включающий в себя Дагестан и прилегающие территории Чечни, Грузии и Азербайджана.

Исходными данными являлись каталоги землетрясений геофизической службы РАН: представленный на сайте <http://www.ceme.gsras.ru/> Информационно-обрабатывающего центра (ИОЦ) ГС РАН и региональный ДФ ФИЦ ЕГС РАН за период 2006 – 2019 гг., для которого каталог землетрясений характеризуется уровнем представительности энергетического класса $K_{\min} = 7$ (т.е. минимальный энергетический класс землетрясений, зарегистрированный на исследуемой территории без пропусков).

Всего на территории исследуемого района за указанный период зарегистрировано чуть более 7200 сейсмических событий с энергетическим классом $K \geq 7$, из них 51 – сильных землетрясения с энергетическим классом $K \geq 12$. Карты пространственного распределения эпицентров землетрясений данных событий представлены на рис. 1 и рис. 2, соответственно. Для этого создана компьютерная программа, которая по каталогу землетрясений, заданному в MS Excel, рисует на карте, выведенной на экран монитора компьютера, положение эпицентров землетрясений.

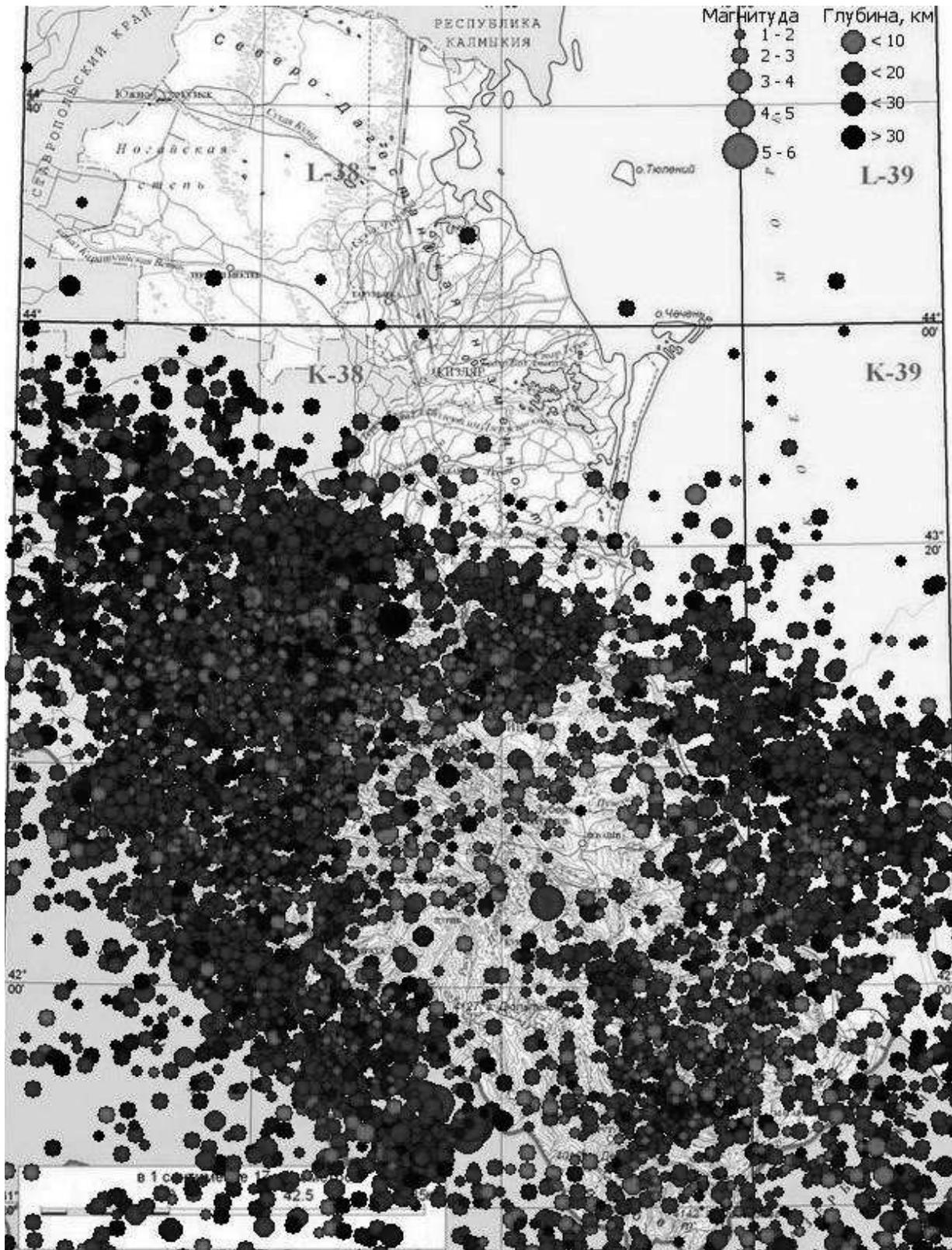


Рис. 1. Карта пространственного распределения эпицентров землетрясений энергетического класса $K \geq 7$, произошедших на исследуемой территории за период 2006 – 2019 гг.

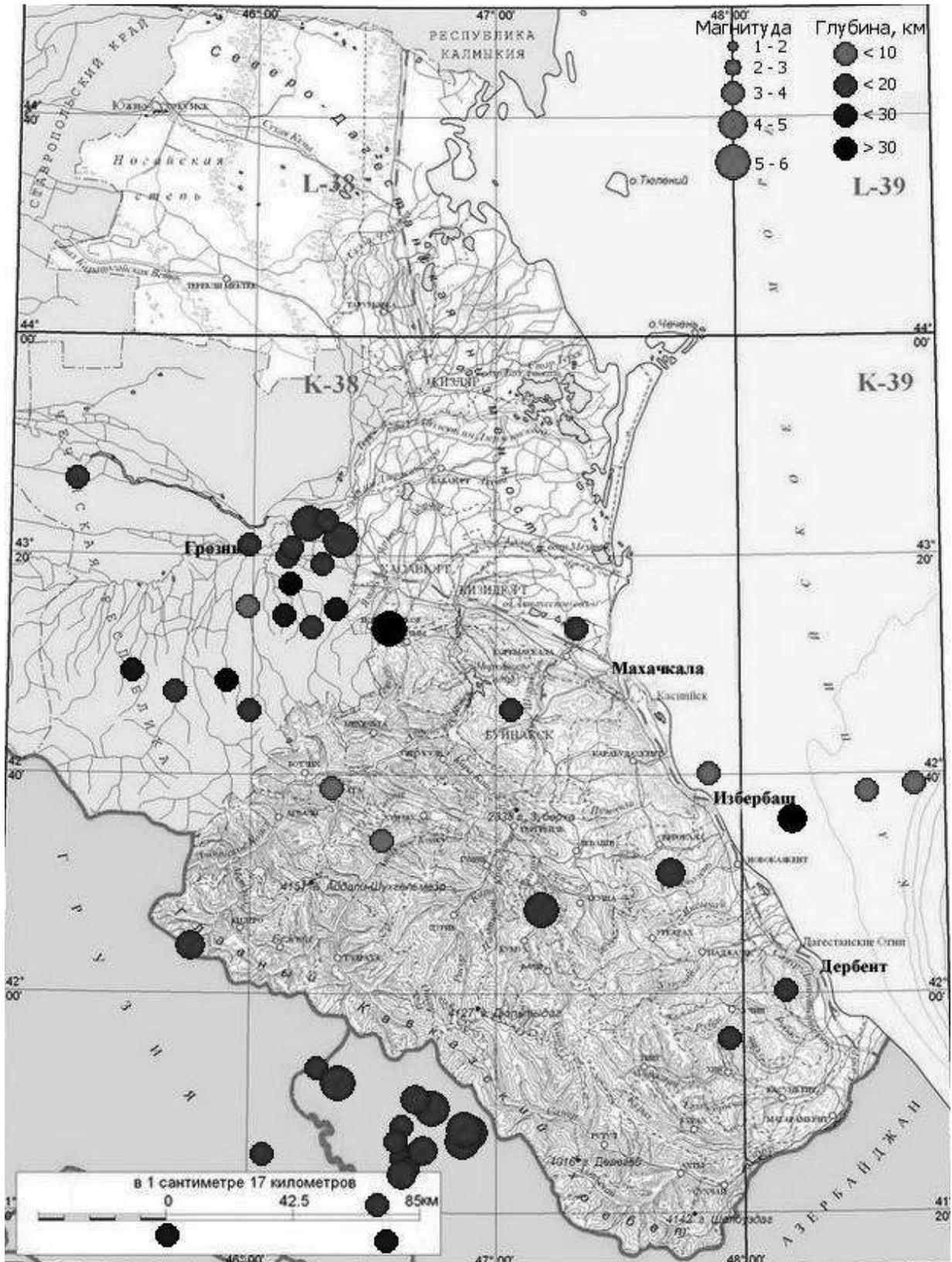


Рис. 2. Карта пространственного распределения эпицентров землетрясений энергетического класса $K \geq 12$, произошедших на исследуемой территории за период 2006 – 2019 гг.

Расчет карты сейсмической активности проводили двумя способами: методом суммирования Ю.В. Ризниченко [1-3] и методом В.И. Бунэ [4]. Предпочтительным в нашем случае оказался второй метод, алгоритм вычисления по которому хотя и сложнее, так как полученная карта

сейсмической активности лучше коррелировала с эпицентрами наиболее сильных землетрясений, произошедшими за рассматриваемый период.

Физический смысл карты сейсмической активности состоит в определении плотности очагов землетрясений в данной пространственно-временной области, т.е. их число в единице площади и времени, приведенное определенному энергетическому классу.

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

Значение сейсмической активности A_{10} вычислялось по формуле [4]:

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

где γ – наклон графика повторяемости (в нашем случае: $\gamma = 0,43$); S_0 – единица нормирования по площади ($S_0 = 1000 \text{ км}^2$); T_0 – единица времени ($T_0 = 1 \text{ год}$); S – площадь выбранных площадок (в нашем случае: $S = 180 \text{ км}^2$); T – период наблюдения землетрясений (в нашем случае: $T = 14 \text{ лет}$).

Для расчета карты сейсмической активности разработана программа на Delphi. Вычисленное значение A_{10} приписывалось центру вышеуказанных площадок. Полученная, таким образом, карта сейсмической активности исследуемой территории приведена на рисунке 3.

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

Как видно из рисунка 4 за рассматриваемый период наибольшая сейсмическая активность наблюдалась в Курчалоевской зоне и в Закатальской зоне. В зоне Дагестанского землетрясения за рассматриваемый период не произошло ни одного заметно сильного землетрясения, соответственно, значение A_{10} на карте относительно невысокое.

Все выше отмеченные зоны известны своими особенностями геологического строения, геотектоническими условиями и современной активностью [5-10].

Перечислим самые сильные землетрясения с магнитудой $M > 5,0$, произошедшие на исследуемой территории за рассматриваемый период, по каталогу ИОЦ ГС РАН.

11 октября 2008 г. в 09:06:10 в Чечне произошло землетрясение магнитудой $M=5,7$ и примерно через 16 минут, недалеко от первого последовал повторный толчок магнитудой $M=5,4$, глубина обоих гипоцентров оценивается как 10 км.

7 мая 2012 г. с интервалом примерно в 10 часов в 04:40:28 и 14:15:11 UTC в Закатальском районе Азербайджана, на границе с Дагестаном, произошли землетрясения с магнитудами $M=5,8$ и $5,6$, соответственно, глубина обоих гипоцентров оказалась также 10 км.

14 октября 2012 г. в 10:13:37 в Балакенском районе Азербайджана, на границе с Дагестаном, произошло землетрясение с магнитудой $M=5,5$ на глубине 10 км.

29 июня 2014 г. в 17:26:07 в 14 км от Загатальского района Азербайджана, произошло землетрясение с магнитудой $M=5,5$ на глубине 10 км.

13 мая 2016 г. 21:17:46 UTC на границе Ботлихского района и Веденского района Чечни произошло землетрясение с магнитудой $M=5,3$ на глубине 70 км.

3 мая 2017 г. в 08:53:37 UTC произошло землетрясение с магнитудой $M=5,4$ на глубине 15 км. в горах Центрального Дагестана.

5 июня 2018 г. в 18:40:26 UTC в Закатальском районе Азербайджана произошло землетрясение с магнитудой $M=5,8$ на глубине 10 км.

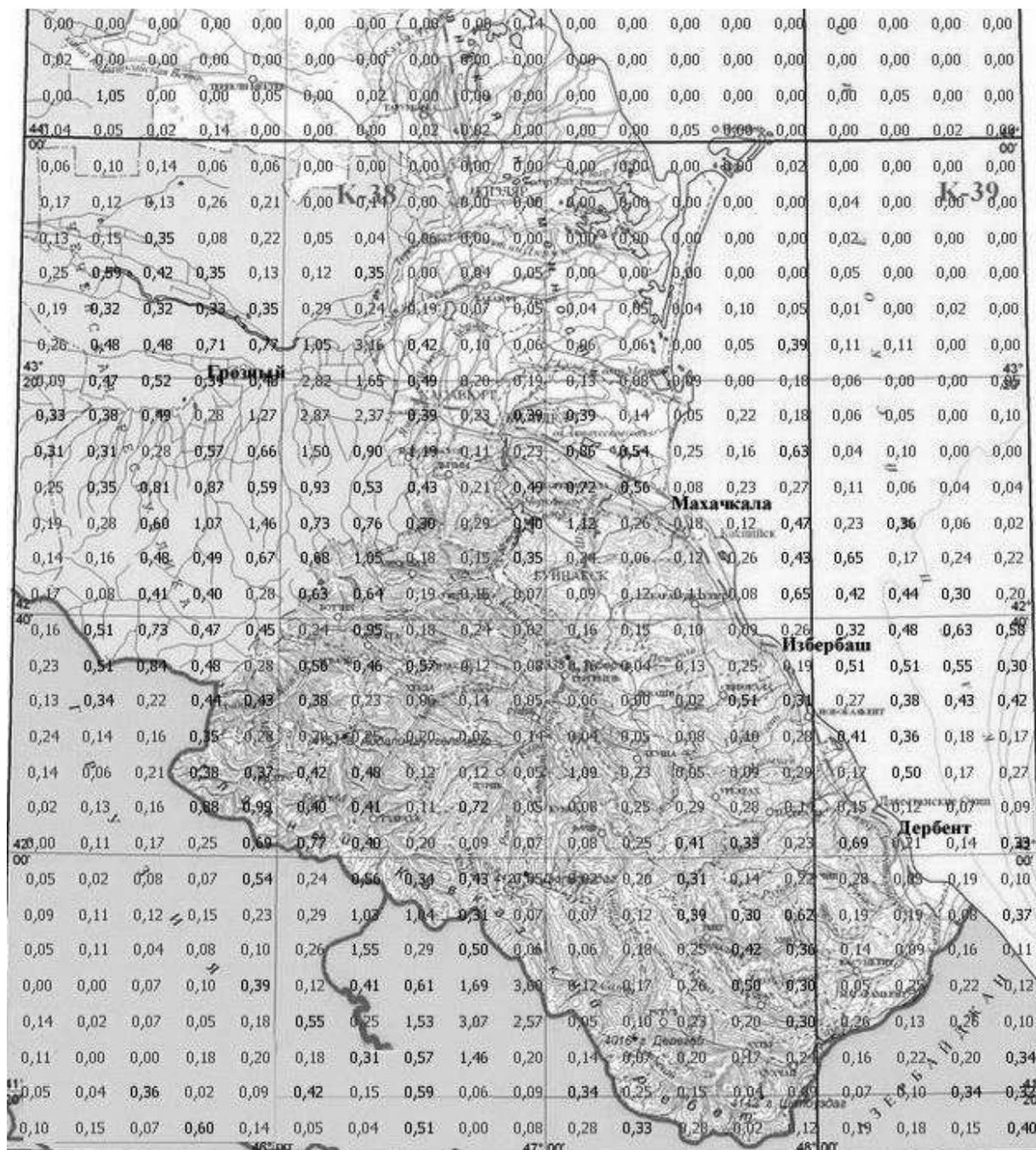


Рис. 3. Карта сейсмической активности исследуемой территории за период 2006 – 2019 гг.

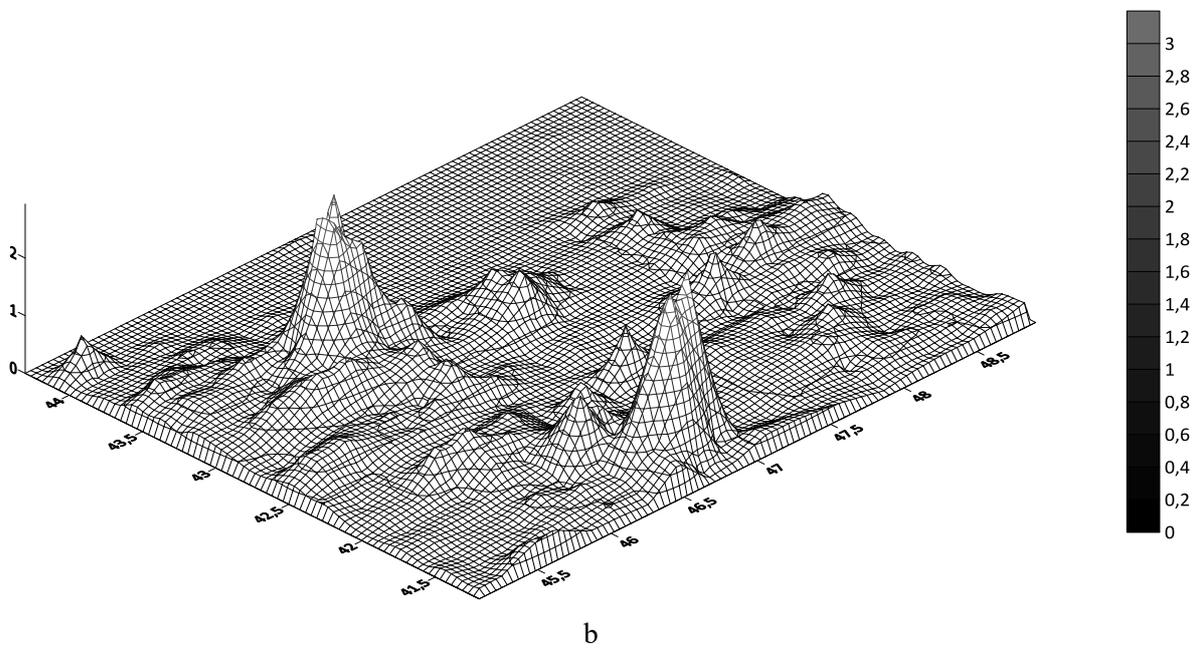
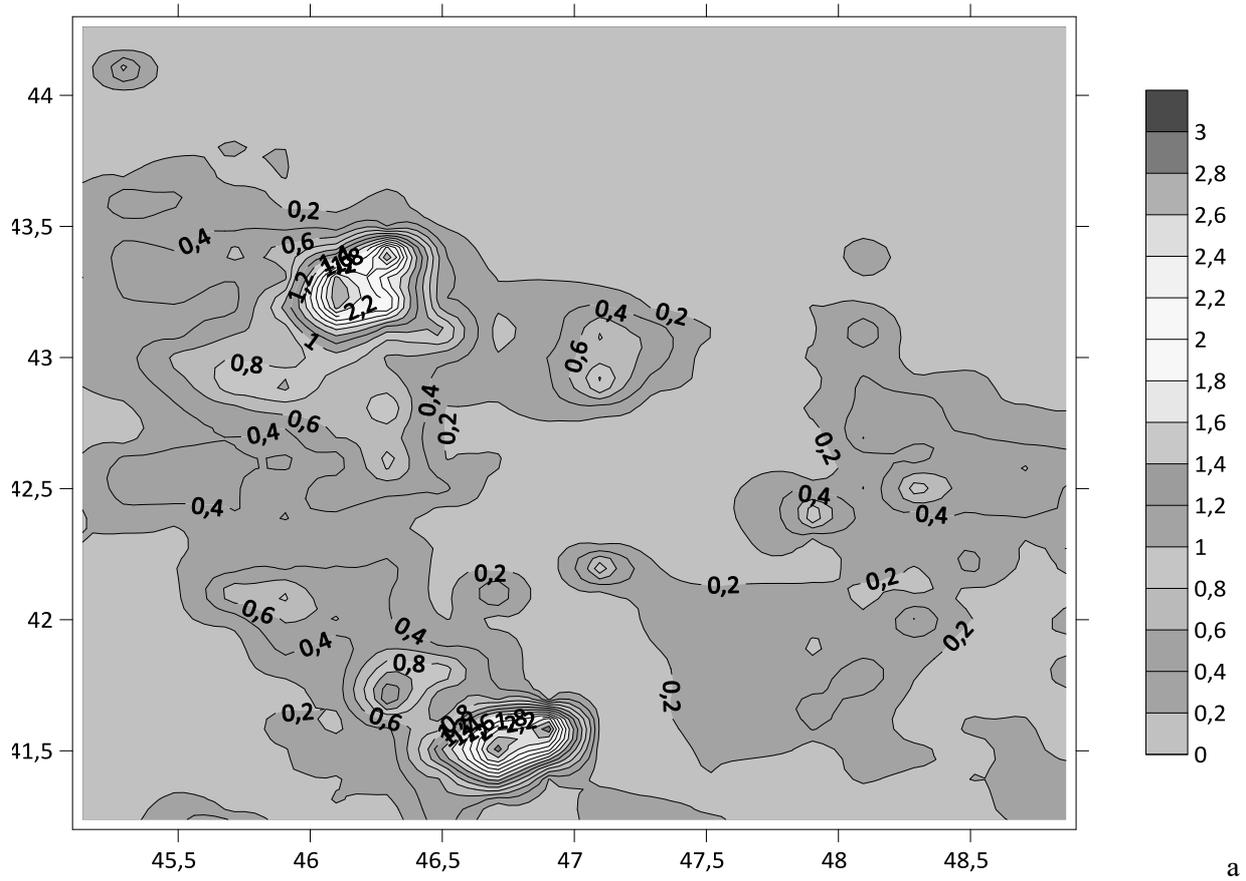


Рис. 4. Карты изолиний сейсмической активности A_{10} (2D и 3D) исследуемой территории за период 2006 – 2019 гг.

Работа выполнена по госзаданиям Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310201-9.

Литература

1. Ризниченко Ю.В. Метод суммирования землетрясений для изучения сейсмической активности //Изв. АН СССР, сер.геофиз., № 7., 1964. С. 969-977.
2. Асманов О.А., Арефьев С.С., Мусаев М.А., Дейнега А.Г. Некоторые вопросы сейсмичности Дагестана. Сб. «Сейсмический режим территории Дагестана», ИГ Даг. ФАН СССР, № 1 (13), 1977, С. 21–30.
3. Арефьев С.С, Асманов О.А., Дейнега А.Г, Мусаев М.А., Шебалин Н.В. Количественные характеристики сейсмичности Дагестана //Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. Сейсмология, геология, геофизика. М.: Наука, 1980. С. 10–17.
4. Бунэ В.И. Сейсмический режим Вахшского района Таджикской ССР. Душанбе: АН Тадж. ССР. 1965. С. 71–128.
5. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. Некоторые результаты исследований геотектонических условий современной сейсмичности Восточного Кавказа //Геология и геофизика Юга России. 2019. Том 9. № 1. С. 29-42. DOI: 10.23671/VNC.2019.1.26786.
6. Магомедов Р.А. Дизъюнктивная тектоника и современная сейсмичность территории Восточного Кавказа //Отечественная геология, № 3.- 2014.- С. 69-77.
7. Таймазов Д.Г., Мамаев С.А. О перспективах развития системы сейсмической безопасности территории Дагестана // В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе. Труды IV Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Заалишвили В.Б. редактор. 2011. С. 224-235.
8. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. Сеймотектонические и геодинамические особенности Дагестанского сектора Восточного Кавказа // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2015. № 4 (39). С. 127-135.
9. Магомедов Р.А., Мамаев С.А. Некоторые результаты исследований геотектонических условий и современной сейсмичности восточного кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т. 9. № 1. С. 29-42.
10. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Моделирование в геологии на основе картографирования // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2008. № 52. С. 159-162

УДК 551.4.042

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-77-83

НОВЫЙ ДЮЛЬТЫЧАЙСКИЙ КРУПНЫЙ ОПОЛЗЕНЬ НА ВОСТОЧНОМ КАВКАЗЕ

*Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Идрисов И.А., Мамаев А.С., Юсупов З.А.
Институт геологии ДФИЦ РАН*

Восточный Кавказ характеризуется комплексом факторов, благоприятствующих формированию крупных скальных оползней. К их числу можно отнести следующие: значительная глубина эрозионного расчленения, широкое развитие мощных толщ компетентных устойчивых пород, значительная скорость неотектонического подъема и интенсивное врезание долин рек в позднем плейстоцене-голоцене; формирование крупных складок со значительными углами падения пород; сейсмическая активность территории и ряд других. В подобных условиях регион представляет собой природную лабораторию где формировались, формируются и будут формироваться в дальнейшем крупные скальные оползни. Однако, несмотря на очевидную значимость изучения крупных оползней в регионе, этой проблематике посвящена крайне ограниченная литература. Наибольшее внимание привлекают небольшие оползневые явления формирующиеся в населенных пунктах и на объектах инфраструктуры. Это связано со значительной частотой их формирования и относительной простотой исследования. Крупные оползни изучать значительно сложнее и их формирование также происходит с меньшей регулярностью. Однако за последние 50 лет на Восточном Кавказе образовалось три крупных скальных оползня: Мочохский, Чирахский и Дюльтычайский, каждый объемом в несколько миллионов кубических метров. Также существуют примеры активизации других крупных оползней. Все это заставляет внимательно относиться к проблеме формирования крупных скальных оползней в регионе в ближайшее время.

Ключевые слова: оползень, селевая опасность, землетрясения, техногенные воздействия, инженерно-геологические исследования, аномальные осадки.

NEW DYULTYCHAYSKY LARGE LANDSLIDE IN THE EASTERN CAUCASUS

*Mamaev S.A., Yusupov A.R., Idrisov I.A., Mamaev A.S., Yusupov Z.A.
Institute of Geology, DPRC RAS*

The Eastern Caucasus is characterized by a complex of factors that favor the formation of large rocky landslides. These include the following: significant depth of erosional dissection, widespread development of thick strata of competent stable rocks, significant rate of neotectonic uplift and intensive incision of river valleys in the late Pleistocene-Holocene; the formation of large folds with significant angles of incidence of rocks; seismic activity of the territory and a number of others. In such conditions, the region is a natural laboratory where large rocky landslides were formed, are formed and will form in the future. However, despite the obvious importance of studying large landslides in the region, extremely limited literature is devoted to this problem. The greatest attention is attracted by small landslides that form in settlements and at infrastructure facilities. This is due to the significant frequency of their formation and the relative simplicity of the study. Large landslides are much more difficult to study and their formation also occurs with less regularity. However, over the past 50 years, three large rocky landslides have formed in the Eastern Caucasus: Mochokhsy, Chirakhsy and Dyultychay, each with a volume of several million cubic meters. There are also examples of activation of other large landslides. All this forces us to pay close attention to the problem of the formation of large rocky landslides in the region in the near future.

Key words: landslide, mudflow hazard, earthquakes, technogenic impacts, geotechnical research, anomalous precipitation.

В последние несколько лет скорость формирования оползней в регионе резко возросла. Однако это не привлекло к себе никакого внимания исследователей. Фактически можно отметить лишь ряд наших работ, однако каких либо специально инженерно-геологических исследований подобных активных оползней в регионе не проводилось. В частности 25 марта 2010г. Чирагский оползень объемом 2 млн.м³, перегородил реку Чирагчай и также образовал запрудное озеро площадью 10га, объемом 0,5 млн.м³. Озеро было названо нами Чирагское 1 [2]. Оползнем также были сформированы и другие озера. Еще недавно это было самым молодым озером Кавказа.

Еще более молодым является грандиозный оползень Шукты-2013, развившийся 5 ноября 2013г. Оползень перекрыл автодорогу, погибло 3 человека. Ситуация с научным исследованием этого оползня во многом повторяет предшественников. То есть никаких исследований не

проводится. В частности среди обзора опасных природных явлений за 4 квартал 2013 года [11] этот оползень также не упомянут. Рекогносцировочные исследования были проведены Идрисовым И.А. лишь в августе 2014 г. Имеются лишь отрывочные сведения о ликвидации последствий оползня. В частности была публикация в республиканской газете «Дагестанская правда» 14 ноября 2013 [13] со ссылкой на представителей «Дагестангеомониторинга», где приводятся данные о том, что оползень развился в известняках верхней юры, сделан вывод о том, что оползень был спровоцирован аномальными осадками и неотектоническими подвижками.

Самым молодым крупным оползнем на Восточном Кавказе является Дюльтычайский оползень сошедший в 2019 году. Остановимся детально на описании оползня Дюльтычайский

В результате оползня сошедшего с правого борта реки Дюльтычай образовалось запрудное озеро размером 300X800 метров, глубина порядка 25м. Озеро образовалось в верхней части бассейна реки Дюльтычай, левый приток реки Самур. Территория сложена аргиллитами нижней юры (рис.1). Определенное значение вероятно имеют жилы сульфидов, окисленные варианты которых в виде светло-бурых отложений хорошо фиксируются на снимках (рис.2).

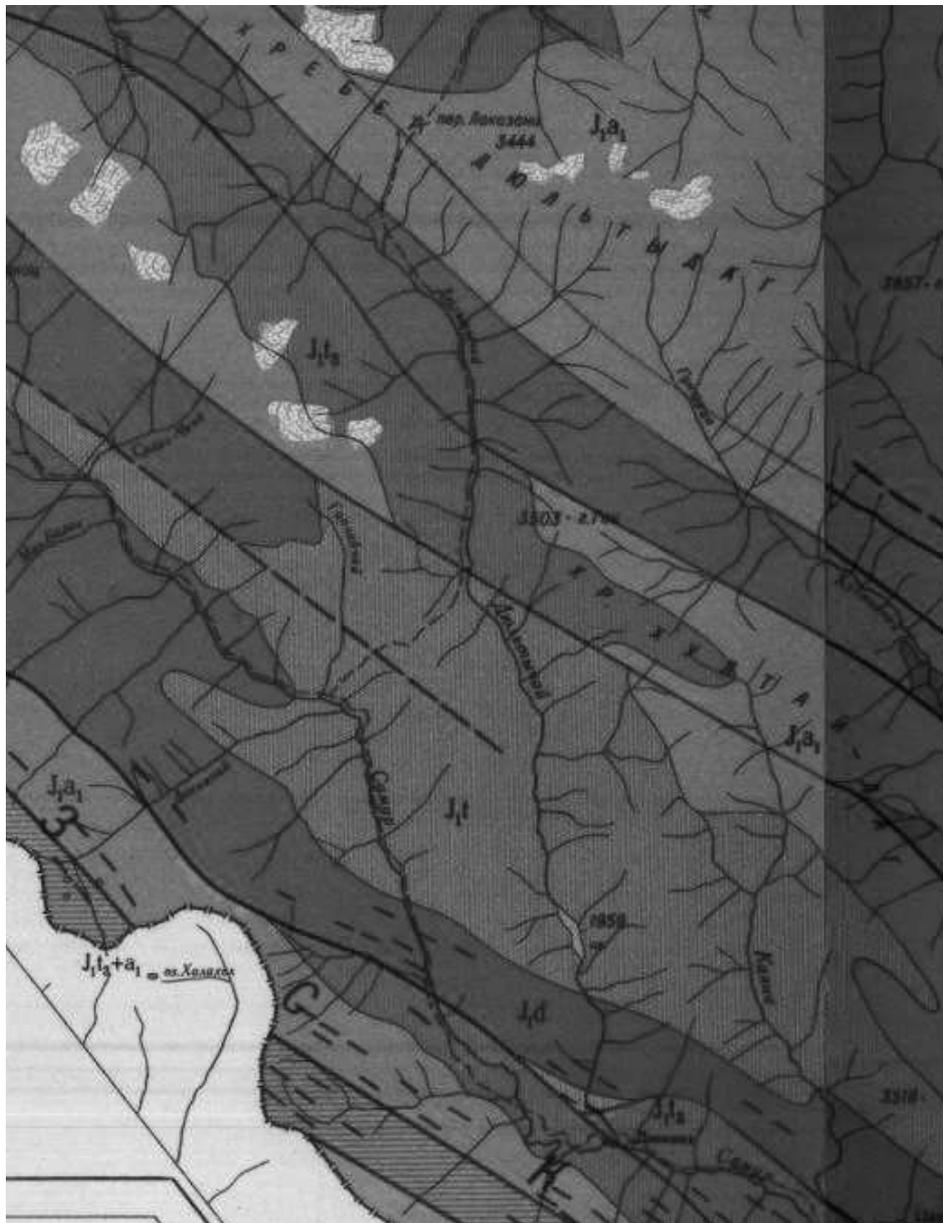


Рис. 1. Геологическая карта района

Оползень сошел с северо-восточного склона горы Цац, хребет Саладаг. Высота стенки отрыва оползня 3100м, основание оползневого массива 2540м. Борта реки образованы склонами крутизной более 40 градусов. Оползень заполнил долину реки на протяжении 1,3 километра. Площадь водоема по данным Атаева (2020) 23га, площадь бассейна 42,3км². По нашим данным объем воды в озере около 2млн.м³.

Исходя из практики изучения подобных оползней и оползневых озер (Идрисов, 2013, 2014, 2015), этот оползневой материал (обломки глинистых сланцев) обладает незначительной устойчивостью в качестве оползневого тела. Водоемы созданные оползнями из аргиллитов частично заполняются аллювием, но сами оползневые плотины быстро размываются реками. Уровень оползневых озер и объем быстро снижается. Для исследуемого озера заметно что уровень снизился на три метра от максимального. На реке Дюльтычай в 30 км ниже современного озера по схожему сценарию ранее было образовано Дюльтычайское озеро, которое просуществовало в 1906-1966гг и постепенно заполнилось обломочным материалом, а оползневая плотина была прорвана многочисленными селевыми процессами. По нашим данным в долине реки имеются следы и других оползневых озер.

В ходе наших многолетних исследований оползней в Дагестане была зафиксирована резкая активизация оползневых процессов в 20-21веках. Одним из факторов способствующих этому могут служить изменения климата способствующие деградации мерзлоты и ослаблению устойчивости грунтов высокогорной зоны. По данным изучения динамики ледников в бассейне Дюльтычая отмечается резкое сокращение площади оледенения за период 1966-2014г. Также способствует развитию оползней развитие активных разрывных нарушений, в частности крупный разлом проходит непосредственно вблизи от оползневого очага (рис.1). Ослабляет устойчивость склонов и развитие выходов сульфидных руд, которые при окислению формируют ослабленные зоны, которые со временем перестают удерживать вышележащие склоны от обрушения.

Таким образом данное озеро на реке Дюльтычай не имеет опасности прорыва и создания катастрофической ситуации. При этом наибольшую угрозу при развитии средних по размерам селей могут иметь постройки в нижней части долины р.Дюльтычай, построенные без учета селевой опасности реки.

Описываемое озеро образовалось в августе 2019 года. Ниже приводим фрагменты спутниковых фотографий до и после образования озера (Космоснимок 1,2).

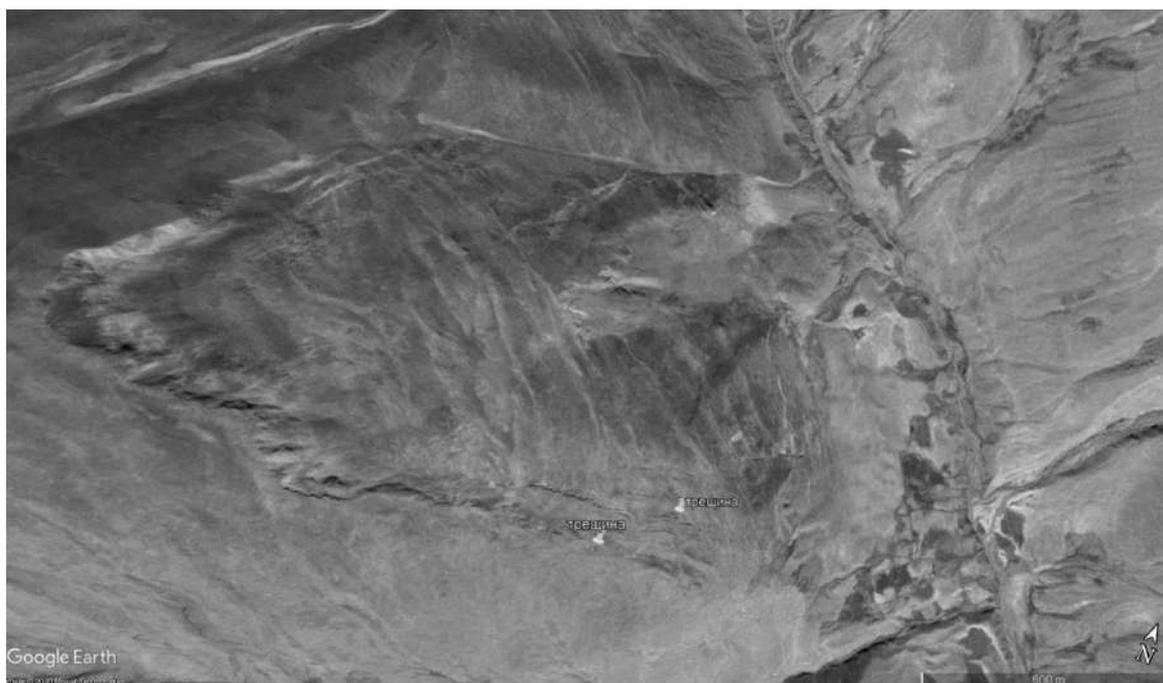


Рис. 2. Место возникновения оползня. Космоснимок 23 августа 2017.



Рис. 3. Образовавшееся озеро, тело оползня. Красным цветом указано озеро и оползневой массив. Космоснимок 23 сентября 2019г.

В результате обследования оползневого массива и озера, образовавшееся в результате схода оползня с правого борта реки Дюльтычай в Рутульском районе можно сделать следующие выводы:

Вывод 1. В результате схода оползня в долине реки Дюльтычай Рутульского района образовалось запрудное озеро размерами 300X800 метров и объемом воды около 1 млн. м куб.;

Вывод 2. Образовалась естественная дамба размерами 400X1300 метров и мощностью до 40 метров;

Вывод 3. В результате образования запруды сходящимся оползнем она постепенно заполнилась водой. Вода начала протекать по телу еще не уплотнившегося грязе-каменного материала дамбы, в результате чего размыва часть запрудного тела, образовав промоину глубиной до 15-20 метров (рис. 4).



Рис. 4. Размыв оползневого тела на глубину 15м.

Вывод 4. В результате размыва части оползня, по долине реки ниже дамбы образовался грязе-каменный шлейф длиной до 2 км. (рис. 5)



Рис. 5. Шлейф ниже оползня.

Вывод 5. С истечением времени грязе-каменный материал оползневой дамбы постепенно уплотнился (рис. 6).



Рис. 6

Вывод 6. По результатам обследования на июль 2020 г. ситуация на месте схода оползня стабильная, происходит медленный размыв оползня и падение уровня озера. Дальнейшего интенсивного размыва естественной дамбы не ожидается. Ситуация по всей площади дамбы спокойная (рис. 7).



Рис. 7

Вывод 7. Существует реальная угроза схода новых оползней к юго-востоку от современного цирка оползня. На космоснимках хорошо заметны трещины отпора потенциальных оползней (рис. 8).

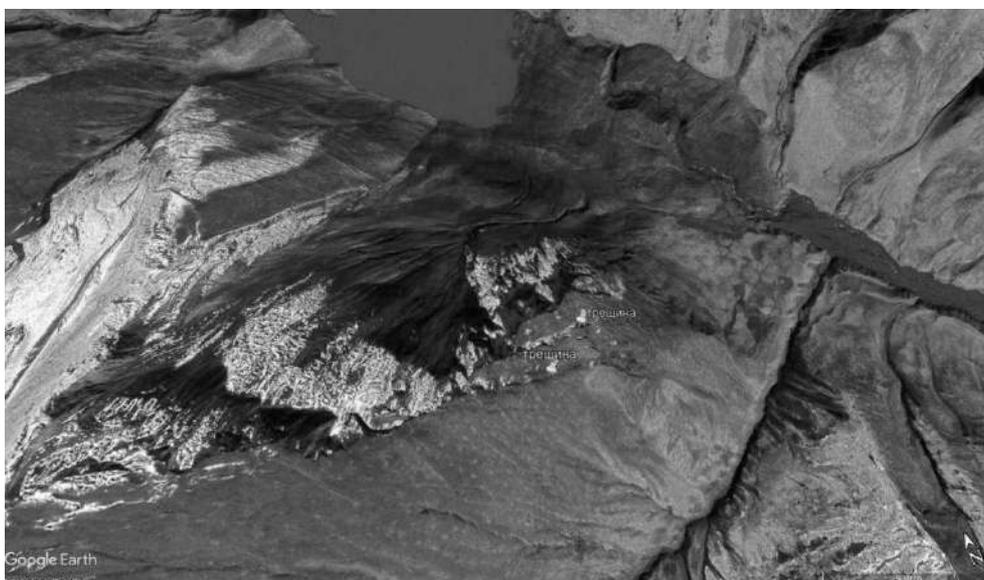


Рис. 8.

Вывод 8. Возможно развитие средних по размеру селей (десятки и первые сотни тысяч кубометров) и частичный размыв верхней части оползня. Для обеспечения безопасности построек построенных в опасной близости от русла в низовьях р.Дюльтычай необходимо создание оперативной системы мониторинга и информирования.

В течении последних десятилетий на Восточном Кавказе наблюдается значительная активизация оползневых явлений, приводящая как катастрофическим подвижкам древних оползней,

так и к развитию новых оползней. Причины подобной активизации к настоящему времени не известны. В качестве рабочих гипотез можно считать резкое усиление техногенного воздействия, активизацию эрозионных процессов, биоклиматические изменения. Данные о сейсмогенном генезисе крупнейших оползней региона последних 60 лет (Чох, Буйнакск, Мочохский, Кяхулай, Чирагчай-2010, Шукты-2013, Дюльтычайский-2019.) происходили вне какой либо связи с сейсмическими явлениями. Однако крупнейшее в регионе землетрясение 1970 года, также приводило к развитию нескольких крупных оползней и других сейсмодислокаций. Оползни Восточного Кавказа необходимо детально и всесторонне изучать. Что облегчается тем, что регион является природной лабораторией, где представлены практически любые типы оползней на любых этапах развития.

Работа выполнена по госзаданиюм Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310201-9.

Литература

1. Васьков И.М., Черкашин В.И., Юсупов А.Р., Тамаева М.Р. Оползни-обвалы высоких энергий, их возможное воздействие на водохранилища в горных долинах Восточного Кавказа. В журнале. Устойчивое развитие горных территорий. Т.10, № 2 (36), г. Владикавказ 2018, стр. 199-215
2. Васьков И.М., Юсупов А.Р. Обвалы и оползни в горных долинах. Труды ИГ ДНЦ РАН. Геология и ресурсы Кавказа. № 1, 2017 г
3. Гюль К.К., Власова С.В., Кисин И.М., Тертеров А.А. Физическая география Дагестанской АССР. Махачкала, 1959. 250 с. С. 214-215.
4. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Юсупов А.Р. Магомедов Р.А. Оползневые процессы в Дагестане в 21 веке. В сб. Геология и ресурсы Дагестана. Махачкала, 2015. С.155-160.
5. Идрисов И.А. Особенности распространения опасных геологических процессов в долине р. Чирахчай // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала, 2011. С.212-215.
6. Идрисов И.А., Исаков С.И. Распространение запрудных озер на Восточном Кавказе в связи с развитием крупных оползней. // Научное обозрение. Сборник статей Ассоциации молодых ученых Дагестана. Махачкала, 2009. С.103-104.
7. Идрисов И.А., Исаков С.И. Распространение запрудных озер на территории Дагестана. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. Тр. Института геологии ДНЦ РАН. Вып.56. Махачкала, 2010. С. 136-138.
8. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Особенности распространения и развития крупных оползней Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала, 2013. С.96-100.
9. Крамынин П.И., Тагиров Н.Т., Юсупов А.Р. Состояние и перспективы мониторинга оползневых процессов в Южном и Центральном Дагестане. В сб. Геодинамика и сейсмичность Восточного Кавказа. Материалы научно-практической конференции, вып.48, Махачкала, 2002.
10. Курбанова Г.М., Балгуев Т.Р., Имаммирзоев И.Х., Изиева И.А., Юсупов А.Р. Вихлинский постплейстоценовый оползень. Почвенные ресурсы и проблемы продовольственной безопасности. Труды ИГ ДНЦ РАН. Вып. 65. Махачкала 2015. С. 214-220.
11. Магомедов К.К. Вихлинский оползень в Дагестане и его археологическое значение. Генетические типы и оценка перспектив месторождений минерального сырья Дагестана. Труды Института геологии Даг. филиала АН СССР. Вып.29. Махачкала, 1984. С.109-114.
12. Овсяченко А.Н, Рогожин Е.А., Зайцева Н.В., Лукашов Р.Н. Андийские сейсмодислокации в Дагестане: опыт дистанционных исследований при сейсмотектоническом районировании Восточного Кавказа // Геология и геофизика Юга России. №3, 2012. С.45-53.
13. Палеосейсмология. Под ред. Дж.П. Мак-Калпина. Т.1. Пер. с англ. И.А. Басов, И.Ю. Лебедево, А.Л. Стром. М.: Научный мир, 2011. 450с.
14. Физическая география Дагестана. Отв. ред. Акаев Б.А. Махачкала, 1996. 383с.
15. Чуринов М.В. Оползень породивший озеро // Природа. №8. 1964. С.88-91.
16. Шанина Е.В. Обзор опасных природных явлений за четвертый квартал 2013 года // Геориск. №4. 2013. С.4-9.
17. Эльдаров М.Э. Памятники природы Дагестана. Махачкала, 1990. 92с.
18. <http://dagpravda.ru/rubriki/obshchestvo/34539/>

УДК 631.48

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-84-91

О ЦИКЛАХ СОЛЕНАКОПЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ДЕЛЬТОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ РАВНИН ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Залибеков¹ З.Г., Биарсланов² А.Б., Мамаев¹ С.А.

¹Институт геологии ДФИЦ РАН

²Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН

Рассматриваются вопросы циклической аккумуляции, миграции легкорастворимых потоков в сезонном, годовом и многолетнем циклах. Определены направления миграционных потоков и их значимость при составлении диагностики засоленных почв. По отдельным типам почв выявлены объемы накапливаемого и выщелачиваемого количества солей и их значимость в разработке классификации дельтово-аллювиальных равнин Прикаспийской низменности.

Ключевые слова: цикличность, сменяемость, обратимость, динамичность, восходящие, нисходящие, потоки солей, классификация, миграционная масса.

ABOUT CYCLES OF SALENATION AND CLASSIFICATION OF SALTED SOILS OF DELTA-ALLUVIAL PLAINS OF THE CASPIAN LOW

Zalibekov¹ Z.G., Biarslanov² A.B., Mamaev¹ S.A.

¹Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences

*²Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Center,
Russian Academy of Sciences*

The issues of cyclic accumulation, migration of readily soluble flows in seasonal, annual and long-term cycles are considered. The directions of migration flows and their significance in the diagnosis of saline soils are determined. For certain soil types, the volumes of accumulated and leached amounts of salts and their significance in the development of the classification of delta-alluvial plains of the Caspian lowland have been identified.

Keywords: cyclicity, turnover, reversibility, dynamism, ascending, descending, salt flows, classification, migration mass.

Почвы дельтово-аллювиальных равнин характеризуются широким распространением, занимаемая площадь которых составляет 12 % территории аридных регионов мира. Определяющим процессом формирования дельтовых почв и их классификации являются характер засоления, накопления легкорастворимых солей. Изучение их осуществлено в целях разработки закономерностей изменения миграции и накопления солей на примере Терско-Кумской низменности, представляющей типичные условия характерные дельтово-аллювиальным равнинам.

Циклическая динамика легкорастворимых солей протекает в условиях их миграции и развития засоления в сезонном, годовом, многолетнем и вековом отрезках времени. Рассматриваемая территория подразделяется на приморскую полосу и континентальную часть, отличающихся по степени влияния уровня режима Каспийского моря. В приморской полосе и в пониженных элементах рельефа континентальной части распространены гидроморфные почвы, отражающие влияние грунтового увлажнения Каспия. Процессами засоления охвачены автоморфные и гидроморфные почвы региона с общей тенденцией увеличения щелочного резерва и солонцеватости почв. Разнообразие засоленных почв и их классификационные единицы циклически изменяются, особенно в Прибрежной полосе, где сменяются процессы засоления - рассоления, затопление – иссушение. Циклический характер развития условий почвообразования способствует формированию большого разнообразия классификационных единиц, отличающихся по засолению, солонцеватости и степени влияния гидроморфизма [1,3].

Определяющим признаком классификации является единство комплекса факторов дельтово-аллювиального почвообразования, где принимают участие современное соленакопление и унаследованное остаточное засоление. Развитие процессов соленакопления и формирование

отличий их по характеру и степени их увеличения, способствуют формированию разнообразия по классификационным признакам. При этом формируются генетические различия с новыми признаками. Смену солончакового, солонцового процессов, формирующих почвы разного уровня классификации, предлагается рассмотреть в качестве самостоятельного направления дельтово-аллювиального почвообразования. При этом происходит трансформация с изменением признаков накопления солей по нарастающей и убывающей последовательности: переход слабозасоленных разностей к категории средней и сильной степени [5]. Относительно годовой и многолетней динамики отмечается увеличение степени засоления под влиянием современного климатического потепления.

На основании данных о существующем разнообразии почв по засолению выявлены различия по сезонам года в классификационном уровне одной и той же разности почв экспериментального участка. В формировании различий в годовом и многолетнем циклах процессов засоления отмечается стабильная динамика, направленная на сохранение природных свойств.

Объект и методы исследования.

Циклические изменения процессов засоления – рассоления дельтово-аллювиальных равнин в наиболее отчетливой форме проявляются в Терско-Кумской низменности. Территория рассматриваемого региона сложена четвертичными отложениями, мощность которых в Прикумской провинции достигает до 200 – 400 м. Рельеф представлен слабонаклонной на север равниной с небольшими волнообразными повышениями высотой 1,5 – 2,0 м. Общей особенностью рельефа является бессточность и заметное увеличение глубины залегания грунтовых вод до 1,5 – 2,5 м. Климат сухой континентальный, с прохладной зимой, коэффициент увлажнения составляет 0,3 – 0,5 с частой повторяемостью засух, суховеев и пыльных бурь [6, 13].

Почвенный покров развивается в условиях прогрессирующей аридизации и падения уровня залегания грунтовых вод. Особенностью почвенного покрова является циклически повторяющиеся процессы затопления – иссушения, способствуя расширению площадей засоленных почв. Кроме климатической, сезонной цикличности процессов миграции солей, рассматриваемые почвы испытывают влияние циклов затопления – иссушения, обусловленные трансгрессивной динамикой Каспия. В работе исследованы циклы процессов почвообразования, обусловленных миграцией легкорастворимых солей во времени и пространстве.

Методические особенности определения количеств легкорастворимых солей мигрирующих в нисходящей, восходящей направлениях заключаются в определении классификационного уровня формирующихся различий. Максимальный вынос солей отмечается в осенне-зимний период, величина которых используется в качестве основы проведения классификационного подразделения. В этой связи, необходимо выявить различия и уровень классификации почв каждого цикла миграции солей. В условиях где ведущая роль принадлежит различиям формирующимся в сезонных циклах миграционной динамики, определяется содержание выщелачиваемых солей из верхних горизонтов в нижние. Для этой цели используется коэффициент миграционной динамики отдельных циклов по предлагаемой формуле [7]. Разнообразие циклических изменений в классификационной системе определяется таксономическим уровнем, количеством и размерами выделенных контуров. С этой целью определены ареалы контуров, градации их и длительность периодов их формирования.

Сезонная миграция и процессы солеобмена способны изменить таксономический уровень и классификационные единицы засоленных почв по отдельным отрезкам времени. Такая постановка вопроса признается большинством исследователей, хотя рассматриваемый аспект не приводится в действующей классификации почв России. В настоящей работе ставится задача определение разнообразия циклов и параметров миграции солей, обуславливающих классификационные единицы во времени и величине аккумулируемых запасов легкорастворимых солей [8].

Результаты и их обсуждение.

На основании проведенных исследований составлена обобщенная сводка показателей циклической смены процессов соленакопления для почвенного покрова Терско-Кумской низменности (табл. 1.).

Таблица 1

Циклическая смена процессов соленакопления

№	Циклы миграции солей	Функционирование почвенных процессов	Продолжительность	Стадии почвообразования
1	Трансформация поверхности земли	Стадийное	Кратковременная	Первичная
2	Накопление	Неравномерное изменчивое	Сезонная	Солончаковая
3	Миграция (нисходящая)	Обратимость стабильная	Годовая	Солонцеватая
4	Миграция (в восходящем направлении)	Динамичность	Многолетняя	Солончаково-солонцеватая
5	Трансформация в видовом уровне почв	Сменяемость разновидностей почв	Вековая	Полугидроморфный
6	Эволюция типа почв	Устойчивое	Геологическая (четвертичная)	Автоморфная

Миграционными процессами связано первичное почвообразование, где разложение первичных минералов (полевые шпаты, кварц, слюды) сопровождается выделением биофильных элементов необходимых для роста и развития растительного покрова на засоленных мелкоземлистых породах. Их накопление носит кратковременный характер с минимальной продолжительностью (условно месячным) цикла миграции растворимой части мелкозема. Первичное почвообразование на засоленных породах протекает в качестве начальной стадии процессов галогенного типа почвообразования.

Циклы миграционной динамики солей, отражающие количественные показатели временно-функционирующих комбинаций выделяются как среда обитания живых организмов [4]. В отличие от содержания, вкладываемого в общепринятые термины, нами принята попытка по-новому с соответствующим основанием осветить классификационный подход, используя спектры засоления во взаимосвязи и взаимной обусловленности, в течение определенного периода времени [2, 5].

Вследствие обратимого характера и изменчивости они функционируют временно, продолжительность которых укладывается в широком диапазоне. Таким явлением в почвоведении не уделяется особое внимание, так как в формировании типичных показателей характерных засоленным почвам, временные признаки не меняют диагностически установленных критериев. Определенное значение имеет при классификации засоленных почв сменяемость местоположения их ареалов, механизм которой имеет следующие особенности:

во-первых, сменяемость происходит ареалов всех классификационных единиц с изменением границ и площадей почвенных контуров;

во-вторых, изменяется содержание и распределение легкорастворимых солей, обменных оснований с сохранением ареала определенного размера. Функциональная, территориальная сменяемость связана с приобретением нового качества по степени и характеру засоления. Кроме того, чередование классификационных единиц ниже уровня типа характеризуется обратимостью и вековой продолжительностью. Радикальные изменения в циклах миграции солей отмечаются при эволюции типов почв с продолжительностью в пределах геологического отрезка времени Новокаспийского яруса. Прогрессирующее влияние потепления климата и аридизации земель с проявлением морфологической солонцеватости обнаруживается в континентальной части региона, формируя различия в продолжительности циклов миграции солей.

Влияние нисходящих миграционных потоков солей определяется ограниченными параметрами во времени увлажненностью почв, способствующих формированию нисходящей

миграцией влаги и солей. Такое состояние приурочено к периоду выпадения наибольшего количества атмосферных осадков и относительно низкой температурой. Восходящие потоки влаги с подтяжкой солей в верхние горизонты почвы отмечаются в теплый период года со значительной продолжительностью (150 – 180 дней) с коэффициентом увлажнения $K > 0,5$. В теплый период прохождения почвенных процессов формируются засоленные почвы разной степени и разного характера соленакопления, как представителей установленных в классификационной системе почв со своими диагностическими показателями. Можно полагать, что экологические ряды засоленных и солонцеватых почв сроятся по грациям величин следующих факторов: миграцией веществ, включая легкорастворимые соли, запасов доступных форм почвенной влаги и среднемесячными температурами воздуха [11,15-18]. Влияние этих факторов в разные сезоны протекает в рамках противоположно направленных потоков, где соотношение определяется исходной величиной восходящих и нисходящих потоков. Расчетные данные по отдельным типам почв приводятся с оценкой классификационного уровня (табл.2).

Светло-каштановые почвы, как представитель зонального типа почвообразования занимают значительную площадь в регионе – 460 тыс га. Общий запас нейтральных токсичных солей в слое 0 – 100 см составляет 12,5 т/га, из которых нисходящими токами растворов вымывается за год 1,9 т/га или 6,5 % всех запасов солей. Восходящими потоками в засушливый период года подтягивается значительно меньшее количество солей, что дает основание утверждать о наличии слабозаметного, прогрессирующего рассоления светло-каштановых почв [14-16].

Таблица 2.

Обратимость циклов формирования классификационных единиц засоленных почв

Почвы	Циклы водного режима	Общие запасы солей т/га	Запасы солей т/га, слой 0 – 100 см				Разница в запасах солей между нисходящими и восходящими растворами %
			нисходящие потоки		восходящие потоки		
Светло-каштановые слабозасоленные средnezасоленные	непромывной	12,5	1,9	6,1	1,4	1,1	- 5,4
		99,1	29,0	22,0	19,3	19,3	- 2,5
Лугово-каштановые слабозасоленные средnezасоленные	переменно промывной	10,5	1,8	16,2	1,5	14,1	- 2,1
		125,6	21,7	17,4	20,6	16,3	- 1,1
Луговые слабозасоленные средnezасоленные сильнозасоленные	промывной	11,0	2,3	21,0	2,0	18,1	- 3,0
		119,4	12,1	10,1	11,0	9,2	- 0,3
		264,0	20,0	7,0	22,9	9,4	- 1,5
Луговые аллювиальные средnezасоленные	луговой	27,0	1,9	7,4	2,3	9,5	- 1,6
Лугово-болотные средnezасоленные сильнозасоленные	выпотной	120,1	11,9	8,9	12,5	10,4	+ 3,6
		228,3	17,9	7,8	27,9	10,2	+ 2,4
Солончаки типичные	солончаковый	360,5	44,5	12,1	50,8	16,8	+ 4,7

Аналогичная картина наблюдается в средnezасоленных разностях, где нисходящие потоки растворов приводят к уменьшению запасов легкорастворимых солей до 22 %, восходящие к увеличению на 19,3 %. Баланс солей участвующих в миграционной динамике отражает функциональную роль выноса их из почвенного профиля в глубокие слои до 3 – 5 % от общего их запаса. Незначительное превышение запаса солей из верхних горизонтов в нижние свидетельствует о

наличии слабовыраженной тенденции рассоления корнеобитаемого слоя светло-каштановых почв. Преобладающая роль нисходящих потоков солевых растворов над восходящими является одним из факторов циклической динамики миграции легкорастворимых солей, способствующих формированию морфологической солонцеватости светло-каштановых слабо-среднезасоленных почв. Формирование и развитие этого процесса указывает о классификационной значимости циклических изменений происходящих в дельтово-аллювиальных равнинах Прикаспийской низменности [9,10].

Лугово-каштановые характеризуются широким диапазоном циклических изменений в процессах соленакопления. Поэтому особенности циклов соленакопления и их классификационная значимость приводится в самостоятельном изложении: лугово-каштановых слабозасоленных и лугово-каштановых среднезасоленных почв.

Лугово-каштановые слабозасоленные разности характеризуются значительным разнообразием в интенсивности миграции легкорастворимых солей. Содержание общих запасов солей в слое 0 – 100 см составляет 10,5 т/га. Из этого количества солей нисходящими токами уносятся в нижние слои (глубже 1,0 м) 1,8 т/га, а восходящими подтягиваются 1,5 т/га (2,1% общих запасов) отражают наличие дивергенции в циклах соленакопления, выражающиеся в разнице запасов солей между нисходящими и восходящими растворами. В лугово-каштановых среднезасоленных вариантах, значительно увеличиваются общие запасы солей в слое 0 – 100 см (125,6 т/га) тогда как, разница в запасах солей содержащихся в нисходящих и восходящих растворах уменьшается в два раза. Это свидетельствует о преобладающей роли рассоления процессов и подавленности современного соленакопления.

Обратимость процессов засоления - рассоления для рассматриваемых почв характеризуется проявлением морфологической солонцеватости, указывая о формировании циклических изменений в соленакоплении. При этом формируются свойства с новыми признаками, относящиеся к классификационной категории. К ним относятся признаки, формирующиеся в подгумусовом горизонте: глянецвитость, увеличение плотности и образование столбчатой структуры. Эти признаки позволяют отнести к лугово-каштановым среднезасоленным солонцеватым разностям. Данные характеризующие обратимость нисходящих и восходящих миграционных потоков легкорастворимых солей в рассматриваемых почвах показывают плавное, незначительное, но стабильное увеличение нисходящих токов при переходе к лугово-каштановым среднезасоленным почвам. Показатели обратимых процессов – вынос, вымывание солей из верхних горизонтов в нижние, подтягивание их из нижних слоев в верхние, дифференцируются в зависимости от направления мигрирующих растворов, характеризуя специфику развития процессов засоления почв дельтово-аллювиальных равнин. Отсутствие признаков солонцеватости по содержанию общего Na и развитие морфологические особенности определяют роль циклических изменений в результате миграционной динамики легкорастворимых солей [12].

Формирование солонцового процесса отражается и в пространственных показателях строения почвенного покрова. Из этого вытекает, что элементы циклов соленакопления и миграции веществ выполняют определенную роль в эволюции новых компонентов с новыми пространственными связями [8].

Луговые почвы занимают значительную площадь 20 % территории региона и сформированы в условиях промывного водного режима. Для них характерно значительное увеличение содержания легкорастворимых солей, причем средне – сильнозасоленные варианты отмечаются заметным усилением процессов их накопления. При максимальное величине общих запасов солей (264,0 т/га) у луговых сильнозасоленных почв мигрирующая часть солей составляет < 15 %. В нашем эксперименте мигрирующая часть солей достигает до 30 – 35 т/га, т.е. около 12 % от их запасов. С нисходящими токами растворов так же мигрируют соли в равновеликом количестве, иллюстрируя наступившую стадию гистерезиса в циклах соленакопления, где коэффициент миграционной динамики $K=1$. Величина запасов солей уходящих в нижние горизонты профиля в процессе миграции по категориям засоления почв колеблется в значительном диапазоне 9,4 –

21,0 %. Максимальное содержание мигрирующей массы солей относительно общих запасов установлено у слабозасоленных разностей. Это позволяет выделить в качестве классификационных единиц функционирующих почв под влиянием засоления почв на уровне видового, родового и подтипового подразделений. Считаем целесообразным выделить в пределах дельтово-аллювиальных равнин аридных территорий таксономическую единицу на уровне подтипа луговой постмиграционной средне(сильно) засоленной почвы [1].

Абсолютная величина солевых запасов и миграционной их части у сильнозасоленных разностей в несколько раз превышает по сравнению с представителями слабой и средней степени засоления. С увеличением количества солей различия в абсолютной величине солевых масс противоположно направленных миграционных потоков значительно уменьшается, создавая стабилизирующие условия соленакопления в миграционных циклах солевого состава почв.

Лугово-аллювиальные средnezасоленные распространены в дельтах рек Терека и Кумы, в прирусловой части пойменных террас и прилегающих к ним участках временных водотоков. Характеризуются постоянным влиянием кольматационного режима рек, в результате которого откладывается значительное количество взвешенного материала. Наряду с влиянием поверхностных вод в среднем течении Терека испытывают дополнительное влияние грунтовых вод минерализованных в разной степени. Средnezасоленные варианты получили распространение при удалении от русла реки на 1,5 – 2,0 км. Они занимают небольшую территорию, где почвенный покров подвергается засолению. В отличие от других типов почв, лугово-аллювиальные почвы склонны к засолению в результате испарения грунтовых вод. По полученным данным нисходящие солевые потоки меньше 1,9 т/га чем восходящие – 2,3 т/га. Вследствие этого развивается солончаковый процесс с большой миграционной активностью. Активность процессов засоления связано значительным содержанием легкорастворимых солей в почвообразующих породах. Несмотря на то, что в верхних горизонтах профиля содержание солей не превышает 0,5 – 0,6 % сухого остатка, активная миграция солей происходит с охватом профиля в пределах верхней метровой толщи. Циклы миграций в исследуемой почве способствуют формированию различий в степени и характере засоления на уровне видовых, родовых различий [5].

Лугово-болотные почвы формируются в пониженных элементах рельефа в надпойменных террасах рек и прибрежной полосе Каспийского моря. Основным условием, способствующим образованию циклов соленакопления, является близкое залегание минерализованных грунтовых вод и бесточность рельефа. Динамика развития и циклов накопления солей лугово-болотных почв осуществляется в 2-х направлениях: 1. Усыхание болотных почв в результате интенсивного испарения водных запасов и усилением процессов миграционной динамики, связанной с минерализацией грунтовых вод; 2. Прогрессирующим усилением испарения под влиянием современного климатического потепления. С увеличением степени засоления возрастает интенсивности миграций, подтверждая общую закономерность развития дельтово-аллювиальных почв. Общие запасы солей приближаются к показателям луговых сильнозасоленных почв, достигая 228,3 т/га. Нисходящие растворы характеризуются увеличением запасов легкорастворимых солей по отдельным стадиям циклов соленакопления. Нисходящие токи преобладают в стадии слабого засоления, где разница в запасах солей по сравнению с восходящими толками растворов составляет 5,2 %, что является подтверждением развития рассолительных миграций происходящих из слабозасоленных разностей [8].

Солончаки гидроморфные и полугидрофильные объединяют типичных луговых, слабо развитых разностей, получивших широкое распространение общей площадью – 240,3 тыс га. Для них характерны максимальные запасы легкорастворимых солей 360,5 т/га в метровой толще профиля. Отличаются преобладающей ролью восходящих растворов, где разница в запасах солей между восходящими и нисходящими растворами составляет значительную величину за год – 4,7 т/га. Нисходящие растворы выносят за пределы из верхней метровой толщи 44,5 т/га, и восходящие накапливают в верхних горизонтах в значительно превышающем количестве – 50,8 т/га. Доминирует солончаковый процесс, где циклы соленакопления продолжаются в течение

теплого, засушливого периода года. Преобладающая роль солончакового процесса подтверждается анализами водных вытяжек, и характеризуется значительным преобладанием Na и K [1].

Приведенные циклы соленакопления вносят изменения в составе и содержании солей и показателях солонцеватости в пределах значительно превышающих установленные диагностикой и классификацией почв дельтово-аллювиальных равнин. Учет выявленных изменений и обратимости динамики процессов засоления создают перспективы раскрытия закономерностей формирования циклической сменяемости свойств почв и систем динамического разнообразия почвенных процессов.

Выводы

Основные критерии, характеризующие циклы соленакопления и миграционной динамики водорастворимых веществ вносят существенные изменения в классификационное положение засоленных почв.

1. Циклическая динамика легкорастворимых солей протекает в условиях их миграции и развития засоления в сезонном, годовом, многолетнем и вековом отрезках времени. Каждый отрезок времени способствует трансформации классификационных единиц со сменой их таксономического уровня.

2. Разработаны параметры циклической смены процессов соленакопления с определением классификационного уровня миграционных потоков солей и продолжительности во времени движения солевого потока в вертикальном профиле почв. Установленная продолжительность различных циклов миграции представляет основу прогноза бедующих изменений в динамике, стадийности, обратимости, сменяемости почвенных процессов.

3. Важное значение в классификации почв (засоленных, солонцеватых, осолоделых) имеют выявленные параметры обратимости циклов формирования и общие запасы солей мобилизуемых нисходящими, восходящими потоками растворимой части почвы. Установлено влияние водного режима почв на накопление запасов солей по отдельным глубинам: определены различия в их запасах вовлекаемых в сферу нисходящих, восходящих потоков солей, являющихся главным фактором изменения таксономического уровня почв.

4. Определены факторы сменяемости классификации засоленных почв по следующим категориям:

- засоление – накопление легкорастворимых солей в верхних горизонтах почв за счет подтяжки из нижних горизонтов, в теплый период года;
- рассоление – вымывание легкорастворимых солей из верхних горизонтов в нижние (увлажненный) в холодный период года;
- незатронутая часть солевых скоплений в условиях отсутствия миграционных процессов. Незатронутая часть почвенного профиля характеризуется стабильным составом обусловленного почвообразующей породой.

5. Изучены функции циклов соленакопления в почвенных процессах; установлены параметры, способствующие аккумулятивной миграции и противоположно направленной - эволюционной. Установлен классификационный уровень свойств формирующихся при миграции и изменении содержания солей и их зависимость от типа почв. Представлены количественные показатели классификационных различий в целях составления диагностики и классификации почв.

Работа выполнена по госзаданию Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310199-9.

Литература

1. Акимцев В.В. Почвы Прикаспийской низменности Кавказа. 1957. Ростов на Дону. 282 с.
2. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. 1990. М.: Наука. 261 с.
3. Добровольский Г.В., Федоров К.Н., Стасюк Н.В. Геохимия, мелиорация и генезис почв дельты Терека //Изд. МГУ. 1975. 248 с.

4. Докучаев В.В. К учению о зонах природы, горизонтальные и вертикальные почвенные зоны. М-Л. Соч. Т.4. 1951. С. 398 – 414.
5. Залибеков З.Г. Сезонная миграция солей в засоленных почвах дельты Терека //Почвоведение. 1986. № 1. С. 73 – 78.
6. Залибеков З.Г. Почвы Дагестана. 2010. М.: Наука. 244 с.
7. Зонн С.В. Развитие генетической классификации почв на основе элементарных почвенных процессов //Почвоведение. № 4. С. 12 – 20.
8. Зонн С.В. Классификация и география почв бассейна реки Терек //Тр. ЛОВИА. 1933. Вып. 10. 65 с.
9. Классификация и диагностика почв Дагестана. Дагестанский филиал АН СССР. Отдел биологии. Махачкала. 1982. 84 с.
10. Классификация и динамика почв России. 2004. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. РАСХН. 342 с.
11. Мирзоев Э. М-Р. Способы оценки засоленности почв в связи с солеустойчивостью плодовых насаждений в плоскостной части Дагестана //Почвоведение. 1963. № 12. С. 63 – 69.
12. Засоленные почвы России. Ответственные редакторы Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. 2006. М.: Академкнига. 854 с.
13. Почвенная карта Дагестана. М 1:60000. Ответственные редакторы С.У. Керимханов, З.Г. Залибеков, М.А. Баламирзоев. М.: 1997.
14. Фридланд В.М. Основные положения почвенной картографии //Проблемы географии, генезиса, классификации почв. 1986. М.: Наука. С. 119 – 137.
15. Яруллина Н.А. Первичная биологическая продуктивность почв дельты Терека. 1983. М.: Наука. 83 с.
16. Мамаев С.А., Баламирзоев М.А., Залибекова М.З. Особенности почвенного картографирования в условиях аридного климатического режима // Аридные экосистемы. 2015. Т. 21. № 1 (62). С. 22-28.
17. Залибеков З.Г., Биарсланов А.Б., Мамаев С.А., Асгерова Д.Б., Галимова У.М., Султанахмедов М.С. Региональные закономерности распространения почв дельтовых экосистем и возможности их применения на разных континентах // Аридные экосистемы. 2017. Т. 23. № 2 (71). С. 3-11.
18. Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., Магомедов Р.А., Асгерова Д.Б., Галимова У.М. Об использовании пресных подземных вод засушливых регионов мира в борьбе с опустыниванием земель // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 2 (79). С. 3-12.

УДК 631.48

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-92-101

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ АРТЕЗИАНСКИХ СКВАЖИН ТЕРСКО-КУМСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

*Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С.
Институт геологии ДНЦ РАН*

Современные геоинформационные (ГИС) технологии дают возможность хранить и обрабатывать разнообразную пространственно-распределенную информацию накопленную человечеством в результате хозяйственной деятельности. Использование таких технологий позволяет отображать пространственную информацию в виде разнообразных электронных карт. Такая организация данных позволяет на высоком научно-методическом уровне решать широкий спектр научных и прикладных задач, связанных рациональным использованием природных ресурсов и охраной окружающей среды. В данной статье рассмотрены вопросы разработки геоинформационной базы данных (БД) Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ), описана структура базы и приведены примеры ее использования для решения различных инженерно-геологических задач. Показано как на основе информации из базы данных разрабатывать специальные тематические карты, обладающие достаточной степенью детальности необходимой при решении задач анализа и прогноза развития различных геологических процессов возникающих в результате использования природных ресурсов в хозяйственной деятельности.

Используя все имеющиеся сведения о гидрогеологическом объекте, в том числе хранящиеся в базах графических и семантических данных, в статье также описана методика создания математических моделей артезианских бассейнов (на примере ТКАБ). Приведены различные требования к системе моделей, детализированы цели и задачи моделирования, определены различные критерии оценки качества решения, сроки решения, финансовые, людские, материальные ресурсы и т.п.

Ключевые слова: геоинформационные системы, Терско-Кумский артезианский бассейн, электронная карта, база данных, математическое моделирование.

GEOINFORMATION DATABASES OF ARTESIAN WELLS TERSKO-KUMSKY ARTESIAN BASIN

*Mamaev S.A., Ibaev Zh.G., Kurbanova L.M., Guseinova A.Sh., Kurbanismailova A.S., Mamaev A.S.
¹Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences*

Modern geoinformation (GIS) technologies make it possible to store and process a variety of spatially-distributed data accumulated by mankind as a result of economic activity. Using such technologies can display the spatial information in form of various electronic cards. This kind of organization of data allows on a high scientific and methodological level to solve a wide range of scientific and applied problems related to natural resource management and environmental protection. This article describes how to develop geographic information database (DB) of the Terek-Kuma artesian basin (TKAB), provides the structure of the base, and suggests examples of its using when solving various geotechnical problems. It is shown how, based on the information from the database, to develop special thematic maps which have a sufficient degree of accuracy, required when solving problems of analysis and forecast of development of various geological processes, arising from the use of natural resources in the economic activity.

Using all available data on a hydrogeological object, including those stored in the databases of graphic and semantic data, the article describes the method of creating mathematical models of artesian basins (on the TKAB example). Different requirements for system models are suggested, objectives and modeling tasks are detailed, and various criteria for quality assessment of solutions, decision deadlines, financial, human, material resources, etc. are defined.

Keywords: geographic information systems, Terek-Kuma artesian pool, electronic map, database, mathematical design.

Состояние вопроса

Длительная эксплуатация артезианского бассейна в стихийно нарастающих темпах, в ряде районов Северного Дагестана, привела к истощению запасов, региональному загрязнению и ухудшению химического состава подземных вод, затоплению и засолению значительных

территорий приартезианских земель и заметному оседанию поверхности земли [1,2], что может нанести ущерб народному хозяйству и спровоцировать техногенные сейсмические события.

Территория, на которой происходят вышеуказанные процессы, находится в области Восточно-Предкавказской гидрогеологической провинции, Терско-Кумского артезианского бассейна (рис. 1.).

В геологическом отношении на ТКАБ выделены следующие водоносные горизонты (ВГ) и комплексы (ВК) [1, 2]: аллювиальный средне-верхнечетвертичный ВГ (aQ_{II-III}); аллювиальный нижне-четвертичный бакинский ВГ (aQ_{Ib}); морской средне-верхнечетвертичный хазаро-хвалынский ВК ($mQ_{II-IIIhz-hv}$); морской нижнечетвертичный бакинский ВК (mQ_{Ib}); морской верхнеапшеронский ВК (Q_{Eap2}); Совместный морской четвертичный и верхнеапшеронский ВК ($Q+Q_{Eap2}$); морской нижнеапшеронский ВК (Q_{Eap1}); акчагыл-апшеронский ВК ($Q_{Eap}+N_{2ak}$); акчагылский ВГ (N_{2ak}); конско-караганский ВГ (N_1^2kp-kq); чокракский ВГ ($N_1\check{c}$).

В пределах Северо-Дагестанской части ТКАБ в основном наблюдаются следующие водоносные горизонты и комплексы: аллювиальный средне-верхнечетвертичный ВГ ($aQ_{II-III}ВГ$), аллювиальный нижнечетвертичный бакинский ВГ (aQ_{Ib}), морской нижнечетвертичный бакинский ВК (mQ_{Ib}), морской верхне-апшеронский ВК (Q_{Eap}^2), морской нижнеапшеронский ВК (Q_{Eap1}), акчагылский ВК (N_{2ak}) (рис. 1).

Анализ результатов полевых экспедиционных исследований показывают, что если в ближайшие годы не будут предприняты радикальные меры по коренному улучшению существующей стихийно-хищнической системы эксплуатации артезианского бассейна, могут наступить необратимые процессы загрязнения и истощения ресурсов пресных подземных вод Дагестана.

Для решения указанной задачи необходимо иметь систему, позволяющую эффективно управлять пространственно-распределенной информацией описывающей ресурсы и качество пресных подземных вод. Анализ и обработка такой информации в целом даже в пределах небольшой территории прилегающей к одной артезианской скважине является достаточно трудоемкой задачей. Поэтому для работы с такого рода информацией используются геоинформационные системы (ГИС). Использование ГИС обеспечивают сбор, обработку, хранение, отображение и мониторинг пространственно распределенных геоданных, позволяют осуществлять их интегрирование по территориям с целью эффективного использования и решения прикладных задач, связанных с управлением окружающей средой, и анализом качества подземных вод [3-10].

Использование ГИС является новым, важным этапом развития научных исследований, особенно в направлениях, которые имеют прямое отношение к изучению пространственных особенностей природных объектов, в частности в геологии. Также для использования ГИС большое значение имеет прогресс элементной и программной базы современных ЭВМ. В настоящее время имеются мощные системы обработки геоданных, создаваемые крупными компаниями, которые широко используются в разных странах, самой известной из которых является ESRI ArcGIS.

Технологии ГИС широко используются для инженерно-геологического картирования, планирования развития территорий, прогноза опасных природных процессов, оценки различных рисков [5-6].

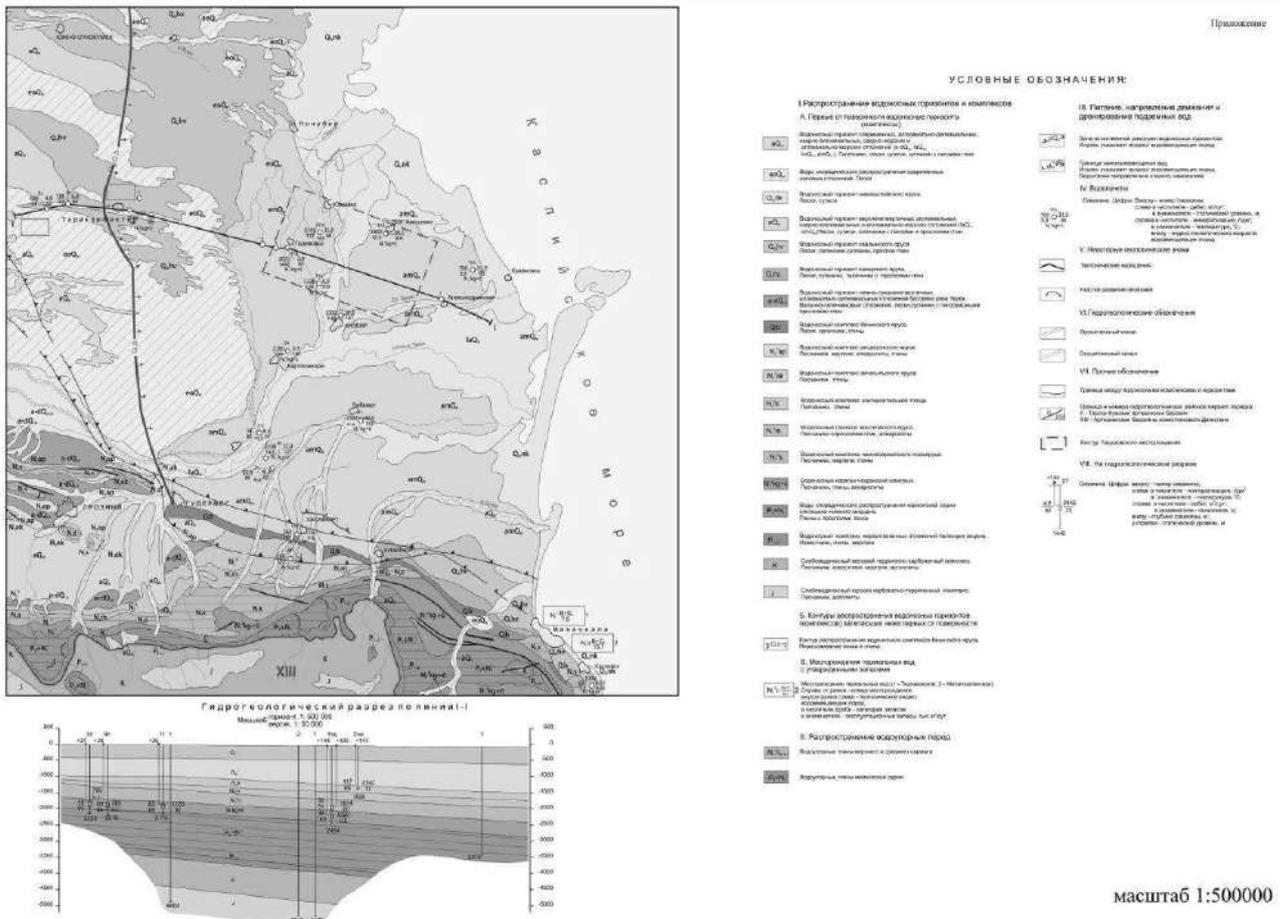


Рис.1 Обзорная гидрогеологическая карта Терско-Кумского артезианского бассейна.

Результатом этих работ должно стать создание интегрированной ГИС для информационного обеспечения при обосновании проектов строительства конкретных скважин и планирования устойчивого развития территории бассейна.

Методика работ и результаты

Для оценки сложившихся геологических условий исследуемой территории Институтом геологии ДНЦ РАН с 2002 по 2015 годы разрабатывалась ГИС включающая в себя четыре основных компонента: ввод информации (табличный набор, сканирование картографического материала, дистанционные методы); хранение, оперативное использование и пополнение данных; обработка и моделирования полей геологических параметров; представление информации (карты, таблицы или отчеты).

Для решения первых двух задач были выполнены работы по созданию базы данных гидрогеологической информации, в которую было включено более 1600 скважин [11-18]. Рассматриваемая база данных является частью более общей базы гидрогеологической информации Терско-Кумского артезианского бассейна. Гидрогеологическая информация обобщалась по районам республики Дагестан. База данных создана в системе управления базами данных Microsoft Access и ориентирована на использование в программных продуктах ESRI, которые полностью соответствуют поставленным задачам.

Отметим, что использование мощных пакетов программ фирмы ESRI позволяет не только отражать имеющиеся данные в виде карт и различных полей свойств, но и проводить анализ данных, моделирование геологических полей во времени и пространстве, получать новую информацию.

Структура базы данных представлена на рис. 2 и включает в себя общую информацию по скважине (координаты, глубина, уровень грунтовых вод, абсолютная отметка, и др.), а также ее характеристики с описанием разреза, литологии пород, возраста, физико-механических свойств.

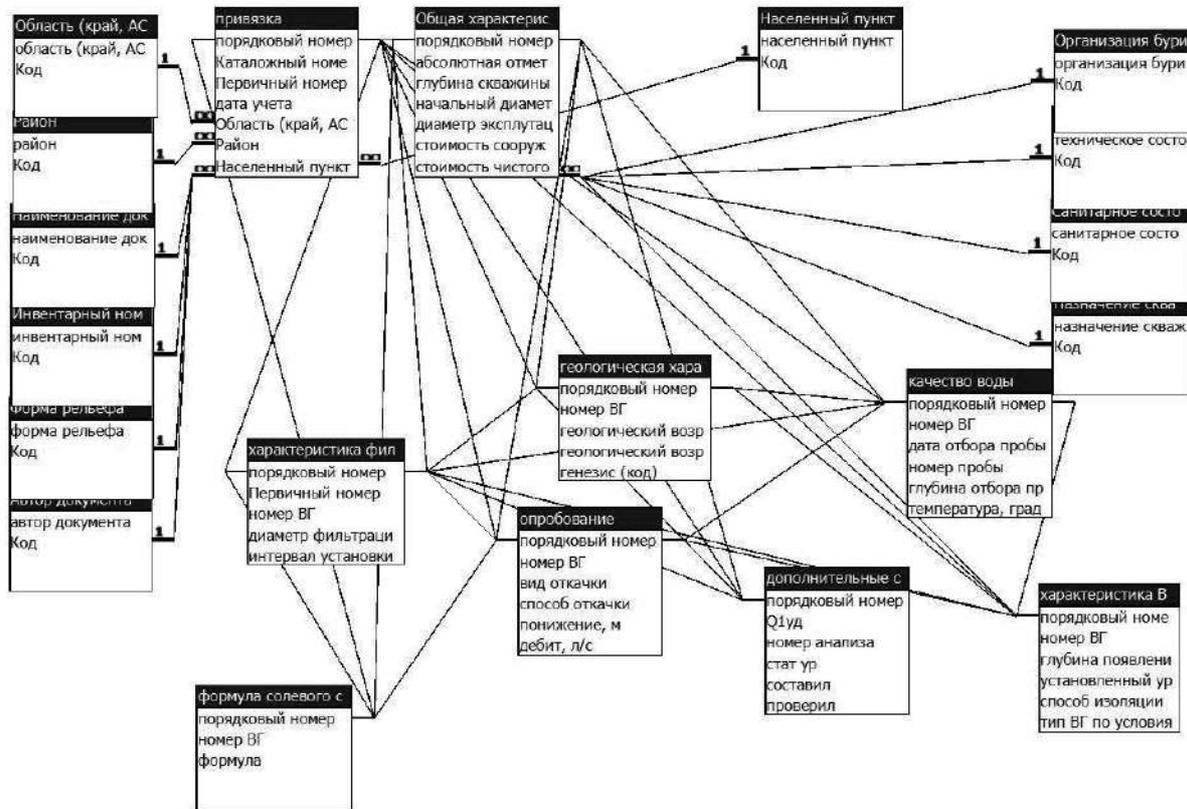


Рис. 2. Структура базы данных гидрогеологической информации.

Небольшой фрагмент информации, хранящийся в разработанной нами базе данных, приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Данные о скважинах, включенных в базу данных.

привязка							
№ п/п	Номер по каталогу	Первичный номер	дата учета	Обл	Район	Населенный пункт	точное местоположение
1	16			Р.Д.	Ногайский	с. Восточно-Сухокумск	3 км к северо - востоку
2	87			Р.Д.	Ногайский	с. Калинин-аул	4 км к западу
3	193			Р.Д.	Ногайский	Кутан к-з Кирова	к-з Кирова

Для поиска и просмотра информации из базы данных разработаны специальные формы в виде окон (рис. 3), где содержатся подробные данные по каждой скважине.

Разработанная нами база данных имеет открытую архитектуру и может быть дополнена любой информацией полученной в ходе полевых исследований, что даст возможность отразить современное состояние геологических объектов, в условиях значительной динамики изменений их свойств, в первую очередь на территории Северного Дагестана.

Собранный в базе данных материал использовался в дальнейшем при построении специальных инженерно-геологических электронных карт для разработки плана развития бассейна.

Для построения электронных карт использовалась программа ArcGIS 9.3. ArcGIS поддерживает такие виды работ с информацией:

- создание пространственных баз данных ГИС (векторные объекты, растры, топология, сети и т.д.);
- интеллектуальные карты, которые показывают пространственные объекты и отношения между ними;
- набор инструментов геообработки для получения географических данных из существующих наборов данных.

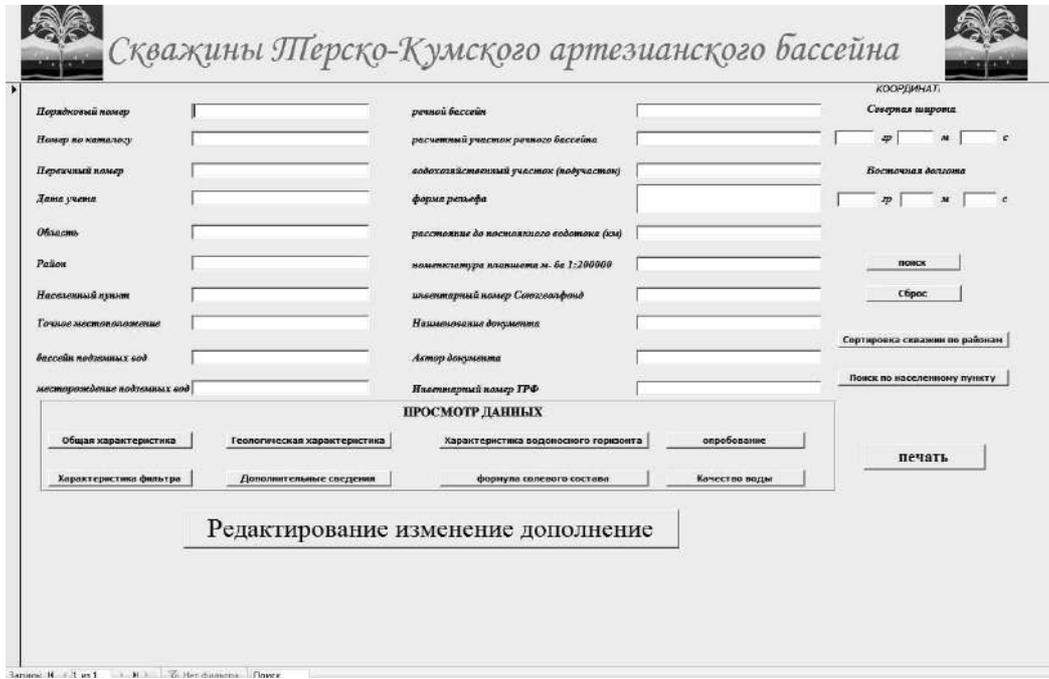


Рис. 3. Главное окно для работы с базой данных

Заметим что ArcGIS использована нами как "окно" в базу данных при помощи специальных скриптов (hotlink) поддерживающих запросы, анализ и редактирование информации.

Уникальную специфику электронной карте обеспечивает наличие многочисленных дополнительных информационных слоев (топооснова, административные районы, населенные пункты, гидрография, села, транспорт и т.д.), объединение которых с собственно «полезной» информацией из базы данных обеспечивает электронной карте наглядность и высокую информативность.

Основой геоинформационной системы Северо-Дагестанского артезианского бассейна является электронная карта масштаба 1:100000, подготовленная в ГИС-центре Института геологии ДНЦ РАН, с помощью программы ArcGIS 9.3.

В процессе создания карты была проведена привязка карты-основы к выбранной системе координат и перевод пространственных объектов в электронную форму. Используя возможности модуля Arc Catalog, созданы шейп-файлы, в которых содержится информация о различных геологических объектах. При создании шейп-файла задается соответствующее имя и определяется тип объектов, которые он будет содержать (линии, точки, полигоны). Для различной информации в специальных полях вводятся тип данных. К примеру, шейп-файлы содержащие информацию о распространения различных типов почв были оцифрованы в виде полигонов, шейп-файл «реки», оцифрован в виде полилиний, шейп-файл «скважины» – в виде точек. Каждый шейп-файл включает в себя таблицу атрибутов, которая содержит всю информацию о пространственных объектах. Например, таблица атрибутов шейп-файла «скважины», содержит следующие поля: номер скважины по каталогу, дебит, температура, абсолютная отметка и т.д.

После добавления атрибутивных полей начинается процесс редактирования в ArcMap. Его выполнение требует больших временных затрат, так как в зависимости от особенностей

обрабатываемого картографического материала количество пространственных объектов в одном шейп-файле резко увеличивается.

После оцифровки пространственных объектов и создания атрибутивных таблиц можно использовать средства визуализации ArcGIS. В частности выбор цветов или другого внешнего вида по любому выбранному атрибуту или по их соотношению.

Также ArcGIS позволят определять точные площади контуров по разным параметрам. Программа автоматически подготавливает необходимые компоненты для печати карт: создает координатную сетку, формирует легенду, масштаб и т.д.

Возможности визуализации пространственных данных в ГИС позволяют создавать картографические материалы качественного научного содержания. Также имеется возможность совместного показа на создаваемых картах самых разных геоинформационных данных.

В результате применения возможностей ArcGIS 9.3 к информации собранной в базе данных построена карта фактического материала (рис. 4). На данной карте отображено более 1,5 тыс. скважин, информация о которых, содержится в базе данных. Как видно по рис. 4 наибольшую плотность эти скважины имеют на территории Северного Дагестана, где и наблюдаются указанные выше негативные процессы влияния на окружающую среду и качество подземных вод. Данный фактический материал в дальнейшем использован нами для решения задач математического моделирования в гидрогеологии.

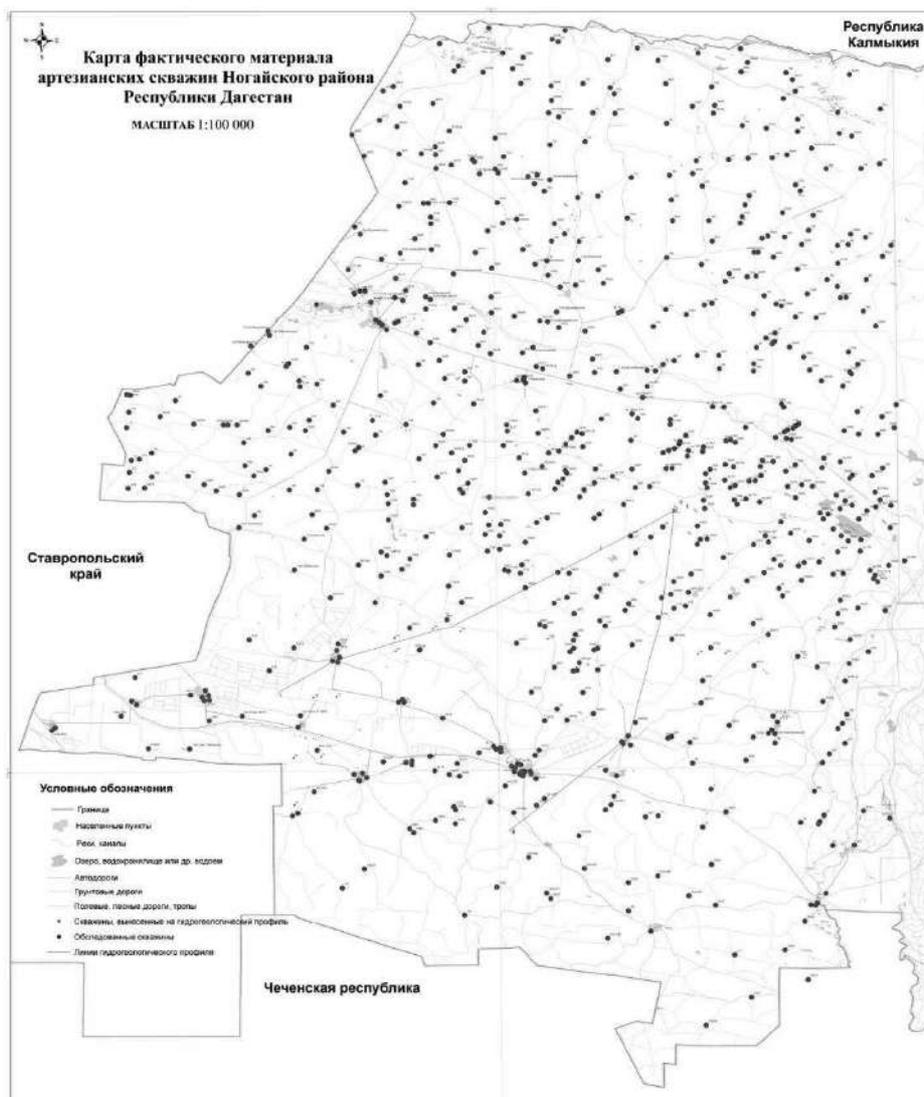


Рис. 4. Карта фактического материала артезианских скважин Ногайского района

Методы математического моделирования наиболее эффективны и экономичны при подсчете запасов подземных вод, проектировании водозаборов, оценке экологической обстановки прилегающих территорий и т.д. Решение задач моделирования с помощью компьютера начинают с того, что составляют несколько расчетных гидродинамических схем. Изучают каждую из них с точки зрения экономичности и в итоге выбирают самую оптимальную. Рассчитывают оптимальную длину, диаметр и число скважин, которые будут подавать наибольшее количество воды при наименьших затратах. При этом автоматически производятся расчеты: снижения напора подземных вод в будущем, расстояния, на которое распространяется влияние водозабора, и как это отразится на работе других скважин, колодцев и экологии окружающей среды. Определенную роль при математическом моделировании играют и методы Монте-Карло. Они заключаются в моделировании случайного процесса, наблюдения и нахождении подхода к решению задачи об оптимальном расположении скважин, их числа, расстояния между ними, сводя эту задачу к задаче принятия решения при многокритериальных условиях (влияние на окружающую среду, стоимость бурения, потребность в воде, и т.д.).

В Институте геологии ДНЦ РАН разрабатывается система, для создания и трехмерной визуализации объемных локальных или региональных моделей различных геологических объектов. Этой системой формируется объектно-ориентированная трехмерная цифровая модель, в любой точке которой оказываются определенными задаваемые при ее построении параметры - литолого-стратиграфические характеристики и петрофизические параметры пород, данные геофизических исследований, глубины залегания границ и пр. Объектный принцип создания модели означает, что каждый элемент модели или их произвольная комбинация, представляет собой отдельный самостоятельный объект, допускающий работу с ним в отрыве от модели в целом.

Проектирование трехмерных математических локальных моделей проводится с учетом результатов, полученных на региональной модели, а также требований к локальной модели.

Граничные условия поставленной задаче задаются с использованием специальных программных средств. Границы локальной модели в разрезе задаются с учетом границ структурных элементов, составляющих общую региональную модель, поскольку локальная модель должна более точно отображать литологическое строение объекта, ее структура может значительно отличаться от структуры соответствующей области региональной модели.

Построение объемных геологических моделей (разрезов) проводится с помощью возможностей, который предоставляет программный модуль 3D Analyst. На рис. 5. показан пример построения гидрогеологических разрезов на основании данных по скважинам. Процесс построения таких моделей происходит следующим образом. По имеющимся скважинам составляется таблица, в которой указывается, на какой высоте находятся различные породы. Таким образом, скважины представляют собой опорные точки. По этим точкам программа экстраполирует поверхность разреза. При построении объемной модели добиваются равенства балансовых составляющих потока подземных вод по границам локальной модели, рассчитанных на региональной и локальной моделях. Если модели слоистые, то обеспечить выполнение этого критерия можно только при условии равенства каждого слоя региональной модели суммарной водопроницаемости составляющих его слоев локальной модели [19]. В процессе проектирования локальной модели может потребоваться сбор дополнительных данных. Новая информация используется для пополнения баз графических и семантических данных.

Исходными данными для локальной модели обычно выступают результаты, полученные при решении региональной модели, а также подобранные с ее помощью значения гидрогеологических параметров. Если структура локальной модели претерпела значительные изменения по сравнению со структурой региональной модели, принимается решение о сборе дополнительных данных, необходимых для построения карт параметров.

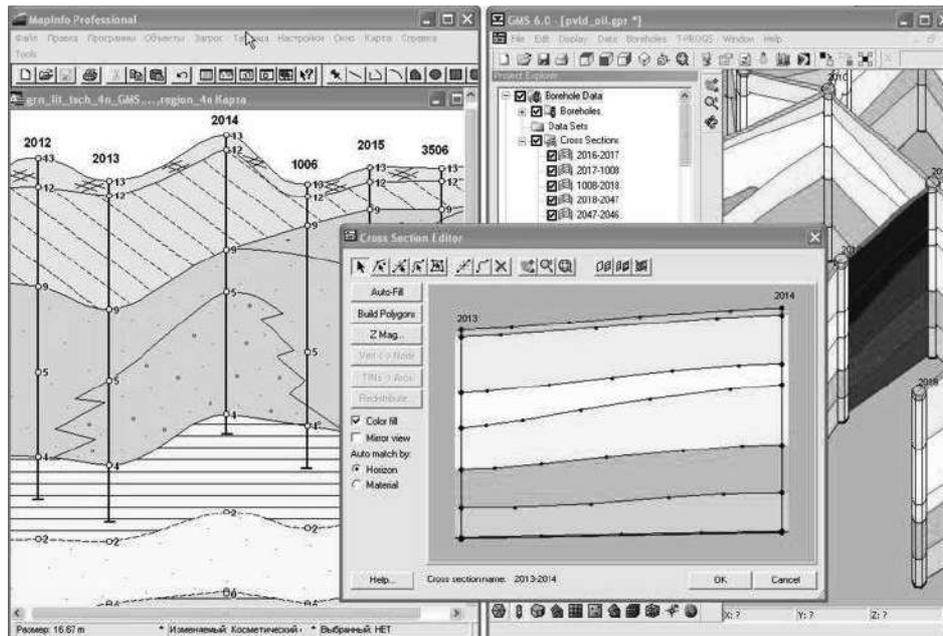


Рис. 5. Построение гидрогеологических разрезов на основании данных по скважинам.

Исходными данными для локальной модели обычно выступают результаты, полученные при решении региональной модели, а также подобранные с ее помощью значения гидрогеологических параметров. Если структура локальной модели претерпела значительные изменения по сравнению со структурой региональной модели, принимается решение о сборе дополнительных данных, необходимых для построения карт параметров.

Заметим, что форма представления исходной информации в значительной мере определяется типом модели. Так для моделей, имеющих слоистую структуру, формируются карты параметров для каждого слоя. Если локальная модель является трехмерной, то каждому объемному телу присваивается определенный материал, с которым связан набор фиксированных значений параметров.

В целом технология формирования локальной модели во многом соответствует технологии формирования региональной модели. Главное отличие заключается в необходимости задания специфических условий по границам локальной модели. Отметим, что в качестве внешних границ выступают не только границы модели в плане. Если локальная модель не охватывает в разрезе все слои региональной модели, то необходимо определить условия по подошве ее нижнего слоя. Определение граничных условий является достаточно трудоемкой процедурой. Разработанная нами методика позволяет автоматически задать граничные условия посредством специально разработанных программных средств.

Отметим, что разрабатываемая система спроектирована максимально открытой и допускает полную адаптацию к различным информационным средам, геологическим условиям и решаемым задачам. Причем отдельные модули системы разрабатывались как автономные. Такой подход позволяет применять отдельные модули в отрыве от системы как единого целого, при решении более узких задач, или же встраивать их в уже имеющиеся системы обработки геологической информации [19-25].

Выводы

Для адекватного и точного описания всех свойств такого сложного геологического объекта как ТКАБ не существует единых бесспорных аналитических формул. Поэтому адекватной формой знания об этом объекте могут считаться именно соответствующие модели, ГИС и БД. Но если последние отражают реальность одновременно полно и компактно, эта форма знания становится объектом научного исследования объекта, в частности приобретает предсказательную силу. Отметим, что обработка в реляционных БД любого комбинированного запроса зачастую

позволяет получить совершенно новую информацию, поскольку до такой обработки эта информация хотя и была известна, однако другими способами практически не могла быть получена. Точнее могла бы, но во многих случаях это потребовало бы слишком больших временных затрат.

Полная реализация всех описанных выше работ по всей территории ТКАБ позволит более эффективно проводить мониторинг территории бассейна. По полученным результатам также возможно уточнение или опровержение различных теоретических концепций по геологическому строению бассейна и процессам, происходящим в нем.

Конечным итогом проводимых работ должно быть:

1. Постоянно действующая гидрогеолого – математическая модель ТКАБ
2. База данных гидрогеолого–геофизической информации по скважинам ТКАБ.
3. Тематические картографические слои для различных геологических структур.
4. Автоматизация процесса составления геологических разрезов.
5. Трехмерная электронная карта артезианского бассейна.

Работа выполнена по госзаданию Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310203-3.

Литература

1. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М.: «Наука», 2001, 260 с.
2. Маммаев О. А. Подземные воды Восточного Предкавказья (формирование, гидрогеохимия и процессы радиотеплогенерации). Махачкала: ДНЦ РАН, 2006. 280 с.
3. Марков Б.Л. Организация данных в системах мониторинга //Высокопроизводительные вычислительные системы и микропроцессоры. Сборник научных трудов ИМВС РАН за 2000 г. – М., 2000.
4. Марков Б.Л. Проектирование систем регистрации и анализа данных //Сборник научных трудов ИМВС РАН за 2002 г. – М., 2003.
5. Создание гидрогеологических карт с применением компьютерных технологий. – М.: ВСЕГИНГЕО МПР РФ, 2001. 196 с.
6. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощекоев А.Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях. – М., 2005. – 352 с.
7. Allroggen N., Tronicke J., Delock M., Boniger U. Topographic migration of 2D and 3D ground-penetrating radar data considering variable velocities // Near Surface Geophysics. 2015. Vol. 13. P. 253–259.
8. IDEF1X. "FIPS Integration Definition for Information Modeling (IDEF1X)," Federal Information Processing Standards Publication 184, Computer Systems Laboratory, National Institute of Standards and Technology. – 1993.
9. Klein H.K., Hirschheim R.A. A Comparative Framework of Data Modelling Paradigms and Approaches. The Computer Journal. Vol.30. № 1. 1987. Pp. 8-15.
10. Manna, Z., Pnueli A.: The Temporal Logic of Reactive and Concurrent Systems. Springer-Verlag, 1992.
11. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Информационные базы данных гидрогеологических параметров артезианских скважин Северо-дагестанского артезианского бассейна //Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 63. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2014. С.325-329.
12. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш. ГИС-технологии и их применение при составлении электронных карт // Геология, геодинамика и геоэкология Кавказа. Труды института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 66. Махачкала, 2016. С.279-283.
13. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш. Электронная база данных артезианских скважин Республики Дагестан //Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Грозный, 2017. С. 330-339.
14. Мамаев С.А., Мамаев А.С., Гусейнова А.Ш., Ибаев Ж.Г. О принципах математического моделирования гидрогеологических объектов на территории Республики Дагестан //Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции. 2017. С. 383-392.

15. Курбанов М.К., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Постоянно действующая гидрогеолого-математическая модель формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Южного федерального округа/ Труды Института геологии ДНЦ РАН №50. Махачкала 2006. С. 143-147.
16. Курбанов М.К., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Мамаева А.С. Методы составления и структура базы данных для создания геоинформационных систем (ГИС) Терско-Кумского артезианского бассейна //Ресурсы подземных вод Юга России и меры по их рациональному использованию, охране и воспроизводству. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 55. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2009. С.46-49.
17. Ибаев Ж.Г., Мамаев С.А. Общие принципы разработки постоянно действующей гидрогеолого-математической модели Терско-Кумского артезианского бассейна // Геология и нефтегазоносность Юга России. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Выпуск № 52. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, 2008. С.260-264.
18. Залибеков З.Г., Баламирзоев М.А., Мамаев С.А., Идрисов И.А., Геоинформационная система – «Почвы Дагестана» //Труды Института геологии ДНЦ РАН. Вып.61. Махачкала. 2012. С.207-211.
19. http://unesco.kz/water/met_4_r.htm.
20. Тектоническая карта Дагестана М:1:500000. Объяснительная записка //Под редакцией академика Ю.Г. Леонова. Институт геологии ДНЦ РАН. Махачкала, «Алеф», 2012. 130 с.
21. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях // Геология и геофизика Юга России. 2018. № 4. С. 104-116.
22. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. Геоинформационные базы данных гидрогеологических параметров артезианских скважин Терско-Кумского артезианского бассейна // Геология и геофизика Юга России. 2018. № 3. С. 51-63.
23. Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Маммаев А.О. Создание информационных электронных гидрогеологических карт с применением современных гис-технологий, мониторинг и анализ геоданных // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2003. № 49. С. 85-93.
24. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Юсупов А.Р., Курбанисмаилова А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 309-315.
25. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Мамаева А.С. Разработка геоинформационной системы для нефтяных скважин Дагестана //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2007. № 51. С. 194-199.

УДК 556.3.01

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-102-106

АНАЛИЗ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПЛАСТОВЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Магомедов¹ Ш.А., Маммаев¹ О.А., Чупалаев¹ Ч.М., Маммаев² Б.О.

¹ИПГ ВЭ – ИВТАН РАН, ²Институт геологии ДФИЦ РАН

В статье проведен анализ изотопного состава кислорода и водорода геотермальных вод Восточного Предкавказья на основе собственных экспериментальных данных и литературных источников. Целью исследования является выявление генетических особенностей формирования пластовых геотермальных вод различных водоносных комплексов осадочной толщи.

Ключевые слова: изотопный состав воды, геотермальные воды, водоносные комплексы, возраст отложений, седиментационные воды.

ANALYSIS OF THE ISOTOPE COMPOSITION OF FORMATION GEOTHERMAL WATERS OF THE EASTERN PRECAUCASIA

Magomedov¹ Sh.A., Mammaev¹ O.A., Chupalaev¹ Ch.M., Mammaev² B.O.

*¹IPG VE - IVTAN RAS, ¹Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center,
Russian Academy of Sciences*

The article analyzes the isotopic composition of oxygen and hydrogen in geothermal waters of the Eastern Ciscaucasia on the basis of our own experimental data and literature sources. The aim of the study is to identify the genetic features of the formation of stratal geothermal waters in various aquifers of the sedimentary strata.

Key words: isotopic composition of water, geothermal waters, aquifers, age of sediments, sedimentary waters.

Масс-спектрометрический метод в связи с его высокой чувствительностью на определение элементного и изотопного составов находит широкое практическое применение в различных областях науки: биохимия, клиническая химия, общая химия, органическая химия, фармацевтика, нефтехимия, нефтепереработка, медицина, токсикология, криминалистика, допинговый контроль, контроль наркотических средств, контроль алкогольных напитков, геохимия, геология, гидрология, петрография, минералогия, геохронология, археология, ядерная промышленность, полупроводниковая промышленность, металлургия.

Для оценки формирования и генезиса геотермальных вод в настоящее время широко используются изотопные методы и, в частности, определение содержания изотопов водорода и кислорода. Кислород имеет три стабильных изотопа $^{16}\text{O}=99,63\%$, $^{17}\text{O}=0,0375\%$ и $^{18}\text{O}=0,1995\%$, а водород два – $\text{H}=99,9852\%$ и $\text{D}=0,0148\%$. Наибольшую роль в геохимических исследованиях природных вод играют отношения стабильных изотопов водорода ($\text{D}/\text{H}=1/6700$) и кислорода ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}=1/500$). Стабильные изотопы легких элементов (H, O, C и S) характеризуются большими величинами относительных изотопных вариаций, поэтому нашли широкое применение в различных областях геохимических исследований.

Изотопный состав кислорода и водорода в образце выражается с помощью величин $\delta^{18}\text{O}$ и δD , характеризующих разность отношений $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ и D/H в образце и в стандарте SMOW. За нулевой стандарт SMOW принимается изотопный состав океанической воды, взятой с глубины не менее 500 метров (считается, что изотопный состав воды на глубинах от 500 до 2000 метров не изменяется сотни миллионов лет). Эти величины измеряются в промиллях:

$$\begin{aligned} \delta^{18}\text{O} &= \left\{ \left[\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{обр}} - \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{ст}} \right] / \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{ст}} \right\} * 10^3 \\ \delta\text{D} &= \left\{ \left[\left(\frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{обр}} - \left(\frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{ст}} \right] / \left(\frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{ст}} \right\} * 10^3 \end{aligned} \quad (1)$$

Для международного стандарта SMOW (среднеокеаническая вода)

$$D/H = (155,75 \pm 0,05) \cdot 10^{-6} \text{ и } O^{18}/O^{16} = (2005,20 \pm 0,45) \cdot 10^{-6}$$

Таким образом, положительные значения $\delta^{18}O$ и δD свидетельствуют об обогащении образца ^{18}O и D относительно стандарта SMOW, тогда как отрицательные значения этих величин – об обеднении образца этими изотопами по сравнению со стандартом [1, 2].

Широкий диапазон изменений изотопных вариаций водорода ($\delta D = 0 \div -150\%$) и кислорода ($\delta^{18}O = -20 \div +22\%$) и высокая степень точности измерения на масс-спектрометрах позволяет с высокой точностью определять величины естественных изотопных вариаций водорода и кислорода.

Фракционирование изотопов в природе происходит в результате различного рода химических реакций и физических процессов:

1. Реакций изотопного обмена, приводящих к перераспределению изотопов некоторого элемента между различными молекулами, содержащими этот элемент. Например, реакции изотопного обмена кислорода между флюидами и карбонатными минералами по типу реакции $CaCO_3 + H_2^{16}O \leftrightarrow CaC^{16}O_3 + H_2^{18}O$. В случае дегидратации глинистых минералов, выделяющиеся подземные воды тоже обогащаются тяжелым изотопом ^{18}O .

2. Однонаправленных реакций, скорость которых зависит от изотопного состава участвующих в реакции веществ.

3. Физических процессов, в которых разница в массах играет роль, например, испарения и конденсации, плавления и кристаллизации, адсорбции и десорбции, а также диффузии ионов или молекул, обусловленной наличием градиентов концентрации и температуры.

При испарении воды происходит преимущественное поступление ^{16}O и H в фазу пара, а ^{18}O и D концентрируются в жидкой фазе. Коэффициент фракционирования выражается через $\alpha = R_v / R_p$, (где R_v и R_p – изотопные отношения $^{18}O/^{16}O$ и D/H для воды и пара соответственно) и зависит от температуры. Так при испарении воды в равновесных условиях при $25^\circ C$ значения коэффициентов разделения изотопов равны [1, 2]:

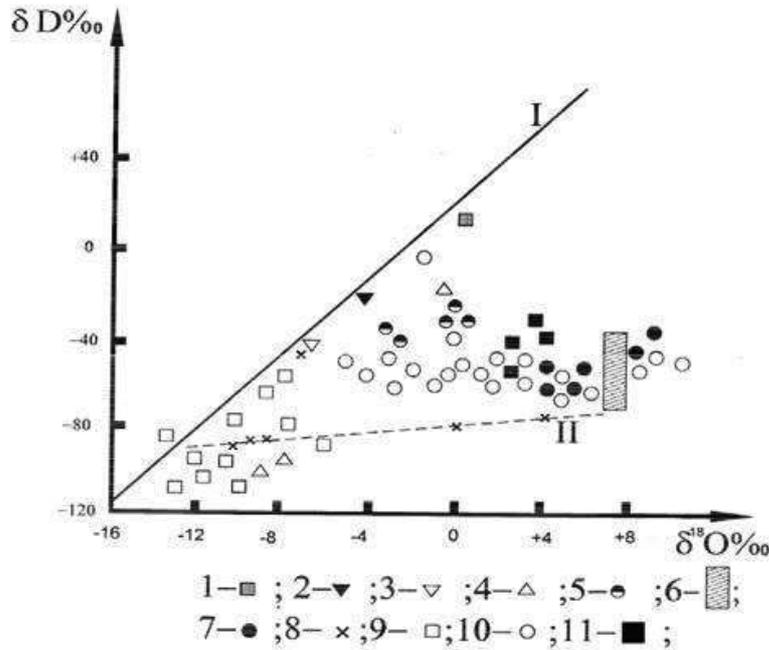
$$\alpha_{18} = (^{18}O/^{16}O)_v / (^{18}O/^{16}O)_p = 1,0092 \quad (2)$$

$$\alpha_d = (D/H)_v / (D/H)_p = 1,074$$

На основе собственных исследований и литературных данных нами проанализированы изотопный состав поверхностных и геотермальных вод Восточного Предкавказья и Дагестана [3-10]. Поверхностные и грунтовые воды горно-складчатых районов Дагестана сильно облегчены по изотопному составу и близки к типичным для атмосферных осадков. Легкий изотопный состав основных речных вод Дагестана можно объяснить тем, что основным источником питания рек являются высокогорные ледники (р. Сулак $\delta D = -98,5\%$, $\delta^{18}O = -9,6\%$, р. Терек $\delta D = -83,2\%$, $\delta^{18}O = -8,71\%$, р. Самур $\delta D = -92,0\%$, $\delta^{18}O = -8,82\%$).

Применяя изотопные методы, успешно решают вопросы, связанные с выяснением генезиса термальной воды и возобновлением её запасов. Выявляют области питания подземных горизонтов, определяют температуру флюидов в глубинных резервуарах.

Если нанести фигуративные точки экспериментальных данных на график Крейга, который определяет глобальную зависимость изотопного состава атмосферных осадков Земли в системе координат δD и $\delta^{18}O$ (рис 1), то все точки ложатся ниже и справа линии Крейга, которая характеризуется уравнением $\delta D = 8\delta^{18}O + 10$. Точки, соответствующие водам миоценовых и мезозойских отложений смещены вправо и ниже, что говорит об изменении исходного изотопного состава воды за длительное геологическое время при высоких P/T условиях в пласте. Наблюдается значительное смещение вправо изотопного состава по кислороду ^{18}O . Вода обогащается тяжелым изотопом кислорода ^{18}O за счет изотопно-обменных процессов с растворенными и окружающими породами и минералами, которые богаты ^{18}O . Содержание ^{18}O в карбонатных породах достигает до $+30\%$.



Воды: 1 – океанические, 2 – Каспийского и Черного морей, 3 – дождевые, 4 – речные, 5 – соляных озер, 6 – ювенильные, 7 – юрских рассолов, 8 – миоценовых рассолов, 9 – плиоцен-четвертичных отложений и источников зоны активного водообмена, 10 – меловые и 11 – пермо-триасовые рассолы.

Рис 1. Вариации изотопного состава водорода и кислорода в природных водах Восточного Предкавказья.

Величина изотопного сдвига по кислороду зависит от начальных концентраций его изотопов в воде и породе, минералогии пород, температуры, отношения вода/порода и времени контакта. Наибольший сдвиг отмечается для воды из систем, содержащих карбонатные породы, начальные значения $\delta^{18}\text{O}$ для которых лежат в пределах $+20\div +30\text{‰}$.

Этот сдвиг достигает максимальных значений при малых отношениях вода/порода, высокой температуре и продолжительном времени контакта.

Геотермальные бассейны мезозойских отложений генетически представляют собой захороненные морские седиментационные воды с примесью древней инфильтрационной воды (до 20-30%) и воды, выделяемой при дегидратации минералов при высоких РТ- условиях.

Определенная доля ювенильной воды может образоваться и за счет восходящих флюидов в форме летучих компонентов, мигрирующих субвертикально вдоль глубинных разломов в фундаменте. По изотопному составу мезозойские воды характеризуются сильным изотопным сдвигом по кислороду ($\delta^{18}\text{O}$) вправо- в сторону утяжеления; $\delta^{18}\text{O}$ меняется в пределах от $+1,0$ до $+9\text{‰}$. Примесные воды как инфильтрационные, магматические, дегидратационные и ювенильные, попадая в пластовые воды морского генезиса, вызывают облегчение изотопного состава по водороду и утяжеление по кислороду.

Термальные воды среднемиоценовых отложений являются преимущественно инфильтрационными. При одинаковых физико-химических условиях в пласте приуроченные к карбонатным коллекторам воды характеризуются относительно высокими значениями $\delta^{18}\text{O}$ по сравнению с водами терригенных коллекторов.

Подземные воды зоны активного водообмена плиоцен-четвертичных отложений по значениям δD и $\delta^{18}\text{O}$ полностью соответствуют питанию атмосферными и поверхностными источниками.

Обобщая экспериментальные данные различных геотермальных месторождений можно построить график зависимости δD и $\delta^{18}\text{O}$ для вод различных генетических типов.

Обобщенный график приведен на рис.2.

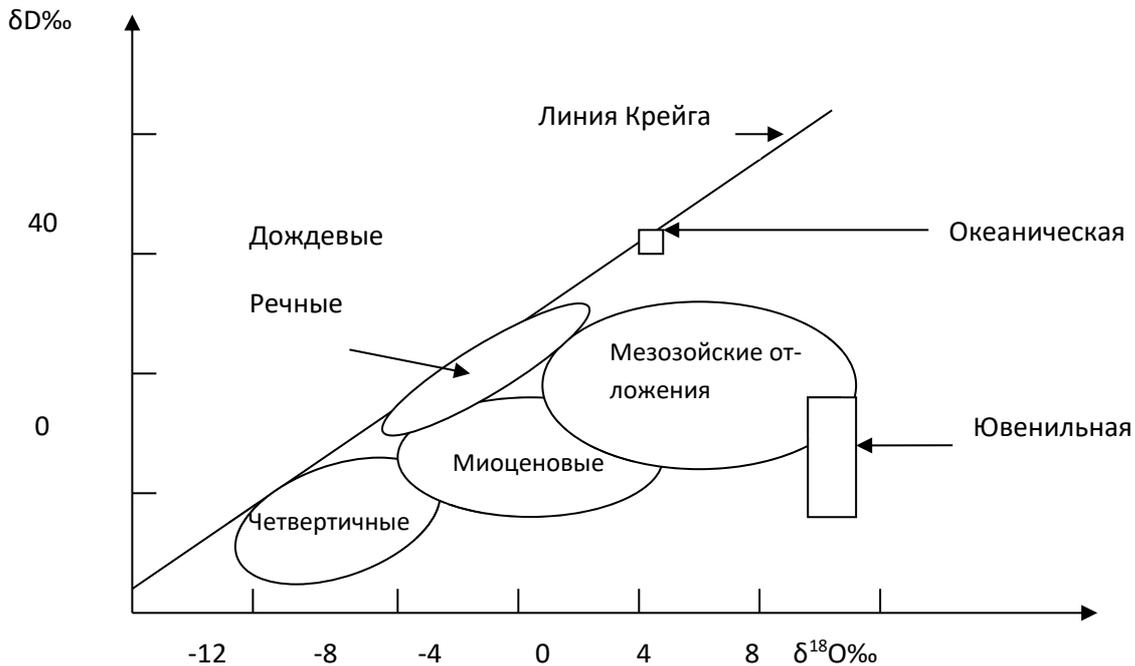


Рис. 2. График зависимости δD и $\delta^{18}O$ для вод различных генетических типов.

В последние годы в глубоких горизонтах седиментационных бассейнов обнаружено широкое развитие опресненных вод. Мнения о генезисе этих вод остаются пока дискуссионными. Некоторые исследователи считают, что в данном случае изотопная диагностика может существенно помочь, так как уже сейчас она позволяет различать воды современной и древней инфильтрации, дегидратационные воды глинистых минералов, конденсатогенные воды, приуроченные к залежам углеводородов, и флюиды ювенильного происхождения.

Основные выводы.

1. Геотермальные бассейны мезозойских отложений генетически представляют собой захороненные морские седиментационные воды с примесью древней инфильтрационной воды (до 20-30%) и воды, выделяемой при дегидратации минералов при высоких РТ- условиях.

Определенная доля ювенильной воды может образоваться и за счет восходящих флюидов в форме летучих компонентов, мигрирующих субвертикально вдоль глубинных разломов в фундаменте. По изотопному составу мезозойские воды характеризуются сильным изотопным сдвигом по кислороду ($\delta^{18}O$) вправо- в сторону утяжеления; $\delta^{18}O$ меняется в пределах от +1,0 до +9‰. Примесные воды как инфильтрационные, магматические, дегидратационные и ювенильные, попадая в пластовые воды морского генезиса, вызывают облегчение изотопного состава по водороду и утяжеление по кислороду.

2. Термальные воды среднемиоценовых отложений являются преимущественно инфильтрационными. При одинаковых физико-химических условиях в пласте, приуроченные к карбонатным коллекторам воды характеризуются относительно высокими значениями $\delta^{18}O$ по сравнению с водами терригенных коллекторов.

3. Подземные воды, зоны активного водообмена плиоцен-четвертичных отложений, по значениям δD и $\delta^{18}O$ полностью соответствуют питанию атмосферными и поверхностными источниками.

Работа выполнена по госзаданиям ИПГ ВЭ – ИВТАН РАН НИОКТР 0120-105-6249 и Института геологии ДФИЦ РАН АААА-А17-117021310203-3.

Литература

1. Есиков А.Д. Изотопная гидрология геотермальных систем. М. «Наука». 1989. 195с.
2. Есиков А.Д. Масс-спектрометрический анализ природных вод. М. Наука, 1980. 204 с.
3. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М. «Наука». 2001. 257с.
4. Методы изучения и оценка ресурсов глубоких подземных вод. Под редакцией С.С. Бондаренко, А.С. Вартаняна - М. «Недра». 1986. 509с.
4. Магомедов Ш.А., Маммаев О.А., Расулов Г.С. «Изотопный состав и генетические особенности вод геотермальных месторождений Восточного Предкавказья». Водные ресурсы. 2000. том. 27. №2. с.148-151
5. Магомедов Ш. А., Маммаев О.А. «Применение изотопного геотермометра углерода «CO₂-CH₄» для определения призабойных температур геотермальных скважин». // Вестник ДНЦ РАН, 2002, №12, с.25-27
6. Маммаев О.А. Подземные воды Восточного Предкавказья (формирование, гидрогеохимия и процессы радиотеплогенерации). Махачкала: ДНЦ РАН, 2006. 280 с.
7. Маммаев О.А., Магомедов Р.А., Маммаев Б.О. Концентрации естественных радиоактивных элементов в породах осадочной толщи предгорного дагестана и их вклад в наблюдаемый тепловой поток //Аридные экосистемы. 2015. Т. 21. № 1 (62). С. 41-47.
8. Маммаев О.А., Маммаев Б.О., Магомедов Р.А. Оценка теплоэнергетического потенциала геотермальных ресурсов месторождения термальных вод // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 287-290.
9. Магомедов Ш.А., Маммаев О.А., Магомедов А.Ш. Изотопно-геохимическая зональность вод различных типов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2013. № 62. С. 25-29.
10. Маммаев О.А. Геотермальные ресурсы восточно-предкавказского артезианского бассейна (формирование, изотопная гидрогеохимия, процессы радиотеплогенерации) // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Махачкала, 2005.

УДК 620.191; 556.3.01

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-107-113

О ПРОБЛЕМАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНЫХ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ

Ахмедов¹ Г.Я., Курбанисмаилова² А.С.

¹Дагестанский государственный технический университет

²Институт геологии ДФИЦ РАН

В статье рассмотрены вопросы о проблемах использования термоминеральных вод, в частности солеотложения на стенках оборудования. Проводится оценка целесообразности утилизации попутных газов и возможности ее практической реализации. На основе проведенных исследований установлено, что нарушение углекислотного равновесия в воде приводит к образованию твердой фазы карбоната кальция на поверхности теплообмена. При этом защиту теплообменного оборудования и скважины от твердых отложений карбоната кальция можно осуществить путем использования продуктов сгорания попутных горючих газов.

Ключевые слова: геотермальная вода, карбонат кальция, углекислотное равновесие, метан, энергетическое оборудование, солеотложение, geothermal water, calcium carbonate, carbon dioxide balance, methane, power equipment, scaling

ABOUT THE PROBLEMS OF USING THERMOMINERAL WATER WHEN RECYCLING COMBUSTIBLE GASES

Akhmedov¹ G.Ya., Kurbanismailova² A.S.

¹Dagestan State Technical University, ²Institute of Geology/Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences

The article deals with the problems of using thermal mineral waters, in particular, salt deposition on the walls of equipment. The assessment of the feasibility of utilization of associated gases and the possibility of its practical implementation is being carried out. On the basis of the studies carried out, it has been established that a violation of carbon dioxide equilibrium in water leads to the formation of a solid phase of calcium carbonate on the heat exchange surface. In this case, the protection of heat exchange equipment and the well from solid deposits of calcium carbonate can be carried out by using the combustion products of associated combustible gases.

Key words: geothermal water, calcium carbonate, carbon dioxide balance, methane, power equipment, scale deposition, geothermal water, calcium carbonate, carbon dioxide balance, methane, power equipment, scaling

В настоящее время во многих странах, в том числе и в России, активно ведутся работы по изучению и использованию в практических целях источника энергии – глубинного тепла Земли. Во всемирных и международных форумах постоянно обсуждаются проблемы выявления и эксплуатации геотермальных ресурсов. В октябре 2014 г. прошел двухдневный саммит глав стран Евросоюза, в ходе которого была принята стратегия по улучшению климата и энергетики до 2030 года. Где основной задачей являлась реализация рынка с минимальным потреблением не возобновляемой энергии, то есть нефти и газа [1].

К примеру, такие страны как Исландия, Филиппины, Новая Зеландия, Индонезия уже используют геотермальную энергию и вырабатывают от 10 до 30 % электроэнергии и от 30-90 % тепловой энергии. В России на данный момент разведано 64 месторождения геотермальной энергии (таб. 1), 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.

Большой рост энергопотребления за счет геотермальных источников и величина запасов геотермальных вод на территории России позволяют рассчитывать на весомый вклад этих источников энергии в общее производство энергии. Известно, что на Северном Кавказе, на Камчатке, Курилах и в ряде других регионов России имеются широкие возможности получения тепловой энергии от источников геотермальных вод [2].

Таблица 1.

ГеоЭС на территории России.

Субъект РФ	Кол-во месторождений	Температура, °С	Эксплуатационные запасы, тыс. м ³ /сут	Добыча, тыс. м ³ /сут	Объем замещаемого топлива, тунт/год
Республика Дагестан	12	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 Магаданская обл.	3	60 – 87	3,5	н/д	н/д

Однако в использовании геотермальных вод возникает ряд проблем, таких как солеотложение и коррозия оборудования, которые требуют комплексного решения. Если коррозию можно предотвратить подборкой материала, то отложение карбоната кальция происходит практически на любой поверхности. Солеотложение на стенках геотермального оборудования происходит в связи с нарушением парциального давления углекислого газа, что приводит к нарушению карбонатно-кальциевого равновесия [3,4]. В настоящее время для решения этой проблемы в геотермальных системах поддерживают высокое давление, что приводит к уменьшению дебита скважины и увеличению коррозионной агрессивности раствора воды. На рис. 1 показан внешний вид отложения карбоната кальция в геотермальном оборудовании, представляющие собой послойные образования плотностью от $1,8 \cdot 10^3$ кг/м³ до $2,9 \cdot 10^3$ кг/м³. Такие схемы использования геотермального оборудования находятся в Кизляре (скважина 1Т, 3Т, 5Т, 17Т), Каспийске и ряде других мест [5].

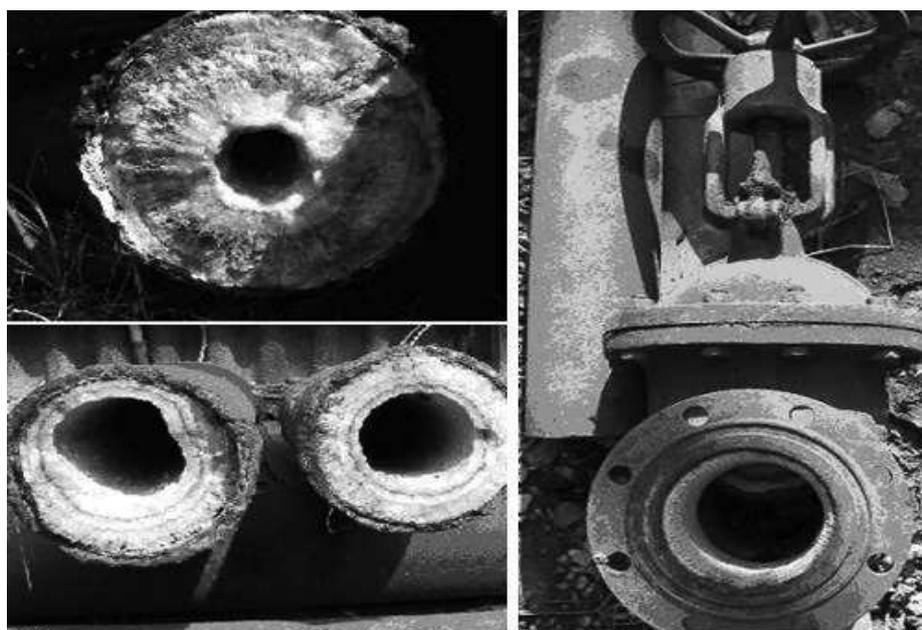


Рис. 1. Отложение карбоната кальция в геотермальном оборудовании

Солеотложение на стенках геотермального оборудования происходит главным образом из-за нарушения равновесного состояния. Стабильность геотермальной воды зависит от ее химического состава, температуры, давления, pH и от соотношения форм угольной кислоты (HCO_3^- , CO_3^{2-} , CO_2) и ионов Ca^{2+} , которое и рассматривается как карбонатно-кальциевое равновесие. В жидкости карбонат кальция находится, как правило, в виде бикарбоната кальция:



Из уравнения (1) следует, что количество ионов HCO_3^- должно находиться в достаточном количестве, для удержания равновесного состояния карбоната кальция в геотермальной воде [6]. Это зависит от корреляции форм угольной кислоты в воде.

Равновесие отдельных параметров угольной кислоты в геотермальной воде определяется уравнением:



Из (2) видно, что для поддержания в геотермальной воде нужного для равновесного состояния количества ионов HCO_3^- в ней необходимо присутствие определенного количества свободной угольной кислоты CO_2 . Недостаточное количество в воде угольной кислоты сдвигает вправо реакцию в уравнении (2), и приводит к образованию ионов CO_3^{2-} . [7]. В итоге эти ионы при взаимодействии с находящимися в воде ионами Ca^{2+} и образуют твердый карбонатно-кальциевый осадок:



Однако избыток угольной кислоты CO_2 способен растворять твердый карбонат кальция, как показано в уравнении:



Таким образом, стабильной геотермальной водой считается, такая вода в которой поддерживается необходимая концентрация CO_2 для определенной температуры воды.

В связи с этим разрабатывается методика использования геотермальных энергетических систем в режиме без солеотложения при утилизации попутных горючих газов. Попутный газ считается побочным продуктом геотермальных систем и обычно сжигается на факелах, что является экологически и экономически нерентабельным.

В тоже время, разнообразие видов геотермальных источников энергии требует соответствующего подхода к их освоению.

Химический состав геотермальных вод Русской и Сибирской платформы представлен, в основном, ионами: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} с преимущественным содержанием ионов Na^+ и Cl^- [8]. Минерализация этих вод составляет от единиц до 400 г/л. Газовый состав, в основном, метаном CH_4 , угольным газом CO_2 , азотом N_2 и сероводородом H_2S . Содержание метана в водах большинства приведенных скважин превышает 70%, в то время как азот и угольный газ, в среднем, составляют от 3 до 7%. При этом содержание других газов в воде большинства скважин не превышает 0,1%. Естественно, что использование этих скважин только в целях добычи горючего газа неэффективно по причине малых концентраций их в воде из-за слабого растворения в ней метана и его гомологов. Однако при добыче геотермальной воды, как носителя тепловой энергии, извлечение сопутствующих горючих газов становится экономически целесообразным даже при малых его концентрациях. Еще во времена СССР на геотермальных скважинах месторождений Предкавказья, первоначально предназначенных для добычи нефти и газа, проводились многочисленные исследования по изучению растворенных в воде газов. Как показали исследования, в составе этих вод преобладает метан (70-90 %).

Затраты на извлечение газов окупаются благодаря несложной технологии, основанной на различии в растворимости метана и угольного газа. Из-за лучшей растворимости угольного газа в воде карбонат кальция находится в растворенном состоянии в виде бикарбоната кальция по реакции



что предотвращает образование твердой фазы карбоната кальция в теплообменном оборудовании [9,10].

В настоящее время эксплуатация метановых вод, в частности, на месторождениях Северного Кавказа осуществляется без использования сопутствующих горючих газов. Горючий газ, в основном, метан сжигается на факеле, создавая как тепловое, так и химическое загрязнение окружающей среды. Содержание метана на скважинах месторождения Махачкала–Тернаир составляет от 70 до 90 %, а на месторождении Кизляр от 40 до 70%. При этом средний дебит скважин с газовым фактором 1 - 2 м³/м³ составляет от 1000 до 2000 м³/сут, что соответствует добыче попутного метана до 1500 м³ за сутки [11].

На рис.2 представлена типовая схема термораспределительных станций (ТРС) на месторождениях Кизляр и Махачкала-Тернаир (на примере ТРС «Черемушки», г. Кизляр).

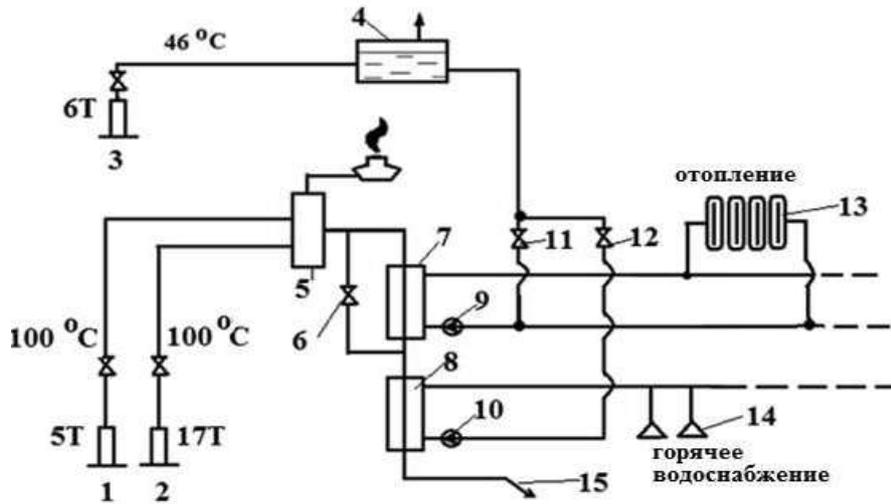


Рис. 2. Эксплуатация геотермальных скважин на месторождении Кизляр (ТРС «Черемушки»)

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 °C не должно опуститься ниже, примерно, 0,4 МПа. В дальнейшем вода, освобожденная от основного количества растворенного метана, подводится к теплообменникам отопления 7 и горячего водоснабжения 8. Во вторичном контуре теплообменников проходит питьевая вода из артезианской скважины №6Т, которая соответствует ГОСТу на питьевую воду (СанПиН 2.1.4.10749-01).

С увеличением теплоснабжения в зимний период приходится увеличивать дебит скважины. При этом давление в устье скважины опускается ниже равновесного значения, что приводит к образованию на внутренней поверхности теплового оборудования твердой фазы карбоната кальция. По этой причине на скважине 3Т (ТРС №2 «Центральная» г. Кизляр) от ее устья до глубины 100-150 метров в скважинной трубе в настоящее время имеются отложения толщиной до 3 см [12].

Проведенные исследования и оценка схем эксплуатации энергетического оборудования при утилизации попутных горючих газов доказывают необходимость учета взаимосвязи общего давления в системе с парциальными давлениями отдельных газов.

На основе проведенных исследований и разработке новых геотермальных энергетических установок предлагается методика их эксплуатации в режиме без карбонатных отложений, путем использования продуктов сгорания попутного газа в отработанной воде.

На рис.3 представлена упрощенная схема эффективного использования геотермальной воды с утилизацией энергии попутных горючих газов. Из скважины 1 геотермальная вода по линии 2 поступает в дегазатор 3, из которого освободившийся газ по линии 4 проходит сушилку 5 и по линии 6 подается в камеру сгорания 7. Линия 14 служит для подачи воздуха в камеру сгорания. Обедненная сопутствующими газами вода подается через насос 20 в теплообменники 12 и 10 и далее к скважине закачки 17.

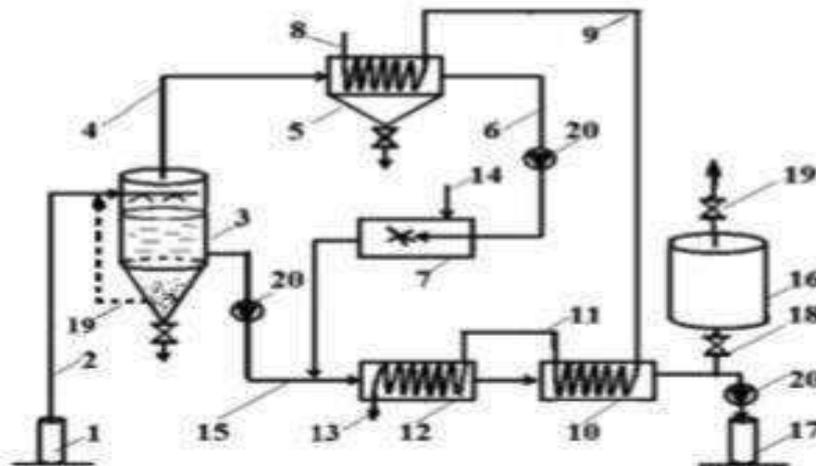


Рис. 3. Упрощенная схема эффективного использования геотермальной воды с утилизацией энергии попутных горючих газов

Для стабилизации воды в дегазаторе 3, в случае нарушения в ней углекислотного равновесия, используется кристаллическая затравка с принудительным возвратом по линии 19 затравочной пульпы [13]. Во вторичном контуре проходит предварительно подогретая в сушилке 5, водопроводная вода.

Одновременно, для увеличения теплового потенциала геотермальной воды в первом контуре теплообменника, из дегазатора 3 в нее подают горячие продукты из камеры сгорания 7. При этом вода в теплообменниках 12 и 10 насыщается углекислым газом, тем самым, предотвращая выделение твердой фазы карбоната кальция в них за счет подкисления воды. В тоже время, подкисление воды защищает скважину от твердых отложений и одновременно растворяет мелкодисперсную взвесь из частиц карбоната кальция, тем самым, предотвращая кольтматацию пласта. Избыток продуктов сгорания (в основном, углекислый газ) подводится в емкость 16 и выводится из нее по мере накопления. К примеру, скважина 27Г (Махачкала – Тернаир), где метан в газовой смеси содержится около 90%, согласно расчетам, в [15, 19] на 1 м³ воды при температуре 100 °С и давлении в устье 0,4 МПа может дать 1,4 м³ метана. При сгорании 1,4 м³ метана выделяется около 50 · 10⁶ Дж теплоты. При подаче этой теплоты сгорания в 1 м³ геотермальной воды температура ее может подняться на 10 °С, что вносит существенный вклад в повышение ее теплового потенциала. Одновременно продукты сгорания предотвращают образование карбонатных отложений в системах теплового оборудования и в самой скважине, как это предлагается также и в работе [14-20].

В настоящее время эксплуатация метановых вод, в частности, на месторождениях Северного Кавказа осуществляется без использования сопутствующих горючих газов. Горючий газ, в основном, метан сжигается на факеле, создавая как тепловое, так и химическое загрязнение окружающей среды. Содержание метана на скважинах месторождения Махачкала–Тернаир составляет от 70 до 90 %, а на месторождении Кизляр от 40 до 70%. При этом средний дебит

скважин с газовым фактором 1 - 2 м³/м³ составляет от 1000 до 2000 м³/сут, что соответствует добыче попутного метана до 1500 м³ за сутки [16-20].

В результате проведенных исследований установлена возможность утилизации попутных горючих газов на геотермальных скважинах, используя различия в растворимости их с растворимостью углекислого газа. Проведенные в работе исследования подтверждают целесообразность утилизации попутных с геотермальной водой горючих газов. Во избежание нарушения углекислотного равновесия в воде, в процессе утилизации газов, необходимо учитывать связь общего давления с парциальным давлением углекислого газа.

Работа выполнена по госзаданию Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310203-3.

Литература

1. Поваров О.А., Томаров Г.В. Развитие геотермальной энергии в России и за рубежом // Теплоэнергетика, №3. 2014. с. 2-10.
2. Акулинчев Б.П., Панченко А.С., Пугачева М.Ф. Водорастворенные газы Предкавказья и проблемы их использования в народном хозяйстве // Ресурсы нетрадиционного газового сырья и проблемы его освоения. Ленинград, 1990 г. С. 138-144.
3. John W. Lund, Tonya L. Boyd. Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review // Geothermics, March 2016.- Volume 60. - Pages 66-93
4. Holm, Alison. Geothermal Energy: International Market Update: Geothermal Energy Association [Электронный ресурс] / Alison Holm, Leslie Blodgett, Dan Jennejohn, Karl Gawell. - May 2010). - pp. 7. - Режим доступа: http://www.geoenergy.org/pdf/reports/gea_international_market_report_final_may_2010.pdf.
5. Курбанов, М.К. Геотермальные и гидротермальные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья / М.К. Курбанов // М.: Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 260 с.
6. Ахмедов Г.Я. Защита геотермальных систем водоподготовки от карбонатных отложений // Энергосбережение и водоподготовка.- 2010.- № 6.- С. 18-21.
7. Геотермальная энергетика [Текст]: справочно-методическое издание / Г.В. Томаров, А.И. Никольский, В.Н. Семенов, А.А. Шибков; под ред. П.П. Безруких. – Москва: Теплоэнергетик, 2015 – 301 с. Сер. 3. Возобновляемая энергетика.
8. Ахмедов Г. Я., Курбанисмаилова А.С. О повышении эффективности использования геотермальных скважин // Вестник научных конференций 2016 №10-3 (14). Перспективы развития науки и образования по материалам международной конференции. 31 октября 2016г. Часть 3. г. Тамбов. С. 23-24.
9. Sanja Mrazovac, Djordje Basic. Methane-rich geothermal waters in the Pannonian Basin of Vojvodina (northern Serbia) // Geothermics, September 2009.- Volume 38.- Issue 3.- Pages 303-312
10. Ganjdanesh, Reza; Hosseini, Seyyed Abolfazl. Potential assessment of methane and heat production from geopressured-geothermal aquifers // Geothermal Energy; Heidelberg 4.1 (Nov 2016): 1-25.
11. Абдуллаев А.Н. Предотвращение образования отложений твердой фазы CaCO₃ в скважине // Ежегодник: Геотермия. М.: Наука, 1991. - С. 81 – 84.
12. Ахмедов Г.Я. Стабилизационная обработка геотермальных вод // Водоснабжение и санитарная техника.- 2010.- № 6.- С. 33-38.
13. Ахмедов Г.Я. К вопросу о влиянии теплопередачи на отложение твердой фазы карбоната кальция на теплообменной поверхности // Энергосбережение и водоподготовка.- 2011.- № 6.- С. 6 – 8.
14. Ахмедов Г. Я. О некоторых методах контроля солеотложения в геотермальной энергетике // Промышленная энергетика. - 2010. - № 6. - С. 58-62.
15. Ахмедов Г.Я. Очистка геотермальных систем отопления и горячего водоснабжения от карбонатных отложений // Водоснабжение и санитарная техника.- 2012.- № 1.- С. 59-63.
16. Ахмедов Г. Я., Курбанисмаилова А.С. Эксплуатация энергетического оборудования при утилизации попутных с геотермальной водой горючих газов // Вестник ДГТУ. Технические науки. Том 44, №3, 2017. С. 48-60.
17. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С. Геотермальная энергетическая установка. Патент на полезную модель RU 196410 U1, 28.02.2020. Заявка № 2018127790 от 27.07.2018.

18. Курбанисмаилова А.С., Ахмедов Г.Я., Эфендиев К.А., Ахмедова Л.М. Совершенствование методов эксплуатации энергетического оборудования при утилизации метана из геотермальных вод. // Мониторинг. Наука и технологии. 2019. № 3 (41). С. 46-50.

19. Курбанисмаилова А.С., Ахмедов Г.Я., Мамаев А.С. О повышении эффективности работы геотермальных систем при утилизации попутных горючих газов //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 1 (76). С. 19-25.

20. Ахмедов Г.Я., Курбанисмаилова А.С., Сулейманов В.К., Мамаев А.С. О результатах переоценки запасов подземных минеральных вод по скважине 9-Т Южноманасского участка минеральных вод // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 2 (77). С. 30-37.

УДК 550.38; 539.434; 539.38

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-114-118

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ НЕРУДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиев А.Б.

Институт геологии ДФИЦ РАН

Отмечается актуальность комплексного освоения ресурсов нерудного минерального сырья с целью их рационального использования в производстве строительных материалов. Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований, по использованию глинистых сланцев, аргиллитовых глин, кремнеземистого сырья для изготовления строительных материалов нового поколения.

Установлено возможность получения: из глинистых сланцев низкообжигового (500-700°C) многофункционального керамического заполнителя и на его основе теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных изделий плотностью 200-600 кг/м³; известково-пуццоланового вяжущего марки 200; портландцемента марки 400-500 и вяжущего низкой водопотребности (ВНВ) марки 400-500. Из аргиллитовых глин по критической технологии получен стеновой материал - строительный кирпич, при этом расход топливно-энергетических ресурсов сокращается в 1,5 раза, увеличивается производительность технологического процесса в 2 раза, себестоимость продукции снижается в 1,5 раза.

Ключевые слова: нерудное сырье, аргиллитовые глины, глинистые сланцы, керамзитовый песок, перлитовый песок, инновационные материалы.

COMPLEX USE OF RESOURCES OF NONMETAL MINERAL RAW MATERIALS IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

Toturbiev B.D., Mamaev S.A., Toturbiev A.B.

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

The relevance of the integrated development of nonmetallic mineral resources for the purpose of their rational use in the production of building materials is noted. The results of theoretical and experimental studies on the use of shale, mudstone clays, siliceous raw materials for the manufacture of new generation building materials are presented.

The possibility of obtaining: from clay shale low-fired (500-700 ° C) multifunctional ceramic aggregate and on its basis heat-insulating and heat-insulating-structural products with a density of 200-600 kg / m³; lime-pozzolanic binder grade 200; Portland cement grade 400-500 and binder of low water demand (VNV) grade 400-500. Wall material - building bricks - was obtained from argillite clays using critical technology, while the consumption of fuel and energy resources is reduced by 1.5 times, the productivity of the technological process is increased by 2 times, the cost of production is reduced by 1.5 times.

Key words: nonmetallic raw materials, argillite clays, clay shale, expanded clay sand, perlite sand, innovative materials.

Российская Федерация располагает значительными объемами разведанных и оцененных запасов полезных ископаемых, пригодных для производства строительных материалов. Их прогнозные ресурсы являются надежным резервом для восполнения перспективных потребностей строительной индустрии. Добыча минерального строительного сырья в России составляет более 80 процентов общего объема добычи нерудных полезных ископаемых [1-4].

Поэтому рациональное использование минерально-сырьевых ресурсов занимают особое место, именно сегодня, когда из-за необратимых изменений в природной среде в процессе техногенного воздействия нарастают экологические проблемы, следовательно, эффективное сбережение природных ресурсов – важнейшая задача жизнедеятельности любого государства [5,6].

Скорейшее их решение в ряде стран, особенно обладающие высоким научно-техническим и промышленным потенциалом, когда в мире нарастает экологическая напряженность,

рассматривается как стратегическое направление рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды [1-4,7-12].

Поэтому большую актуальность приобретают разработка и внедрение инновационных наукоемких, энерго-ресурсосберегающих, экологически чистых высоких технологий производства строительных материалов из минерального сырья [2,3]. В этой связи в Институте Геологии ДНЦ РАН проводятся научные исследования комплексного использования ресурсов нерудного сырья для строительной индустрии, на базе современных наукоемких, энерго-ресурсосберегающих и высоких технологий.

По результатам исследований разработаны инновационные проекты, позволяющие комплексное освоение месторождений нерудного сырья, в том числе вскрышных пород, включая добычу, переработку и производство строительных материалов.

К настоящему времени, результаты проведенных экспериментальных исследований глинистых сланцев показали возможность применения их для изготовления вяжущих веществ, получаемые по энергосберегающей, низкообжиговой технологии. Результаты определения стандартных характеристик, полученных вяжущих приведены в таблице 1.

Таблица 1.

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

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

Из глинистых сланцев разработан также дегидратированный (200°С) и низкообжиговой (500-700°С) многофункциональный керамический наполнитель, который может быть использован: в качестве насыпного теплоизоляционного материала, заменяющего керамзитовый песок; для изготовления теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных изделий плотностью 200-600 кг/м³;

Из-за высокого содержания оксида железа в составе низкообжиговой (500-700°С) многофункционального керамического наполнителя рекомендовано использовать этот материал после соответствующего помола как пигмент для облицовочного материала в виде фактурного кирпича и керамических плиток, декоративных слоев для отделки наружных стеновых панелей и других поверхностей.

На следующем этапе исследований рассматривалось комплексное использование аргиллитовых глин, относящихся к породам юрского возраста с целью получения различных строительных материалов.

Ранее проведенные Институтом геологии ДНЦ РАН исследования [13] показали, что глины этого возраста имеют прибрежно-морское и аллювиально-дельтовое происхождение и характеризуются более или менее постоянным составом.

Исследованные среднеюрские глины содержат однообразную ассоциацию глинистых минералов, которая объясняется устойчивостью типов минералообразования, отложившихся в течение определенного геологического времени на территориях с общей направленностью колебательных движений; более или менее постоянными (для этого времени) источниками питания и относительно одинаковым вещественным составом поступавшего тогда терригенного материала [14].

Проведенные нами комплексные исследования этих глин показали, что глина представлена в основном монтмориллонитами, гидрослюдами и другими минералами, принимающими участие во вспучивании массы оптимальной вязкости. По химическому составу общее содержание оксидов необходимых для производства керамзита в пределах нормы, их характеризуются более или менее постоянством состава.

Исходя из вышеизложенного, нами было сделано предположение возможности получения из аргиллитовых глин керамзитового песка по упрощенной, низкобжиговой технологии.

Известно, что на практике в предприятиях керамзитовый песок получают при обжиге глинистой мелочи во вращающихся и шахтных печах или же дроблением более крупных кусков керамзитового гравия, преимущественно в валковых дробилках. Производство керамзитового песка по обычной технологии во вращающейся печи неэффективно. Некоторая примесь песчаной фракции получается при производстве керамзитового гравия за счет разрушения части гранул в процессе термообработки, однако он сравнительно тяжелый, так как мелкие частицы глинистого сырья практически не вспучиваются (резервы газообразования исчерпываются раньше, чем глина переходит в пиропластическое состояние). Кроме того, в зоне высоких температур мелкие гранулы разогреваются сильнее крупных, при этом, возможно, их оплавление и налипание на зерна гравия. А себестоимость дробленого керамзитового песка высока не только в связи с дополнительными затратами на дробление, но главным образом потому, что выход песка всегда меньше объема дробимого гравия. Коэффициент выхода песка составляет 0,4-0,7 т. е. в среднем из 1 м³ гравия получают только около 0,5 м³ дробленого керамзитового песка. При этом почти вдвое возрастает его насыпная плотность.

Поскольку исследуемые аргиллиты относятся камнеподобному глинистому сырью, однородны по составу, в них нет вредных включений, был применен наиболее упрощенный сухой способ получения керамзитового песка, при котором камнеподобное аргиллитовое глинистое сырье дробят, отсеивают мелочь, слишком крупные куски направляют для повторного дробления, затем обжигают во вращающейся печи.

Зерновой состав полученного керамзитового песка соответствовал фракции 0,16-5 мм со следующими физико-механическими свойствами: средняя насыпная плотность 650 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,13-0,15, прочность при сжатии 33-45 кг/см², водопоглощение до 10-12% [15].

Из аргиллитовых глин по критической технологии получен стеновой материал - строительный кирпич, при этом расход топливно-энергетических ресурсов сокращается в 1,5 раза, увеличивается производительность технологического процесса в 2 раза, себестоимость продукции снижается в 1,5. Данный технический результат достигается тем, что обжиг глинистого сырья осуществляется до формования изделий при довольно низкой температуре 550°С. После чего низкобжиговый глинистый сланец совместно с соответствующим видом вяжущего вещества размалывается в мельнице до удельной поверхности 2500 см²/г. Результаты испытаний образцов разработанного керамического материала после тепловлажностной обработки приведены в табл. 2

Таблица 2.

Физико-технические свойства безобжигового керамического материала

Показатели свойств	Состав							Требования	
	1	2	3	4	5	6	7	ГОСТ 7484-78	ГОСТ 530-95
Водопоглощение, %	16,2	15,3	13,8	12,2	15,4	16,3	-	<14	>8
Усадка, %	7,2	0,45	0,25	0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-	-
Плотность, кг/м ³	1870	1840	1820	1800	1790	1770	1790	1600	1900
Прочность при сжатии, МПа, после ТВО по режиму 2+3+6+2 ч	7,2	13,7	14,5	25,3	26,2	25,6	17,3	>10	>10
Морозостойкость, циклы	13	20	35	36	32	27	24	>23	>15

Другим направлением исследований являются нанодисперсные полисиликатные системы, обладающие уникальными связующими свойствами, обеспечивающие комплексное применение нерудного сырья в композициях с различным целевым назначением.

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждена, возможность получения безобжигового пенодиатомитового теплоизоляционного материала из кремнистых пород с использованием в качестве связующего вещества нанодисперсной композиции [16].

Плотность полученного теплоизоляционного материала полностью регулируется количеством пены (856 – 686 л), введенной в состав диатомитовой нанодисперсной композиции составляет от 300 до 700 кг/м³.

Разработан арболитобетон на основе полисиликатнатриевого композиционного вяжущего из тонкомолотых карбонатных пород удельной поверхностью 2500 см²/г, и дробленой виноградной лозы, который обладает повышенной прочностью и низкой плотностью по сравнению с арболитобетоном надругих видах вяжущих веществ и органических заполнителей растительного происхождения.

Изооптимальных составов арболитобетона можно получать, как теплоизоляционные, так и конструкционно-теплоизоляционные изделия плотностью 350...800 кг/м³ с достаточно высокой прочностью 1,75-6,56 МПа и низкой теплопроводностью 0,075-0,158 в зависимости от плотности изделий.

В состав разработанного арболитобетона при изготовлении не вводятся минерализаторы и ускорители твердения. А также нет необходимости предварительного вымачивание органического заполнителя.

В его структуре преобладает объем закрытых пор, который способствует повышению прочности и улучшению теплотехнических характеристик материала.

На основе гидрофобного перлитового песка с насыпной плотностью 75-150 кг/м³, с использованием в качестве связующего вещества нанодисперсного полисиликата натрия, получаемого путем совместного синтеза кремнезоля и безводного силиката натрия, разработан кремнеземистый ячеистый теплоизоляционный бетон [17].

Таким образом, разработка и внедрение строительных материалов нового поколения по вышеуказанным инновационным технологиям с использованием природного минерального нерудного сырья, становится очевидной необходимой задачей для развития современной экономики в этой области.

Работа выполнена по госзаданиям Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР НИОКТР АААА-А19-119122690018-8.

Литература

1. Борталевич С. И. Управление энергобезопасностью регионов // Россия в XXI веке: Глобальные вызовы и перспективы развития: матер. Третьего Междунар. форума. – Москва: Изд-во ИПР РАН, 2014. С. 599–607.

2. Путин В. В. Минерально-сырьевые ресурсы в стратегии развития российской экономики / НИИ «Природные ресурсы». – 11 с. URL: <http://www.priroda.ru/upload/iblock/77c/file.pdf> (дата обращения: 17.07.2017).
3. Абдуллаев Ш.-С. О., Черкашин В. И., Садыкова А. М. Существенные факторы устойчивого развития экономики субъектов РФ (на примере Республики Дагестан) // Россия в XXI веке: Глобальные вызовы и перспективы развития: матер. Третьего Междунар. форума. – Москва: Изд-во ИПР РАН, 2014. С. 538–543.
4. Арсентьев В. А., Герасимов А. М., Мезенин А. О. Исследование технологии обогащения каолинов с использованием гидротермального модифицирования // Обогащение руд. 2017. № 2. С. 3–9. DOI: 10.17580/or.2017.02.01.
5. Gendler S. G., Kovshov S. V. Estimation and reduction of mining-induced damage of the environment and work area air in mining and processing of mineral stuff for the building industry // Eurasian Mining. 2016. № 1. С. 45–49. DOI: 10.17580/em.2016.01.08.
6. Gildenberg B. A. Technology of extraction of platinum metals from the wastes of fire-clay lining of glass-melting apparatuses // Non-ferrous Metals. 2013. № 2. С. 34–38.
7. Muñoz Velasco P., Morales Ortíz M. P., MendivilGiró M. A., Muñoz Velasco L. Fired clay bricks manufactured by adding wastes as sustainable construction material – A review // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 63. P. 97–107.
8. Lianyang Zhang. Production of bricks from waste materials – A review // Construction and Building Materials. 2013. Vol. 47. P. 643–655.
9. Scholtzová E., Tunega D., Madejová J., Pálková H., Komadel P. Theoretical and experimental study of montmorillonite intercalated with tetramethylammonium cation // Vibrational Spectroscopy. 2013. Vol. 66. P. 123–131.
10. Chmielarz L., Kowalczyk A., Wojciechowska M., Boroń P., Dudek B. et al. Montmorillonite intercalated with SiO₂, SiO₂-Al₂O₃ or SiO₂-TiO₂ pillars by surfactant-directed method as catalytic supports for DeNO_x process // Chemical Papers. 2014. Vol. 68. Iss. 9. P. 1219–1227.
11. Воробьев А. Е., Джимиева Р. Б. Современные методы прогнозирования возможного развития технологий недропользования // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: сб. тр. VII Междунар. конф. – М.: Изд-во РУДН, 2008. С. 85–88.
12. Соколов И. В., Мадаева М. З. Оценка уровня экологической и промышленной безопасности горных ландшафтов Северного Кавказа // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: сб. тр. VII Междунар. конф. – М.: Изд-во РУДН, 2008. С. 276–278.
13. Жгенти Т. Г., Магомедов А. М., Шульгина Т. В. Стадийность и зональность аутигенного минералообразования в юрских и триасовых отложениях Дагестана // Тр. Института геологии ДНЦ РАН. – Махачкала: Изд-во Института геологии ДНЦ РАН, 1989. Вып. 38. С. 81–89.
14. Гаврилов Ю. О. Динамика формирования юрского терригенного комплекса Большого Кавказа: седиментология, геохимия, постдиагенетические преобразования. – М.: ГЕОС, 2005. – 301 с.
15. Тотурбиев Б.Д., Тотурбиев А.Б., Абдуллаев М.Ш., Абдулганиева Т.И. Использование аргиллитовых глин для производства керамзита // Горный журнал: - Москва: 2018, № 3. С. 58–62.
16. Тотурбиев А.Б., Абдуллаев М.А., Черкашин В.И., Тотурбиев Б.Д. Безобжиговый пенодиатомитовый теплоизоляционный материал на местном природном кремнистом сырье. // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №3. С. 76–79.
17. Тотурбиев А. Б., Черкашин В. И., Тотурбиев Б. Д., Тотурбиева У. Д. Перлитовый теплоизоляционный материал на нанодисперсном полисиликатнатриевом вяжущем // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 3. С. 20–24.

УДК 551.4

DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-119-121

ПРИРОДНЫЕ ПАМЯТНИКИ ВЫСОКОГОРНОГО ДАГЕСТАНА

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

Памятники природы - это отдельные объекты или участки территории, которые имеют определенную ценность - историческую, эстетическую, научную или культурную, а также особым образом охраняются. Они относятся к уникальным формам природоохраненных территорий. Такие объекты, как правило, охраняются государством. При этом правовой режим памятников природы в каждой из стран свой, индивидуальный. В целом ценность этих объектов довольно высока и приравнивается по строгости к заповедникам. Большой проблемой в нашей стране является тот факт, что многие природные объекты не внесены в соответствующие списки и не имеют охранного статуса. Более того, многие памятники природы существуют только "на бумаге": никаких реальных мероприятий по их охране не ведется.

Ключевые слова. Памятники природы, Республика Дагестан, высокогорье, орография, Боковой хребет, горные массивы, Водораздельный хребет, рельеф.

NATURAL MONUMENTS OF HIGH MOUNTAINS DAGESTAN

*Mamaev S.A., Yusupov A.R., Mamaev A.S., Yusupov Z.A.
Institute of Geology / Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center,
Russian Academy of Sciences*

Natural monuments are individual objects or areas of the territory that have a certain value - historical, aesthetic, scientific or cultural, and are also protected in a special way. They belong to the unique forms of nature conservation areas. Such objects are usually protected by the state. Moreover, the legal regime of natural monuments in each country is different, individual. In general, the value of these objects is quite high and is equal in severity to reserves. A big problem in our country is the fact that many natural objects are not included in the relevant lists and do not have a protected status. Moreover, many natural monuments exist only "on paper": no real measures are being taken to protect them.

Keywords. Natural monuments, Republic of Dagestan, highlands, orography, Lateral ridge, mountain ranges, Dividing ridge, relief.

Выявление максимально широкого круга природных объектов, которые можно выделить в качестве памятников природы имеет большое значение для природоохранной деятельности в Дагестане, что предусматривает следующее. Разработка стратегии охраны окружающей среды в Республике может предусматривать сохранение уникальных природных объектов региона, что невозможно без выявления этих природных объектов. К настоящему времени в Дагестане выделено порядка 20 природных объектов в качестве памятников природы. Которые размещены крайне неравномерно по территории Республики. В частности для всей высокогорной зоны не выделен ни один памятник природы. Также отсутствуют официально выделенные памятники природы на обширных равнинах вдоль берегов Каспийского моря. Также количество выделенных к настоящему времени памятников природы явно не соответствует природному разнообразию Дагестана. Для сравнения в сопоставимом по разнообразию природных условий Краснодарском крае официально выделенных памятников природы более 400, то есть более чем в 20 раз больше, чем в Дагестане [1].

Перечень уникальных объектов может быть со временем значительно расширен. Необходимо выполнить тщательное документирование и картирование подобных объектов изготовление фотографий, видеофильмов, атласов, описаний маршрутов учебного и туристического характера.

Область Высокогорного Дагестана отличается необычайной красотой природы и своим альпийским рельефом, сложностью орографии, большой высотой хребтов, глубокими

каньонами и долинами рек. Первичный рельеф здесь подчинялся складчатым структурам, от которых унаследовал основные элементы орографии – направление главных хребтов. Дальнейшее расчленение тектонических форм рельефа связано с поздно-четвертичным оледенением и эрозионно-денудационными процессами.

Формы древнеледникового рельефа (троги, кары «бараньи лбы» и другие) сохранились лишь вблизи современных ледников. Современное оледенение развито, главным образом, по отдельным блокам (горным массивам) Бокового хребта (Диклос-Мта, Богосского, Дюльтыдагского и других). Ледники Главного Кавказского хребта приурочены к восточной части – к массивам Базар-Дюзю и Шахдаг.

Высокогорная область Мегантиклинорий Большого Кавказа в пределах Дагестана по своему структурному происхождению и морфологическому очертанию подразделяется на три морфологические единицы: Боковой хребет, Бежтинская депрессия и Главный Кавказский (Водораздельный) хребет.

Боковой хребет состоит из трех блоков (горных массивов), разобщенных долинами рек и расположенных с запада на восток: Западный блок или массив Диклос-Мта (4285 м), Средний или Богосский массив (г. Аддала-Щухгель-меэр – 4151 м) и Восточный блок, который состоит из трех приближенных горных массивов (отмеченных ниже).

Эти горные массивы (блоки) некогда представлявшие единую структуру, позже были разобщены глубокими долинами рек Андийское Койсу, Аварское Койсу, Кара Койсу и Самура. Боковой хребет, представляющий собой горст-антиклинорий, контактирует с Бежтинской депрессией по Тляротинскому разлому земной коры с амплитудой смещения 2000–4000 м, а с севера, с областью Внутреннего сланцевого Дагестана, по сбросам, более мелкими амплитудами.

Все блоки Бокового хребта сложены сильно метаморфизованными сланцами и, реже, кварцевыми песчаниками нижней юры. Эти породы собраны в мелкие складки, осложненные тектоническими нарушениями. Они также рассечены дайками интрузивных пород и кварцевыми жилами, часто хрустальными и нередко с полиметаллическим и редкометаллическим оруденением. Крупные отроги Бокового хребта: снеговой хребет на западе, северное продолжение Нукатльского хребта (в средней части) и хребта Шалик, и Самурский на востоке постепенно понижаются в пределах области сланцевого Дагестана.

Бежтинская депрессия – грабен, клинообразно сжата между Главным Кавказским и Боковым хребтами и представляет собой опущенный срединный участок Кавказского Мегантиклинория. Она простирается с северо-запада на юго-восток на протяжении 110 км, при ширине полосы 2–12 км. Бежтинская депрессия сложена слабо метаморфизованными более молодыми (верхнетюрский и нижнеаленский яруса) породами нижней юры, представленными часто чередующимися слоями песчаников, алевролитов и аргиллитов. Они также собраны в сжатые мелкие складки, которые сильно дислоцированы и рассечены кварцево-карбонатными жилами. Глубокое расположение грабена между высокими хребтами и слабая метаморфизация пород, слагающих его, способствовала эрозионно-ледниковой проработке долин рек. Поэтому в пределах Бежтинской депрессии образованы три глубокие межгорные котловины: Дидойская (по р. Сабукунисхеви), Бежтинская (по р. Хзан-ор) и Нукатльская (по р. Джурмут), которые разобщены между собой отрогами Главного Кавказского и Бокового хребтов.

Главный Кавказский (Водораздельный) хребет представляет собой грандиозную горную цепь. Он протягивается в пределах Дагестана на 300 км, от горы Ницидрис-Цвери на западе до г. Базар-Дюзю на востоке и является естественной границей Дагестана с Грузией и Азербайджаном. Высоты его вершин по направлению к востоку увеличиваются от 2800–3000 до 4485 м (вершина г. Базар-Дюзю). Главный Кавказский хребет, так же, как и Боковой хребет, сложен литологическими однообразными мощными толщами метаморфизованных, почти черных аспидных сланцев среднего и нижнего лейаса (нижней юры). Породы эти собраны в сжатые изоклинальные и веерообразные складки, которые сильно дислоцированы с кливажом с гладкими шелковистыми поверхностями. Складчатость рассечена дайками интрузивных пород и кварцевыми,

кварцево-карбонатными и кварцево-хлоритовыми жилами, нередко являющимися рудоносными. Границами пород, слагающих Главный Кавказский хребет с более молодыми породами склонов, являются тектонические контакты-разломы земной коры. Южной границей ядра мегантиклинория является Главный (Ахтычайский) разлом с амплитудой перемещения 300-800 м и плоскостью падения на северо-восток 80-85°. К зоне этого разлома морфологически приурочен, так называемый Кахетинский диабазовый пояс [2].

Характерной чертой Высокогорного Дагестана является развитие здесь ледниково-эрозионных форм рельефа.

Большинство памятников неживой природы этой области относится к минералого-петрографическим и геоморфологическим типам. Большой интерес представляют также гидроминеральные п.п. (углекислые, сероводородные и термальные воды).

Вышеприведенные краткие позволяют считать, что территория Дагестана имеет сложное геологическое строение, что определяет многообразие и своеобразие тех геологических объектов, которые можно отнести в разряд памятников природы.

Говоря о своеобразии объектов неживой природы Дагестана, следует отметить, что эта страна гор, сложенная почти исключительно осадочными породами разного литологического состава, резко расчленена главными водными артериями (реками) и их притоками на высочайшие хребты, крупные горные массивы, их высокие отроги, глубокие долины, межгорные котловины и каньоны, крупные останцы, выветривания и эрозии – платообразные синклинальные возвышенности и другие красивые виды – элементы рельефа [3].

Они сами по себе представляют крупные, региональные и комплексные памятники неживой природы, хотя они не относятся к памятникам природы, подлежащим охране и контролю.

Не квалифицировать их как памятники неживой природы и не описать их равносильно тому, чтобы не сказать о величии, первозданной красоте неживой природы Дагестана. Эти крупные по масштабам (значительной площади) памятники имеют не только геоморфологическое и эстетическое значение. Они также являются региональными и комплексными, воплощающими в себе многие другие типы памятников неживой природы. Поэтому считаем целесообразным, наряду с охраняемыми и паспортизируемыми памятниками природы, описать их и включить в путеводитель, как учитываемые региональные и комплексные геоморфологические памятники природы [4].

Работа выполнена по госзаданиям Института геологии ДФИЦ РАН № НИОКТР АААА-А17-117021310203-3, НИОКТР АААА-А17-117021310199-9, АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Курбанова Г.М., Гусейнова А.Ш. Природные памятники области внутреннего сланцевого Дагестана. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, вып. № 66. Махачкала 2016. С. 120-124.
2. Гусейханов С.М., Юсупов А.Р., Абдуллаев М.Ш., Черкашин В.И. Геологическое строение юго-восточной части горного Дагестана. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, вып. № 66. Махачкала 2016 С. 34-40
3. Юсупов А.Р., Черкашин В.И. Геолого-географические памятники Дагестана. // Научная конференция «Гидрогеология и некоторые прикладные аспекты геологии Восточного Кавказа», Махачкала. Вып.59, 2013.
4. Юсупов А.Р., Мамаев С.А., Черкашин В.И. Области распространения и типы геологических памятников Дагестана. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, вып. № 63. Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия. Махачкала. 2014. С. 335-340.

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. Геология и ресурсы Кавказа".

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

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

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

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

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

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

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

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

Технические требования

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

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

3. В текстах статей можно размещать рисунки, таблицы, графики и схемы. Эти элементы статьи печатаются на отдельных листах. На рисунках должен быть минимум буквенных и

цифровых обозначений, при масштабировании рисунков эти надписи будут не видны. Название рисунков и информация по ним должны приводиться в подрисуночных подписях.

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

Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

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

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

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

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

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

Рукописи, оформленные с нарушением правил, возвращаются без рассмотрения.

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

ISSN: 2541-9684

Научное издание

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

Ежеквартальный научный журнал
Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН
Выпуск № 1 (80) 2020

Издаются по решению ученого совета ИГ ДНЦ РАН

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

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

Подписано в печать 10.04.2020 г. Формат 60x84¹/₈.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать ризографная.
Усл. п. л. 14,5. Уч.- изд. л. 8,2. Тираж 200 экз. Заказ №20-09-303.



Отпечатано в типографии АЛЕФ
367002, РД, г. Махачкала, ул. С.Стальского 50, 3 этаж
Тел.: +7 (8722) 935-690, 599-690, +7 (988) 2000-164
www.alefgraf.ru, e-mail: alefgraf@mail.ru