

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ГЕОТЕРМИИ

УДК 556.3.0, 631.416, 552.1:537

№ госрегистрации

01201056249

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Врио. Директора Института
д-р. техн. наук

_____ Д. К. Джаватов
«_____» _____ 2018г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕЗИСА И ПРОГНОЗ ГЕОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
(промежуточный)

Руководитель темы
зав. лаб. ГЭР, д.г.-м.н.

_____ О. А. Маммаев
подпись, дата

Махачкала 2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,
д-р геол.-мин. наук

(подпись, дата)

О. А. Маммаев
(введение, раздел 3)

Исполнители темы

(подпись, дата)

Ш. А. Магомедов
(раздел 1)

(подпись, дата)

А. А. Гусейнов
(раздел 2)

ОТЧЕТ

о ходе выполнения плана научно-исследовательской работы
«Исследование генезиса и прогноз геоэнергетических ресурсов осадочной
толщи на основе комплекса геофизических и изотопно-геохимических
методов».

1. Срок начала и окончания научно-исследовательской работы – 2018г.
2. Выполненные этапы.
Выполнен первый этап работы
3. Основные результаты, полученные в ходе выполнения проекта.

Реферат

Отчет 32 страницы, 3 таблицы, 8 рис., 3 формулы, 20 источников.

Исследование генезиса и прогноз геознергетических ресурсов осадочной толщи на основе комплекса геофизических и изотопно-геохимических методов.

Объектами исследований являются пластовые флюиды и горные породы осадочной толщи геотермальных месторождений Дагестана и Восточного Предкавказья.

Проведены исследования изотопного состава геотермальных вод (δD , $\delta^{18}O$) различных водоносных комплексов и метана попутных газов ($\delta^{13}C$) геотермальных месторождений.

Исследованы температурные зависимости электропроводности минералов и горных пород в пределах температур до $1000^{\circ}C$.

Проведена оценка геотермальных ресурсов чокрак-тарханских отложений Каякентского месторождения по анализу геотермических и геологоструктурных материалов.

Содержание

Термины и определения	6
Список сокращений	7
Введение	8
Раздел 1. Исследование геотермальных систем по данным естественных изотопных вариаций легких элементов (Н, О, С) с целью комплексного изучения геотермальных месторождений.	9
Раздел 2. Исследование температурной зависимости электропроводности в минералах и горных породах.	15
Раздел 3. Оценка геотермальных ресурсов и прогнозирование температур осадочной толщи.	21
Заключение	29
Публикации по теме.	30

Термины и определения

Геотермальные ресурсы	Тепловая энергия, аккумулированная в гидротермальных и петротермальных ресурсах.
Геотермальная аномалия	Территория с повышенным тепловым потоком по отношению к фоновому по региону.

Список сокращений

ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
Скв.	Скважина
НИР	Научная исследовательская работа
ТП	Тепловой поток

Введение

Геотермальные ресурсы земной коры являются одним из видов возобновляемых источников энергии (ВИЭ). На фоне истощения традиционных углеводородных источников энергии поиск и изучение возобновляемых источников энергии как альтернативных источников является актуальным с научной и практической стороны.

В связи с этим их всестороннее исследование, прогнозирование и оценка ресурсов современными геофизическими и изотопно-геохимическими методами является чрезвычайно важным.

Проведены исследования изотопных соотношений (H, O, C) пластовых флюидов геотермальных месторождений Дагестана и Восточного Предкавказья.

Были проведены исследования электропроводности минералов и горных пород в условиях температурного воздействия применительно к формированию петротермальных и гидротермальных ресурсов.

Проведена оценка геотермальных ресурсов чокрак-тарханских отложений Каякентского месторождения по анализу геотермических и геологоструктурных материалов.

Раздел 1. Исследование формирования геотермальных ресурсов по данным естественных изотопных вариаций легких элементов (Н, О, С) с целью комплексного изучения их освоения (ответственный исполнитель в.н.с., Магомедов Ш.А.).

Проведены экспериментальные исследования изотопного состава Н и О различных типов вод, в том числе и вод геотермальных месторождений Восточного Предкавказья. Обобщая литературные и собственные экспериментальные данные установлено существование изотопно-геохимической зональности Н и О вод геотермальных месторождений: с увеличением глубины и возраста отложений месторождения растет обогащение воды тяжелыми изотопами D и ^{18}O . Для оценки формирования и генезиса геотермальных вод в настоящее время широко используются изотопные методы и, в частности, определение содержания изотопов водорода и кислорода.

Обобщая экспериментальные данные различных геотермальных месторождений можно построить график зависимости δD и $\delta^{18}\text{O}$ для вод различных генетических типов. Обобщенный график для вод различных геологических периодов приведен на рис.1. По изотопному составу воды неисследованного геологического месторождения по графику на рис.1 можно получить много полезной информации о геотермальном источнике: определить глубину залегания и возраст пласта, установить генетический тип воды и оценить возобновляемость её запасов, выявить область питания подземного горизонта, определить температуру флюидов в глубинных резервуарах и т. д.

В последние годы в глубоких горизонтах седиментационных бассейнов обнаружено широкое развитие опресненных вод. Суждения 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. 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.

Поверхностные и грунтовые воды горно-складчатых районов сильно обогатены 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 $\delta D = -98,5\text{‰}$, $\delta^{18}O = -9,6\text{‰}$, р.Терек $\delta D = -83,2\text{‰}$, $\delta^{18}O = -8,71\text{‰}$, р.Самур $\delta D = -92,0\text{‰}$, $\delta^{18}O = -8,82\text{‰}$).

Усредненные значения экспериментальных данных вариаций изотопных составов водорода и кислорода геотермальных вод для отложений различных геологических периодов приведены в таблице 1.

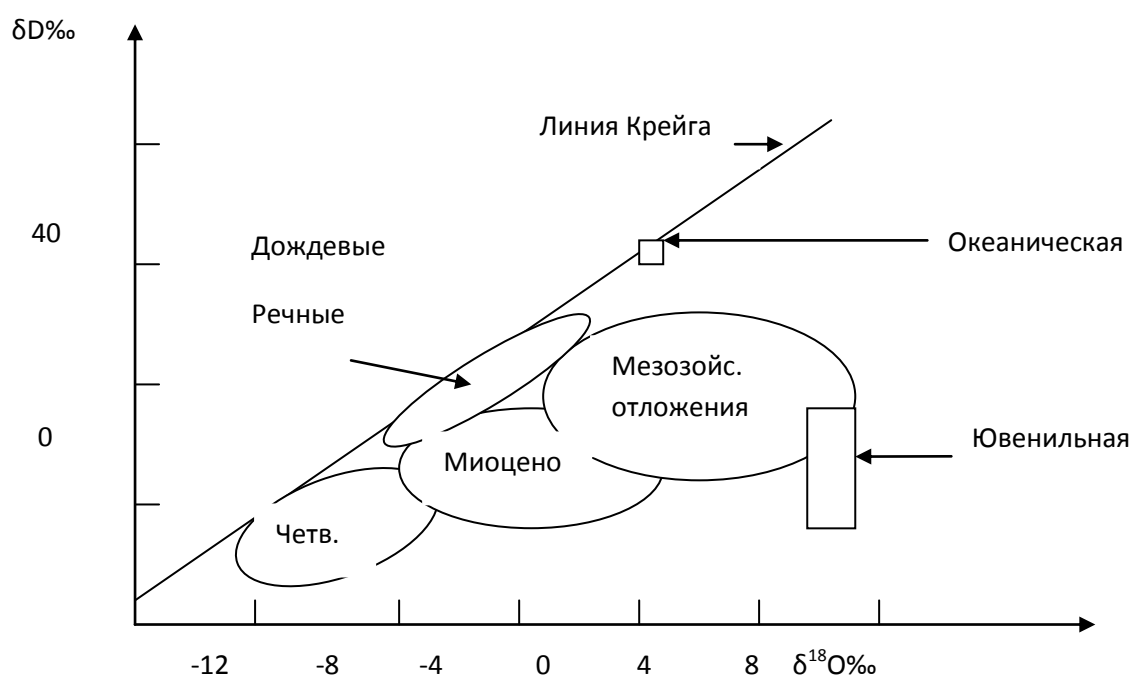


Рис.1. Вариация изотопного состава вод различных геологических периодов

Таблица 1.

Периоды геологические		$\delta D, \text{‰ (SMOW)}$	$\delta^{18}O, \text{‰ (SMOW)}$
Плиоцен-четвертичные отложения.		$-104 \pm 7,6$	$-10,9 \pm 1,25$
Миоценовые отложения		$-85,1 \pm 2,4$	$-5,73 \pm 0,95$
Мезозойские	Мел	$-48,8 \pm 2,1$	$+5,75 \pm 0,35$
	Юра	$-45,4 \pm 3,5$	$+6,85 \pm 0,75$

отложения	триас	-44,2±3,2	+6,82±1,45
-----------	-------	-----------	------------

К плиоцен-четвертичным отложениям приурочены холодные и слаботермальные (до 55-60°C) пресные подземные воды, которые по своему химическому составу являются типичными инфильтрационными водами и характеризуются сильно облегченным изотопным составом, как по водороду, так и по кислороду.

Воды миоценового комплекса слабоминерализованные (от 3-10 до 30 г/л) термальные воды с температурой 65-120°C. Химический и изотопный состав этих вод свидетельствует об их смешанном генезисе, наряду с седиментационными, в их составе большая доля инфильтрационных вод.

Геотермальные бассейны мезозойских отложений генетически представляют собой захороненные морские седиментационные воды с примесью древней инфильтрационной воды (до 20-30%) и воды, выделяемой при дегидратации глинистых минералов при высоких РТ условиях. В Терско-Кумском бассейне воды мезозойского комплекса по изотопному составу водорода и кислорода сильно не отличаются. Так, в водах меловых отложений $\delta^{18}\text{O}$ составляет $+(5,75\pm 0,35)$, юрских- $+(6,85\pm 0,75)$, триасовых- $+(6,82\pm 1,45)\%$, а изотопный состав водорода в этих водах характеризуется довольно узким интервалом значений $\delta\text{D}=-(-44,27\div 48,61)\%$.

По изотопному составу воды неисследованного геологического месторождения по графику на рис.1 можно получить много полезной информации о геотермальном источнике: определить глубину залегания и возраст пласта, установить генетический тип воды и оценить возобновляемость её запасов, выявить область питания подземного горизонта, определить температуру флюидов в глубинных резервуарах и т.д.

Основные выводы по исследованию изотопного состава воды.

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 ($\delta^{18}\text{O}$) вправо- в сторону утяжеления; $\delta^{18}\text{O}$ 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 $\delta^{18}\text{O}$ по сравнению с водами терригенных коллекторов.

3. Подземные воды, зоны активного водообмена плиоцен-четвертичных отложений, по значениям δD и $\delta^{18}\text{O}$ полностью соответствуют питанию атмосферными и поверхностными источниками. В мировой практике, при разведке и прогнозировании нефтегазовых месторождений, широко используются изотопные данные углерода метана для получения первоначальных сведений о месторождении. В природе, в результате различных геофизических и геохимических процессов, происходит естественное перераспределение стабильных изотопов углерода, которое может достигнуть в метане до 10%.

В осадочных карбонатных породах содержится около 70% общего количества углерода земной коры. Остальные 27% углерода находятся в основном в форме горючих ископаемых и рассеянного атмосферного углерода в осадочных породах. В атмосфере, гидросфере и биосфере содержатся менее 0,2% общего количества углерода коры. Значения $\delta^{13}\text{C}$ углерода карбонатных пород близки к 0‰, а биогенного углерода -25‰. Используя эти значения, определили, что среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ для углерода земной коры составляет -7,0‰. Мантийный углерод тоже должен иметь такой же изотопный состав.

Углерод имеет два стабильных изотопа: $^{12}\text{C} = 98,89\%$ и $^{13}\text{C} = 1,11\%$. Изотопы углерода фракционируют в различных природных процессах, включая фотосинтез и реакции изотопного обмена между соединениями углерода. Фотосинтез приводит к обогащению синтезированных органических соединений ^{12}C . С другой стороны, реакции изотопного обмена между газообразной CO_2 и водорастворенными карбонатами вызывают

обогащение карбонатов ^{13}C . В результате этого распространенность изотопа ^{13}C в углеводе на поверхности Земли варьирует в пределах 10% .

Известно, что фракционирование изотопов углерода в основном происходит в процессе возникновения и созревания органического вещества (ОВ). Процесс созревания керогена сопровождается систематическими изменениями химических и оптических свойств ОВ. Коэффициент отражения витринита R_0 варьирует от $R_0 = 0,3\%$ в незрелом ОВ до $R_0 \geq 3\%$ в перезрелом керогене, что видно по рис. 2.

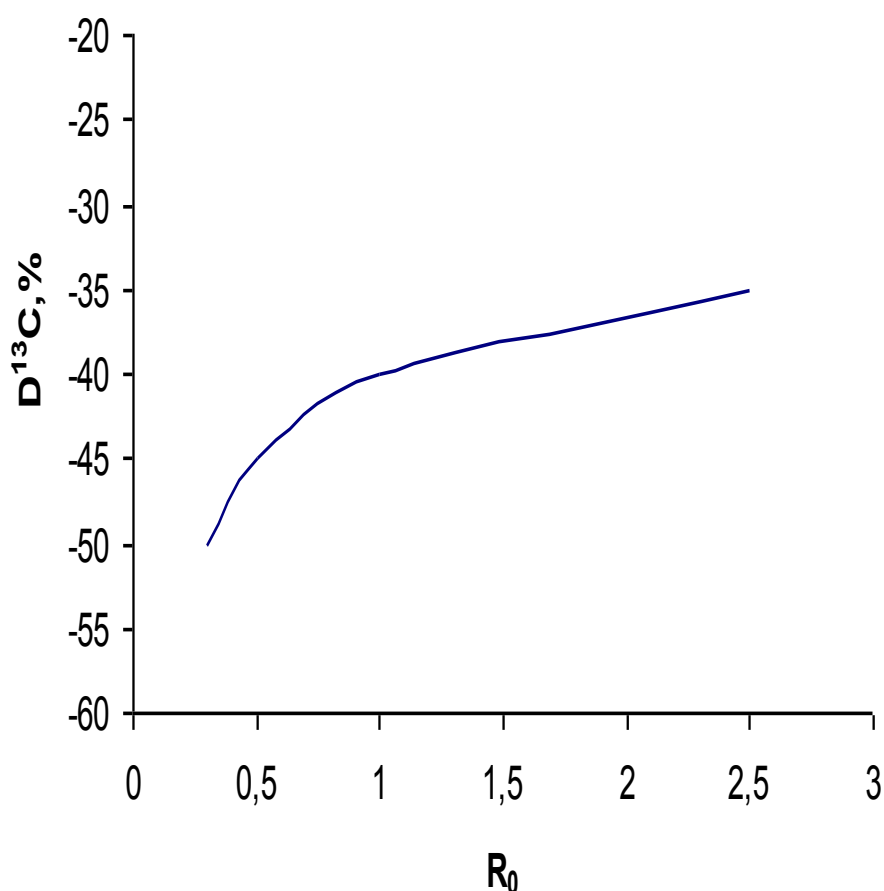


Рис 2. Зависимость изотопного состава углерода метана сапропелового ОВ от коэффициента отражения витринита.

Изотопные отношения углерода в метане варьируют в диапазоне 80‰, и их величина определяется следующими моментами: 1) механизмом возникновения (биогенное или термокаталитическое); 2) общим типом исходного органического вещества (морское или сапропеловое),

подвергающегося термальным изменениям: 3) степенью зрелости исходного органического вещества.

Для большинства сырых нефтей характерен диапазон значений $\delta^{13}\text{C}$ от -34 до -18‰. Поскольку существует определенная связь изотопного состава углерода в нефти и керогене, то это позволяет различить нефти морского и неморского генезиса. Изотопный состав углерода метана, источником которого были преимущественно породы морского генезиса, характеризуется аналогичной связью со степенью зрелости. Метан морских осадков, однако, обогащен изотопом ^{12}C по сравнению с «сухопутным» метаном. Изменения изотопного состава углерода метана различных генетических типов показаны на рис. 3. Термокаталитические газы морских отложений характеризуются примерным диапазоном значений $\delta^{13}\text{C}$ от -50‰ (низкая степень зрелости) до -30‰ (перезрелые исходные породы). Считается, что значительное обеднение газов изотопом ^{13}C типично для формирования бактериальных газов ($\delta^{13}\text{C}$ варьирует от -55 до -100‰).

Исследованные нами изотопные вариации углерода метана $\delta^{13}\text{C}$ газов термальных вод нефтегазовых месторождений Прикумской зоны Восточного Предкавказья показали, что газы плиоцен–миоценовых отложений характеризуются облегченным изотопным составом углерода ($\delta^{13}\text{C} = -61 \div -90\text{‰}$), т. е. биогенного генезиса, а углерод метана мезозойских отложений характеризуется относительно тяжелым изотопным составом ($\delta^{13}\text{C} = -20 \div -47\text{‰}$), что соответствует газам глубинного термокаталитического преобразования ОВ. Использование изотопов углерода при поисках нефти приобретает все большее значение как ценный метод, который может эффективно содействовать разведке углеводородов.

Резюмируя изложенное можно сделать следующие краткие выводы:

1. В природе, в результате различных геофизических и геохимических процессов, происходит естественное перераспределение стабильных изотопов углерода, которое может достигнуть в метане до 10%.
2. Высококочувствительная экспериментальная методика позволяет с большой точностью определить эти изотопные вариации углерода в метане в газах из различных генетических месторождений.
3. Установлено, что метан плиоцен – миоценовых отложений генетически биогенного происхождения и характеризуется сильно облегченным

изотопным составом углерода ($\delta^{13}\text{C} = -50 \div -100\text{‰}$), а метан мезозойских отложений – зоны термального метаморфизма характеризуется менее легким изотопным составом ($\delta^{13}\text{C} = -20 \div -40\text{‰}$).

4. Изотопный состав углерода метана зависит от генезиса исходного органического вещества, от степени зрелости, от глубины залегания ОВ, от типа процесса разложения ОВ (биохимическое или термокаталитическое) и т. д.

5. В мировой практике, при разведке и прогнозировании нефтегазовых месторождений, широко используются изотопные данные метана для получения первоначальных сведений о месторождении.

6. По нашим экспериментальным результатам изотопного состава углерода метана нефтегазовых месторождений Восточного Предкавказья можно твердо утверждать, что исходное ОВ этого региона в основном морского происхождения.

Раздел 2. Исследование температурной зависимости электропроводности в минералах и горных породах (ответственный исполнитель г.н.с. Гусейнов А. А.).

Согласно плану НИР лаборатории ГЭР в текущем году были продолжены исследования электропроводности минералов и горных пород в условиях температурного воздействия.

Решение фундаментальных проблем и задач прикладного характера при изучении состояния земных недр и происходящих там процессов требует всестороннего изучения физических свойств геоматериалов. В этом плане исследование электрических свойств минералов и горных пород является одной из важнейших задач, так как высокая чувствительность электропроводности этих материалов к температуре, вещественному составу, к физико-химическим и фазовым превращениям обуславливают широкое применение результатов этих исследований в геотермии, геофизике, геологии, сейсмологии, геохимии, горном деле и т.д. Это даёт принципиальную возможность оценивать абсолютные температуры во всем разрезе геосфер, а также делать некоторые принципиальные выводы о физико-химической природе протекающих там процессов исходя из данных об изменении удельной проводимости и руководствуясь некоторой петрологической моделью.

1. При исследовании геоэлектрических свойств монтмориллонита нами было установлено достаточно корректное соответствие энергии активации ионной проводимости в температурной области, где протекают эндотермические процессы дегидратации молекул воды, находящихся в межслоевом пространстве, с энергетическими характеристиками дегидратации, полученными при термическом исследовании этих минералов [1].

Монтмориллонит широко представлен в осадочных породах, встречается в морских осадках и в глинах различного происхождения, разнообразие условий существования делает его чутким индикатором разнообразных геологических, физических и химических процессов, имеющих место в экосфере Земли [2]. Монтмориллонит способен за счет активного межслоевого пространства поглощать ионы тяжелых металлов, что делает его перспективным материалом для использования в технологиях захоронения радиоактивных отходов [3]. Существует принципиальная возможность создания на основе монтмориллонита материала с суперионной проводимостью [4], а при гипергенных процессах в земной коре монтмориллонит является источником происхождения возрожденной воды [5].

Глинистый минерал монтмориллонит относится к слоистым силикатам, содержащим в своей структуре гидроксильную группу, широко распространен в осадочных породах как аутигенный и терригенный минерал. Исследованные нами монтмориллониты представлены образцами из различных месторождений осадочных пород Дагестана.

При исследовании температурной зависимости удельной электропроводности σ образцов монтмориллонитов в интервале 100-1000 °С был установлен экспоненциальный характер зависимости σ от абсолютной температуры T , математическое выражение которого имеет вид:

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-E_0 / kT) \quad (1)$$

где σ_0 – предэкспоненциальный множитель, E_0 – энергия активации электропроводности, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. Графически температурную зависимость электропроводности изображают в виде прямых $\lg \sigma = f(1/T)$, в этой системе координат энергия активации прямой E_0 пропорциональна углу наклона прямой.

Согласно результатам исследования, наблюдается спектр значений энергии активации E_0 , обусловленный нахождением межслоевой воды в решетке минерала в различных энергетических состояниях, которые отображаются на графиках проводимости в виде изломов в среднем при 200 °С. В интервале ниже этой температуры проводимость одного рассматриваемого образца минерала сопряжена с дегидратацией межслоевой воды из первого энергетического состояния с существованием $E_1 = 0.24$ эВ, а выше – из второго энергетического состояния с $E_2 = 0.50$ эВ.

Указанные значения энергии активации электропроводности в других исследованных образцах монтмориллонита варьируют в некоторых пределах, что обусловлено индивидуальными особенностями кристаллохимических характеристик образцов минералов. По этой же причине также наблюдается отличие и в значениях температуры излома на графиках электропроводности, при переходе между значениями энергии активации для разных энергетических состояниях межслоевой воды в минерале.

Так как происходящие термические процессы являются одним из определяющих факторов формирования механизма электропроводности, когда в результате термического воздействия вследствие подвижности молекул воды может происходить изменение межслоевого пространства и существенное изменение энергетического состояния кристаллической решётки минерала, была проанализирована взаимосвязь между значениями энергии активации электропроводности E_1 на первом участке, связанном с выходом воды из первого энергетического состояния и соответственно температуры первого излома на графиках проводимости, с содержанием в образцах монтмориллонитов одних из главных компонентов, определяющих свойства минерала, а именно Fe^{3+} и Mg^{2+} .

В результате установлено, что наблюдается закономерное уменьшение E_1 при возрастании содержания Fe_2O_3 с достаточно высоким коэффициентом корреляции. Такая закономерность нами объясняется с позиций кристаллохимических особенностей монтмориллонита, так как в его кристаллической решетке возможны изоморфные обмены катионами, когда в тетраэдрических позициях происходит замещение Si^{4+} на Fe^{3+} . Так как ионный радиус Fe^{3+} превышает радиус Si^{4+} , то это сопровождается расширением структуры минерала, приводящее к уменьшению значения энергии активации E_1 (рис.3).

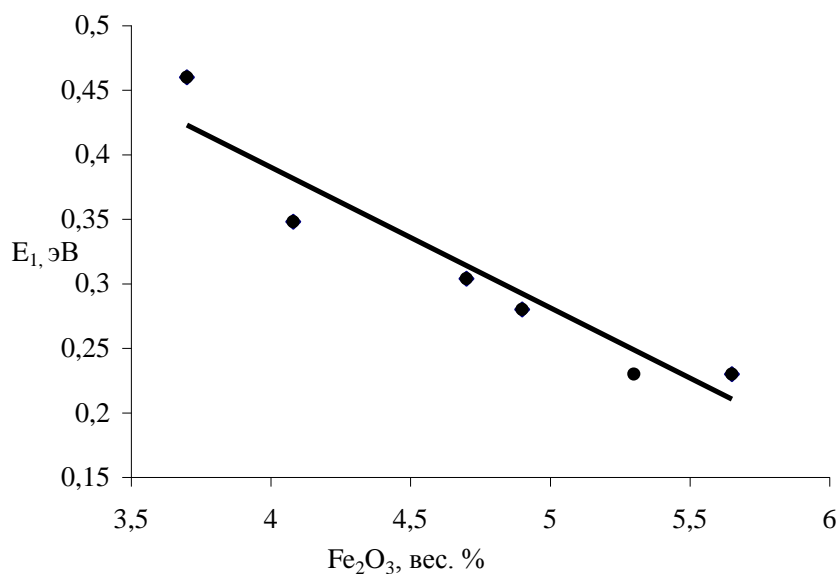


Рис. 3. Зависимость энергии активации E_1 электропроводности в области дегидратации в монтмориллонитах от содержания Fe_2O_3

Анализ влияния содержания катионов Mg^{2+} показывает полную противоположность по сравнению с Fe^{3+} , о чем свидетельствует график, представленный на рис.4. В данном случае возможность нахождения Mg^{2+} в межслоевом пространстве, наряду с Na^+ и Ca^{2+} , определяет наблюдаемую закономерность, так его значительно меньший ионный радиус обуславливает сжатие межслоевого пространства, и соответственно, повышение энергии активации.

Рассматриваемая температура перехода между двумя энергетическими состояниями межслоевой воды в исследованных монтмориллонитах занимает интервал 190-240 °С. Нами установлено, что эта вариация температуры находится в зависимости от химического состава монтмориллонита, в частности установлено влияние катионов Mg^{2+} . На рис. 4 представлена такая зависимость указанной температуры t_1 от содержания MgO в исследованных образцах монтмориллонита, где прослеживается достаточно четкое возрастание температуры рассматриваемого перехода при уменьшении содержания ионов магния в минерале.

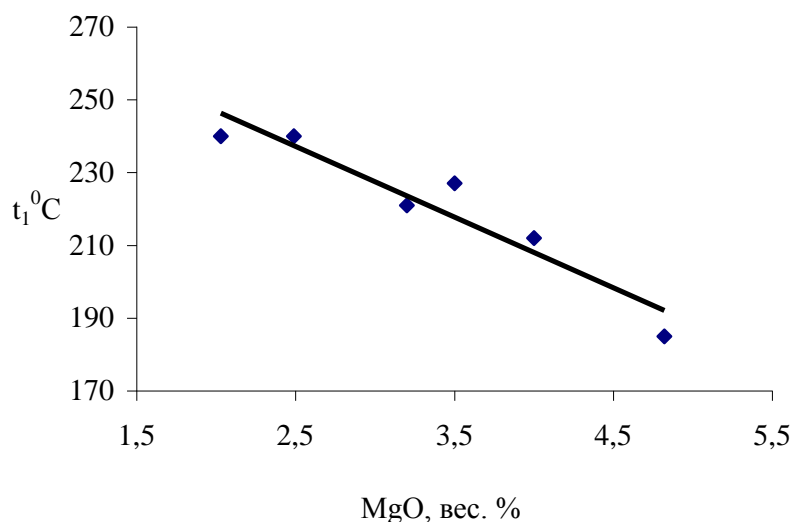


Рис. 4. Зависимость граничной температуры между двумя энергетическими состояниями области дегидратации на графиках температурной зависимости электропроводности в монтмориллонитах от содержания MgO.

Учитывая, что в основе исследуемой нами ионной проводимости и диффузии в кристаллах лежат одни и те же элементарные процессы, проведенный выше анализ по кинетическим параметрам в монтмориллонитах представляет интерес для проблемы утилизации радиоактивных и других токсических отходов и их захоронения в отработанных шахтах, карьерах и т.д., где изолирующей средой обычно являются глины.

2. Изучение зависимости между свойством вещества и его составом является фундаментальной проблемой науки. Подобные исследования для минерального вещества Земли представляют одну из важнейших задач петрофизики.

Для выяснения физической природы закономерностей изменения электрических свойств горных пород при высоких термодинамических параметрах необходимы данные о зависимости электропроводности породообразующих минералов от их кристаллохимических особенностей. Ранее нами были исследованы особенности зависимости электропроводности слюдястых минералов от содержания главных петрогенных элементов октаэдрического и тетраэдрического слоёв, а роль межслоевых катионов в формировании электрических параметров этих минералов была изучена недостаточно, поэтому этот вопрос был проанализирован в рамках геоэлектрических свойств геоматериалов.

Результаты исследования показали, что наблюдается стимулирующая электропроводность в биотитах роль катионов Na^+ в широком интервале температур, характерных для всего разреза земной коры. Влияние щелочных катионов Na^+ на повышение электропроводности объясняется их относительно небольшим ионным радиусом и высокой поляризуемостью при небольшом заряде.

Характерной чертой взаимосвязи между содержанием натрия и электропроводностью во флогопитах и мусковитах, является некоторое снижение величины электропроводности при возрастании содержания Na_2O . Этот результат находит свое объяснение в особенностях строения минералов. Как известно, Na^+ изоморфно замещает K^+ в межслоевом пространстве в слюдах. Так как ионный радиус у натрия меньше, чем у калия, происходит сжатие структуры минерала в локальных областях распространения Na^+ . Это сжатие приводит к повышению энергии кристаллической решетки кристалла, поэтому с увеличением содержания натрия мы наблюдаем некоторое снижение электропроводности флогопитов и мусковитов.

В случае биотитов действие этого механизма нивелируется наличием в его структуре крупных ионов железа которые расширяют кристаллическую структуру минерала, компенсируя влияния ионов натрия.

Предложенная интерпретация механизма влияния катионов Na^+ на проводимость слюдястых минералов представляет интерес в плане развития методов оценки физико-химических условий образования минералов, отражающих изменения их структурных особенностей и может служить индикатором условий, при которых происходил процесс изоморфного замещения калия натрием.

Цитированная литература

1. Guseinov A. A. // *Izvestiya, Physics of the Solid*. 2017. Vol. 53. No. 6, pp. 845–854.
2. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Глинистые минералы: смектиты, смешанослойные образования. М.: Наука. 1990. 214 с.
3. Takahashi Y., Imai H. // *Soil Sci. and Plant Nutr.* 1983. V. 29. № 2. P. 111-122.
4. Бутман М.Ф., Овчинников Н.Л., Нуралыев Б., Арбузников В.В. // *Письма о материалах*. 2013. Выпуск 3. С. 176-179.

5. Карцев А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра. 1972. 280 с.

Раздел 3. Оценка геотермальных ресурсов и прогнозирование температур осадочной толщи (ответственный исполнитель зав. лабораторией Маммаев О.А.).

В рамках раздела плановой темы нами проведена оценка геотермальных ресурсов чокрак-тарханских отложений Каякентского месторождения по анализу геотермических и геологоструктурных материалов.

Традиционные источники энергии – горючие ископаемые (нефть и газ) в последнее время, связанные с интенсивной их добычей, истощаются, поскольку скорость восполнения их запасов «отстает» от скорости их извлечения в процессе разработки

Современная энергетика в основном базируется на невозобновляемых источниках энергии, которые, имея ограниченные запасы, являются исчерпаемыми и не могут гарантировать устойчивое развитие мировой энергетики на длительную перспективу, а их использование – один из главных факторов, приводящий к глобальному ухудшению состояния окружающей среды и ее кризисному положению.

В нашей республике эти вопросы приобретают особую актуальность, т.к. все месторождения углеводородов находятся на завершающей стадии разработки.

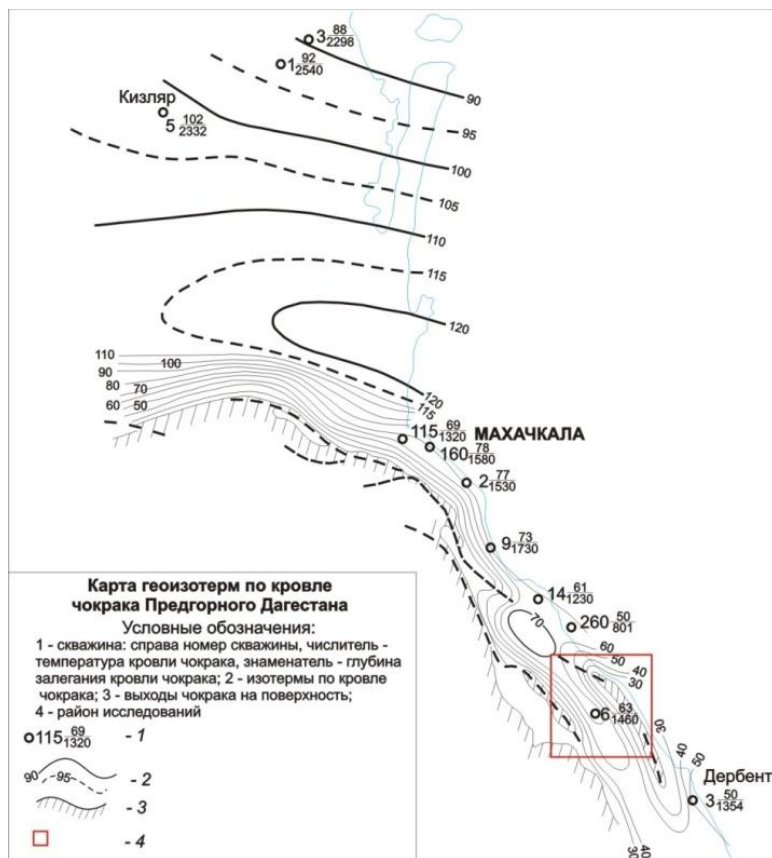
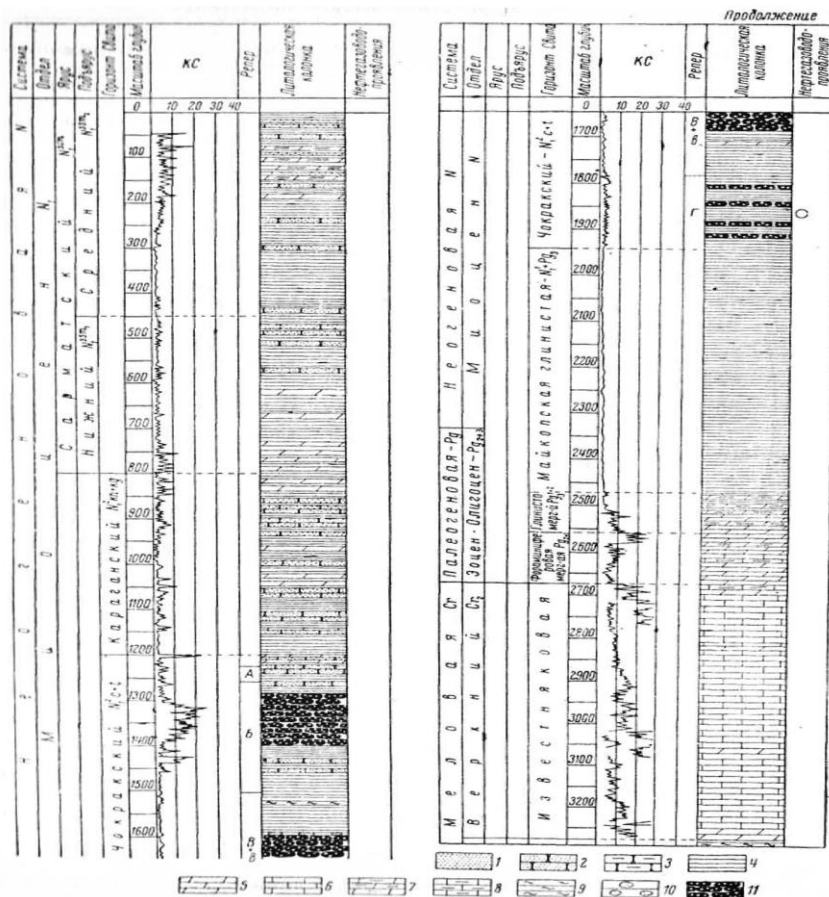


Рис.5. Обзорная карта геоизотерм по кровле чокрачных отложений Горного Дагестана

В Дагестане, в связи с существованием районов с геотермальными аномалиями, одной из первых в СССР начали использование глубинного тепла Земли в различных отраслях народного хозяйства[1].

Каякентское месторождение термальных вод расположено сел. Новокаякент Каякентского района Республики Дагестан (Рис.5).

В литературе достаточно подробно освещены геологическое строение и литолого-стратиграфическая характеристика исследуемого месторождения, с вязи с чем они нами приводится в виде сводной геологической колонки [2] (Рис.6.)



1– песок; 2 –песчаник; 3 – песчаник глинистый; 4– глины; 5– мергель; 6 – известняки; 7 – мергель глинистый; 8 – известняк глинистый; 9 – алевролиты; 10 – песчаные линзы; 11 – нефтеносный песчаник.

Рис.6. Сводный геологический разрез Каякентского месторождения

Вструктурном отношении, Каякентская складка представляет собой коробчатую брахиантиклиналь, вытянутую с с-з на ю-в протяженностью около 12 км. Ширина складки в контуре верхнесарматских известняков достигает 8км [2] (Рис.7-8).

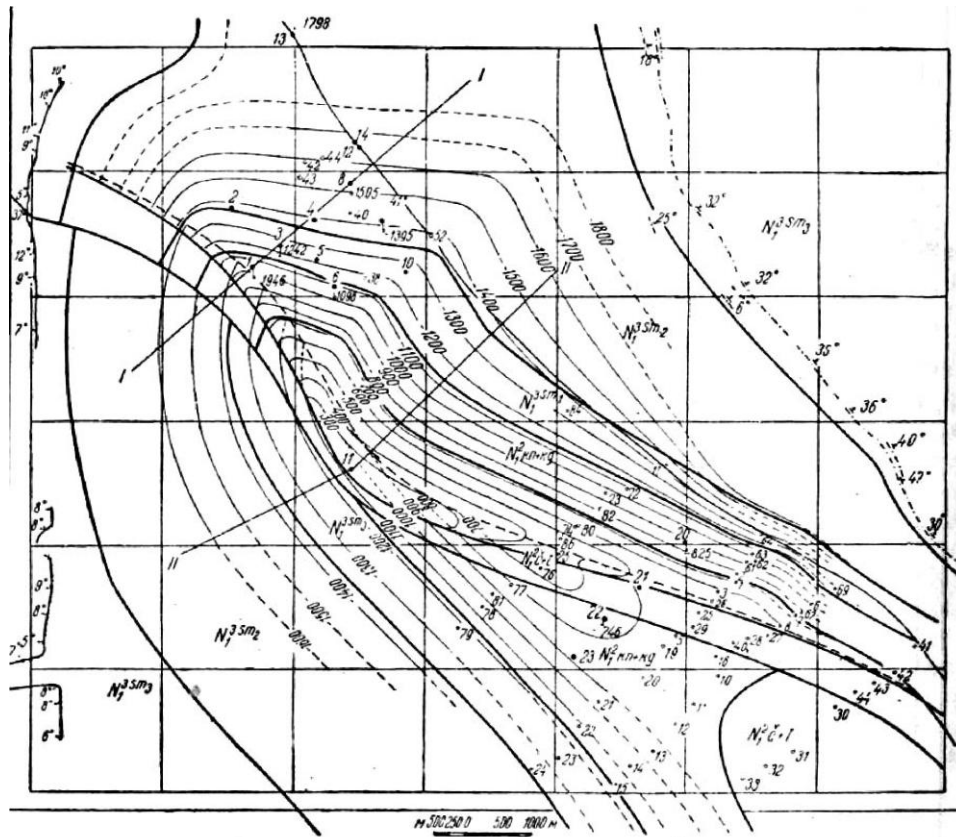


Рис. 7. Структурная карта по кровле свиты «Г» чокракского горизонта (составил П.Н.Куприн, 1954г.)

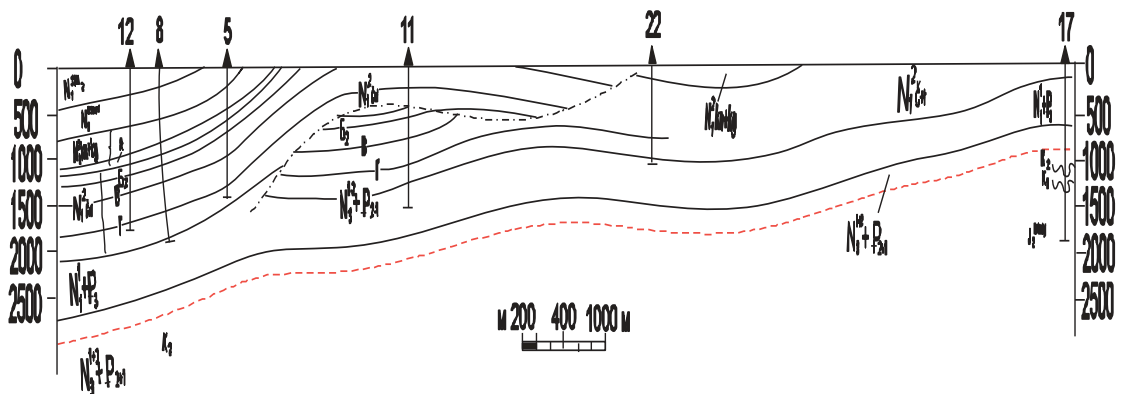


Рис.8. Продольный геологический разрез Каякентского месторождения (составил П.Н.Куприн, 1954г.)

К нетрадиционным (альтернативным) относятся возобновляемые источники энергии, которые используют потоки энергии Солнца, энергию ветра, тепла Земли, биомассы, волн морей и океанов, течений рек, существующие постоянно или периодически в окружающей среде и в обозримой перспективе, соответственно практически неисчерпаемые [3].

Ориентировочные показатели энергетических ресурсов ВИЭ в мире приведены в таблице. 2.

Параметры теплового поля Земли (глубинная температура и поток тепла) еще недостаточно полно изучены. Это объясняется, прежде всего, большой трудоемкостью геотермических исследований и необходимостью измерять температуру земных недр в достаточно глубоких скважинах или горных выработках.

Таблица 2.

Энергетический потенциал возобновляемых источников энергии [3].

Возобновляемые энергоресурсы	Показатели, млрд. т.у.т./год	
	Технический	Экономический
Лучевая энергия Солнца	5	1
Тепловая энергия морей и океанов	1	0,1
Энергия ветра	5	1
Гидроэнергия, в том числе:		
энергия водотоков*	4,5	2,6
энергия волн	0,05	0.01
энергия приливов	0,7	—
Энергия биомассы (за исключением дров)	2,55	2,0
Геотермальная энергия	0,4	0,2

* Гидроэнергоресурсы водотоков даны для большой и малой гидроэнергетики

Благодаря бурению многочисленных глубоких разведывательных скважин на нефть, газ, термальные и пресные артезианские воды, геотермическими исследованиями были охвачены почти все промысловые площади и разрез осадочных отложений до 5 км и более [4].

Результаты геотермических исследований осадочной толщи отражены в работах Х.А. Амирханова, Ф.А. Макаренко, Б.Г. Поляка, В.В. Суетнова, И.Г. Киссина, М.К. Курбанова, Р.А. Левковича, и других авторов[5].

Гидротермальные аномалии в Горном Дагестане – это Ахтынские, Хновские, Цущарские, Датунские, Рычальские, Карадахские, Кегерские, Казардикамские, Талгинские, Берикейские, Каякентские, Миатлинские, Алходжикентские, Ачи-су и другие термоминеральные источники с температурой от 20-25 до 53 °С. Наиболее горячие из них – Ахтынские и Хновские термоминеральные источники с температурой 36,7-53 °С, расположенные на абсолютных отметках 1165-1200 м [6].

Таким образом, температуры разгружающих источников и плотность термоаномалий в Дагестанской части Кавказского мегантиклинория не уступают таковым в районах новейшей магматической активности, хотя поверхностных ее признаков здесь нет. Ввиду недостатка термометрических данных плотность кондуктивного теплового потока в горно-складчатых сооружениях Кавказа исследована очень слабо. В отдельных изученных районах (Баксан, Кармадон, Тамисск и др.) она колеблется от 0,39 до 3,38

единица теплового потока (ЕТП) (Сухарев и др., 1966, 1968) и согласно крупным обобщениям (Поляк, Смирнов, 1968 и др.), в среднем составляет около 2 ЕТП, или примерно 90 мВт/м² [6-8].

Под естественными запасами понимаются объем гравитационной воды, заключенной в порах, трещинах, карстовых и других пустотах горных пород, а также объем воды, высвобождающийся из напорного водоносного горизонта при снижении в нем пластового давления (упругие запасы) [9-10]/

При решении задачи по оценке естественных запасов геотермальных вод чокрак-тарханских отложений нами расчетный геологический объект рассматривается как объем физического тела, состоящего из различных литологических разностей и пластовых вод. Используя фондовые и опубликованные материалы по теплофизическим параметрам горных пород и их мощностей, литолого-стратиграфический разрез, проводим оценку естественных запасов, сосредоточенных в указанных отложениях.

Объем естественных запасов геотермальных вод соответствовать объему гравитационной термальной воды, содержащейся в порах и трещинах водовмещающих пород, т.е. объему пор и трещин [19].

Объем пор определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{пор}} = K_n / 100 * V, \quad (2)$$

V – полный объем пород вместе спорами;

K_n – коэффициент пористости, %

Полный объем естественных запасов геотермальных вод, заключенный в указанных отложениях определяется по формуле (3) как суммарный по всему разрезу.

$$V_{\text{полн}} = \sum_i^n V_{\text{пор } i} \quad (3)$$

Для оценки естественных запасов (без упругой составляющей) геотермальных вод, заключенных в чокрак-тарханских, нами выбрана простая геологическая модель горизонтов с известными теплофизическими параметрам и горных пород и их литологической составляющей (Рис.6).

Под естественными запасами понимается объем гравитационной составляющей термальных вод, заключенной в порах и трещинах водовмещающих пород. К естественным запасам в напорном пласте относятся также упругие запасы. Под упругими запасами понимается часть естественных запасов подземных (термальных) вод, которая может быть высвобождена из пласта в процессе эксплуатации за счет упругих сил воды и вмещающей породы при снижении пластового давления [11]. Величина упругих запасов по сравнению с гравитационными, обычно составляют доли % или единицы %, чем при проведении таких расчетов можно и пренебречь. Размерность естественных запасов подземных вод принято выражать в объемных единицах (м³ и/или км³).

Теплофизические параметры и литологический состав отложений по месторождению Каякентских термальных вод заимствованы из опубликованной и фондовой литературы [3,6-8,13] и приведены в таблице 2 [1,2,12-14,15].

Общая мощность отложений составляет 1425м (1,425км), средний коэффициент пористости –12%. Площадь рассчитываемого объекта определена по структурной карте кровли свиты «Г» чокракского горизонта (Рис.3) с учетом масштаба карты. Для удобства расчетов все единицы длин переведены в км. Таким образом, каждая квадратная сетка имеет размеры 1,875*1,875км, что составляет площадью 3,52км². Допуская небольшие погрешности в расчетах истинной площади, нами принята, равной, приблизительно, 17,6км². Для более точного определения истинной площади необходимо применение математического аппарата. Вполне возможно, что площадь завышена. Для более точных вычислений общего объема пористости нами расчеты проводились отдельно для каждого пласта, поскольку при общем вычислении дает погрешность в десятых долях. Единичный объем, т.е. в 1км³ указанных отложений содержится 0,12 км³ естественных запасов геотермальных вод. Объем расчетных отложений составляет 25,08 км³, производя простой расчет, получаем: 3км³ термальных вод.

Таблица 3.

Теплофизические параметры чокрак-тарханских отложений Каякентского месторождения.

ВОЗРАСТ ОГЛОЖЕ НИЙ	ЛИТОЛОГИ ЧЕСКИЙ СОСТАВ	МОЩНОС ТЬ ПОРОД, М	ПЛОТН ОСТЬ ПОРОД Г/СМ ³	СРЕДНЯЯ Т-РА ПЛАСТА, ⁰ С	КОЭФ. ПОРИСТ ОСТИ, %	ОБЪЕМ ПЛАСТА, КМ ³	ОБЪЕМ ЕСТЕСТВ. ЗАПАСОВ ПЛАСТА, КМ ³
N ₁ ² c+t	ГЛИНА	20	2,07	21,25	6	0,352	0,021
	ПЕСЧАНИК	25	1,95	21,75	20	0,440	0,088
	ГЛИНА	15	2,07	22,25	6	0,264	0,016
	МЕРГЕЛЬ ГЛИН	15	2,37	22,75	13	0,264	0,034
	ПЕСЧАНИК	25	1,95	23,5	20	0,440	0,088
	МЕРГЕЛЬ ГЛИН	30	2,37	24,5	13	0,528	0,067
	ПЕСЧАНИК	15	1,95	25,25	20	0,264	0,053
	МЕРГЕЛЬ ГЛИН	10	2,37	25,5	13	0,176	0,023
	ПЕСЧАНИК	10	1,95	25,75	20	0,176	0,035
	ГЛИНА	15	2,07	26,75	6	0,264	0,016
	МЕРГЕЛЬ	20	2,37	27,25	13	0,352	0,046
	ГЛИНА	90	2,07	28,5	6	1,584	0,095
	ПЕСЧАНИК	20	1,96	30,5	20	0,352	0,070
	ГЛИНА	115	2,08	32,75	6	2,024	0,121
	ПЕСЧАНИК	15	1,96	34,75	20	0,264	0,053
	ГЛИНА	30	2,08	35,5	6	0,528	0,032
	ПЕСЧАНИК	30	1,96	36,5	20	0,528	0,106
	ГЛИНА	55	2,08	37,5	6	0,968	0,058
	ПЕСЧАНИК	25	1,96	38,75	20	0,440	0,088
	ГЛИНА	35	2,08	40	6	0,616	0,037
	МЕРГЕЛЬ	15	2,39	41	13	0,264	0,034
	ГЛИНА	40	2,08	42	6	0,704	0,042
	МЕРГЕЛЬ	15	2,39	42,75	13	0,264	0,034
	ГЛИНА	45	2,09	43,75	6	0,792	0,048
	МЕРГЕЛЬ	50	2,39	45,25	13	0,880	0,114
	ГЛИНА	10	2,09	46,25	6	0,176	0,011
	МЕРГЕЛЬ	50	2,39	47	13	0,880	0,114

	ГЛИНА	15	2,09	48	6	0,264	0,016
	ПЕСЧАНИК	70	2,03	49,3	20	1,232	0,246
	ГЛИНА	30	2,09	51,25	6	0,528	0,032
	МЕРГЕЛЬ	10	2,39	52,25	13	0,176	0,023
	ГЛИНА	30	2,09	52,75	6	0,528	0,032
	ПЕСЧАНИК	10	1,98	53	20	0,176	0,035
N ₁ t	ГЛИНА	20	2,09	53,75	6	0,352	0,021
	МЕРГЕЛЬ	25	2,4	54	13	0,440	0,057
	ПЕСЧАНИК	25	1,97	55	20	0,440	0,082
	ГЛИНА	35	2,1	56	6	0,616	0,037
	ПЕСЧАНИК	30	1,97	57	20	0,528	0,106
	ГЛИНА	60	2,1	59,75	6	1,056	0,064
	МЕРГЕЛЬ	10	2,4	60,5	13	0,176	0,023
	ПЕСЧАНИК	35	1,97	61,25	20	0,616	0,123
	ГЛИНА	15	2,1	61,75	6	0,264	0,016
	ПЕСЧАНИК	10	1,98	62	20	0,176	0,035
	ГЛИНА	10	2,1	64,25	6	0,176	0,011
	ПЕСЧАНИК	120	1,98	66,75	22	2,112	0,465
	ГЛИНА	25	2,1	67,25	6	0,440	0,026

Таким образом, общий объем естественных запасов составляет 3км³ геотермальной воды.

В конце можно сделать краткое заключение.

Проведенная оценка естественных запасов геотермальных вод чокрактарханских отложений месторождения Каякент, показала, что в них сосредоточены огромные запасы.

Исследуемое месторождение в разрезе имеет мощность отложений 1425м (1,425км). Естественные запасы составляют около 3км³.

Таким образом, геотермальная энергия этих отложений наряду с другими месторождениями являются неисчерпаемыми и возобновляемыми. Результаты наших исследований указывают на перспективность их дальнейшего освоения и широкого использования в различных отраслях народного хозяйства.

Цитируемая литература .

1. Амирханов Х.И., Суетнов В.В., Гаирбеков Х.А. Геотермические исследования в Дагестане и вопросы практического использования тепла земли. Махачкала. Изд-во ДНЦРАН. 1970. 140 с.

2. Геология и нефтегазоносность Восточного Предкавказья. Труды комплексной южной геологической экспедиции (КЮГЭ) /под ред. И.О. Брода. Ленинград, 1958. 622 с.

3. Алексеев Б.А. Возобновляемые источники энергии за рубежом //Энергетика за рубежом. Приложение к журналу «Энергетик». - 2005.-Вып. 2.-С. 33-42.

4. Шарафудинов Ф.Г., Мирзоев Д.А. и др. Геология нефтегазовых месторождений Дагестана и прилегающей акватории Каспийского моря. Махачкала.: ГУЛ: Даг. книжн. изд., 2001.297 с.

5. Амирханов Х.И., Суетнов В.В., Левкович Р.А., Гаирбеков Х.А. Тепловой режим осадочных толщ. Махачкала, 1972, 230 с.
6. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М., Наука, 2001. 260 с.
7. Гаджиев А.Г., Курбанов М.К., Суетнов В.В. и др. Проблемы геотермальной энергетики Дагестана. М., 1980. 280 с.
8. Киссин И.Г. Восточно-Предкавказский артезианский бассейн. М., Недра, 1964, с.240.
9. Дядькин Ю.Д., Богуславский Э.И., Вайнблат А.Б. и др. Геотермальные ресурсы СССР, методика их оценки и картирования. - Геотермия. Геофизика, геохимия и проблемы освоения геотермических аномалий. Махачкала, 1989, с. 4-16.
10. Инструкция по применению Классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям теплоэнергетических вод. М., 1985, 27 с.
11. Плотников Н.И. Поиски и разведка пресных подземных вод: Учеб. пособие для вузов.- М.: Недра, 1985.- 370 с.
12. Джамалов А.С. Глубинный тепловой поток на территории Дагестана. М., Наука, 1969. 128 с.
13. Курбанов А.А. Закономерности изменения теплофизических свойств флюидосодержащих коллекторов в пластовых РТ-условиях и способы их применения. Махачкала. Из-во ДНЦ РАН. 2000.- 226 с.
14. Проблемы геотермальной энергетики Дагестана /Под редакцией Х.И. Амирханова и С.Н. Ятрова. М., Недра, 1980.- 208 с.
15. Маммаев О.А. Подземные воды Восточного Предкавказья (формирование, гидрогеохимия и процессы радиотеплогенерации). Махачкала, ДНЦ РАН, 2006. 280с.

4. Заключение.

В результате проведенных исследований по теме получены следующие основные результаты.

1. Исследование вариаций изотопного состава углерода $\delta^{13}\text{C}$ метана геотермальных и нефтегазовых месторождений Прикумской зоны Восточного Предкавказья показали, что газы плиоцен-миоценовых отложений характеризуются облегченным изотопным составом углерода ($\delta^{13}\text{C} = -61 \div -90 \text{‰}$), т.е. биогенного генезиса, а углерод метана мезозойских отложений характеризуется относительно тяжелым изотопным составом ($\delta^{13}\text{C} = -20 \div -47 \text{‰}$), что соответствует газам глубинного термокаталитического преобразования органического вещества.

2. При исследовании ионной электропроводности глинистого минерала монтмориллонита установлено, что изменение энергии активации проводимости в температурной области 190-240°C, взаимосвязанной с переходом между двумя энергетическими состояниями дегидратации межслоевой воды, находится в зависимости от химического состава монтмориллонита, в частности установлено влияние катионов Fe^{3+} , Mg^{2+} и Al^{3+} . Учитывая, что в основе ионной проводимости и диффузии в кристаллах лежат одни и те же элементарные процессы, полученный результат представляет интерес для проблемы утилизации радиоактивных и других токсических отходов и их захоронения в отработанных шахтах, карьерах и т.д., где изолирующей средой обычно являются глины.

3. Проведенная оценка естественных запасов геотермальных вод чократарханских отложений месторождение Каякент, показало, что в них сосредоточены значительные запасы. Исследуемое месторождение в разрезе имеет мощность отложений 1425 м. Естественные запасы составляют более 3 км³. Результаты исследований могут быть использованы при реализации конкретных проектов по освоению геотермальных ресурсов месторождения.

5. Публикации по теме (в том числе находящиеся в печати)

1. Гусейнов А.А. Зависимость электропроводности слюдястых минералов от межслоевых катионов // Коллективная монография по материалам VIII Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» 10-13 октября 2018 г., г. Ессентуки. Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том VIII / Под ред. И.А. Керимова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашина. М.: ИИЕТ РАН, 2018. 547 С. С. 265-272. ISBN 978-5-98866-068-2.

2. Гусейнов А.А. Взаимосвязь некоторых параметров электропроводности с дегидратацией в монтмориллоните // 21-й Международный междисциплинарный симпозиум «Упорядочение в минералах и сплавах» ОМА-21, Ростов-на-Дону – пос. Шепси, 9-14 сентября 2018 г. Труды симпозиума. – Ростов-на-Дону, Фонд науки и образования. 2018 г. выпуск 21. Том 1. С. 50-53.

3. Гусейнов А. А. Диагностический характер параметров электропроводности глауконитов // Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. – Материалы XI школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э. Э. Шпильрайна. Выпуск 7. Махачкала: Алеф. 2018. С. 235-240.

4. Маммаев О. А., Маммаев Б. О. Вариации изотопного состава углерода нефтегазовых месторождений Восточного Предкавказья // Коллективная монография по материалам VIII Всероссийской научно-

технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» 10-13 октября 2018 г., г. Ессентуки. Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том VIII/Под ред. И.А. Керимова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашина. М.: ИИЕТ РАН, 2018. 547 С. 81-83. ISBN 978-5-98866-068-2.

5. Магомедов Ш. А., Маммаев О. А. Зависимость изотопии углерода метана от генетических особенностей нефтегазовых месторождений // // Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. – Материалы XI школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э. Э. Шпильрайна. Выпуск 7. Махачкала: Алеф. 2018. С. 208-212.

6. Меликов М.М., Маммаев О.А., Маммаев Б.О. Оценка естественных запасов геотермальных вод чокрак-тарханских отложений Каякентского месторождения // Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. – Материалы XI школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпильрайна. Выпуск 7. Махачкала: Алеф. 2018. С. 213-219.

7. Магомедов Ш.А., Маммаев О.А., Чупалаев Ч.М., Расулов Г.С. Классификация природных вод по изотопному составу водорода и кислорода воды // Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. – Материалы XI школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпильрайна. Выпуск 7. Махачкала: Алеф. 2018. С. 384-389.

8. Магомедов Ш.А., Маммаев О.А., Маммаев Б.О. Определение степени зрелости нефти по изотопному составу углерода метана // Материалы IX Сибирской конференции молодых ученых по наукам о Земле. Новосибирск, 2016. С.

6. Сведения о созданной и оформленной интеллектуальной собственности (патенты и т.д.)

Полученных патентов нет.

7. Краткое содержание работы на следующий год (для переходящей темы, при этом прилагается календарный план на следующий год по форме 3 к настоящему Порядку)

Исследование генезиса и прогноз геотермических ресурсов осадочной толщи на основе комплекса геофизических и изотопно-геохимических методов.

Научный руководитель темы, д.г.-м.н.,
заведующий лабораторией ГЭР
ИПГ ДНЦ РАН

_____Маммаев О.А.,

Руководитель структурного подразделения
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки
заведующий лабораторией ГЭР
ИПГ ДНЦ РАН

_____Маммаев О.А.,