

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ Институт природных ресурсов _____
Направление подготовки _____ 20.04.02 «Природообустройство и водопользование» _____
Кафедра _____ Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии _____

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Геохимия термальных вод провинции Цзянси (Юго-Восточный Китай)

УДК 556.314.6:553.78(510)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Зиппа Елена Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Проф. каф. ГИГЭ	Шварцев Степан Львович	Д.Г.-М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. каф. ЭПР	Шарф Ирина Валерьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Немцова Ольга Александровна			

По разделу «The thermal waters direct use»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. каф. ИЯПР	Матвееенко Ирина Алексеевна	д.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. ГИГЭ	Гусева Наталья Владимировна	К.Г.-М.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Использовать <i>фундаментальные</i> математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные <i>знания в области специализации</i> при осуществлении изысканий и <i>инновационных</i> проектов сооружения и реконструкции объектов природообустройства и водопользования
P2	Ставить и решать научно-исследовательские и <i>инновационные</i> задачи инженерных изысканий для проектирования объектов природообустройства и водопользования <i>в условиях неопределенности</i> с использованием <i>глубоких фундаментальных</i> и <i>специальных</i> знаний
P3	Выполнять <i>инновационные</i> проекты, эксплуатировать объекты природообустройства и водопользования с применением <i>фундаментальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов для достижения <i>новых</i> результатов, обеспечивающих <i>конкурентные преимущества</i> в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений
P4	<i>Разрабатывать</i> на основе <i>глубоких</i> и <i>принципиальных</i> знаний программы мониторинга объектов природообустройства и водопользования, мероприятия по снижению негативных последствий антропогенной деятельности в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Планировать, организовывать и выполнять <i>исследования</i> антропогенного воздействия на компоненты природной среды, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности</i> с помощью <i>глубоких</i> и <i>принципиальных</i> знаний и оригинальных методов
P6	Профессионально выбирать и использовать <i>инновационные</i> методы исследований, современное научное и техническое оборудование, программные средства для решения научно-исследовательских задач с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать <i>глубокие</i> знания в области проектного менеджмента, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области природообустройства, водопользования и охраны природной среды
P8	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и <i>инновационной</i> деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве <i>руководителя группы</i> , в том числе и <i>международной</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать <i>ответственность за работу коллектива</i> , готовность следовать профессиональной этике и нормам, <i>корпоративной культуре</i> организации

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ Институт природных ресурсов
Направление подготовки _____ 20.04.02 «Природообустройство и водопользование»
Кафедра _____ Гидрогеологии, инженерной геологии, гидрогеоэкологии

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Гусева Н.В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ41	Зиппа Елена Владимировна

Тема работы:

Геохимия термальных вод провинции Цзянси (Юго-Восточный Китай)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.03.2016, 2344/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объект исследования – термальные воды провинции Цзянси. Исходные материалы – материалы гидрогеохимических исследований, полученные в результате экспедиционных исследований 2015 г.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	1. Природные условия районов распространения термальных вод провинции Цзянси. 2. Геологические и гидрогеологические условия 3. Геохимические особенности углекислых термальных вод. 4. Геохимические особенности азотных термальных вод. 5. Расчет равновесия термальных вод с минералами водовмещающих пород. 6. Изотопный состав термальных вод. 7. Сравнительный анализ закономерностей формирования углекислых и термальных вод. 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 9. Социальная ответственность

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Карта-схема расположения родников термальных вод. 2. Геологическая карта районов распространения термальных вод. 3. Химический состав углекислых термальных вод. 4. Химический состав азотных термальных вод. 5. Равновесие углекислых термальных вод с минералами водовмещающих пород 6. Равновесие азотных термальных вод с минералами водовмещающих пород
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кандидат экономических наук, доцент кафедры ЭПР, Шарф Ирина Валерьевна
Социальная ответственность	Ассистент кафедры ЭБЖ, Немцова Ольга Александровна
The thermal waters direct use	Доктор филологических наук, доцент, доцент кафедры ИЯПР, Матвеевко Ирина Алексеевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках

На русском языке:

Введение

Обзор литературы

1 Природные условия районов распространения термальных вод провинции Цзянси

2 Методы проведения исследований

3 Геохимические особенности термальных вод провинции Цзянси

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5 Социальная ответственность

Заключение

На английском языке:

6 The thermal waters direct use

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.03.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГИГЭ	Шварцев Степан Львович	Д.Г.-М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Зиппа Елена Владимировна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа представлена на 101 странице, состоит из 17 рисунков, 11 таблиц, 53 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: термальные воды, химический, изотопный, газовый состав, азотные термы, углекислые термы, взаимодействие с горными породами, система вода-порода, равновесие с минералами водовмещающих пород.

Объектом исследований являются термальные воды провинции Цзянси (юго-восточный Китай).

В процессе исследований изучен химический и изотопный состав термальных вод провинции Цзянси, выявлены основные гидрогеохимические закономерности, рассчитаны равновесия с минералами водовмещающих пород.

В будущем планируется более детальное изучение химического и изотопного состава. Изучение механизмов и процессов взаимодействия воды с горными породами, обоснование источников химических элементов.

Оглавление

Введение.....	3
Обзор литературы.....	4
1 Природные условия районов распространения термальных вод провинции Цзянси.....	6
1.1 Географическое и административное положение	6
1.2 Климатические условия.....	8
1.3 Геоморфологические условия.....	9
1.4 Гидрологические условия	11
1.5 Геологические условия.....	13
1.6 Гидрогеологические условия	15
2 Методы проведения исследований.....	17
2.1 Полевые работы	17
2.2 Лабораторные работы.....	18
2.3 Камеральные работы	19
3 Геохимические особенности термальных вод провинции Цзянси	21
3.1 Химический состав углекислых термальных вод.....	21
3.2 Химический состав азотных термальных вод.....	29
3.3 Равновесие термальных вод с ведущими минералами вмещающих пород.....	37
3.4 Изотопный состав термальных вод.....	42
3.5 Сравнительный анализ закономерностей формирования углекислых и термальных вод	44
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
4.1 Расчет стоимости полевых работ	49
4.2 Расчет стоимости лабораторных работ.....	52
4.3 Расчет затрат на камеральные работы	53
5 Социальная ответственность	56
5.1 Анализ вредных факторов проектируемой среды	57
5.2 Анализ опасных факторов проектируемой среды	58
5.3 Охрана окружающей среды	61
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	62

5.5 Правовые вопросы обеспечения безопасности.....	64
Заключение	66
Список публикаций.....	67
Список используемых источников.....	69
Приложение А	74
Геологическая карта отдельных районов провинции Цзянси	74
Приложение Б	76
Лабораторные методы анализа химического состава термальных вод.....	76
Приложение В.....	78
Содержание микрокомпонентов в термальных водах провинции Цзянси	78
Приложение Г	81
Укрупненная смета на исследование химического и изотопного состава термальных вод провинции Цзянси	81
Приложение Д.....	84
The thermal waters direct use	84

Введение

Термальные воды на протяжении многих лет привлекают внимание многих ученых всего мира. Особое внимание в последнее время в мире привлекают термальные воды районов тектонической активизации, где они залегают на относительно небольшой глубине, а в местах разгрузки они выходят на поверхность в виде многочисленных родников. Актуальными являются вопросы формирования ресурсов и химического состава, природа термальных вод, условия их формирования, механизмы взаимодействия с горными породами и др. Термальные воды районов тектонической активизации распространены по всему миру. Примерами таких территорий являются Забайкальский край (Россия), Дальний Восток (Россия), Кашмир (Индия), горные районы Японии и, наконец, провинция Цзянси, расположенная в юго-восточной части Китая.

На территории провинции Цзянси широким распространением пользуются углекислые и азотные термальные воды. В этой связи объектом исследований настоящей работы являются углекислые и азотные термы провинции Цзянси.

Основной целью работы является изучение геохимических особенностей терм данного региона. Для достижения поставленной цели необходимо решение ряда задач:

- изучение природных условий районов распространения термальных вод на территории провинции Цзянси;
- изучение химического и изотопного состава термальных вод;
- выявление степени насыщенности термальных вод к основным минералам водовмещающих пород;
- сравнительный анализ закономерностей формирования углекислых и азотных термальных вод.

Обзор литературы

Первые отрывочные сведения о термальных водах Китая появились в литературе в начале XIX века. В 1926 г. Х. Т. Чанг опубликовал первый обзор о распространении термальных вод в Китае, в котором привел сведения о 512 родниках. В 1956 г. уже 972 родника термальных вод были охарактеризованы Чжан Хун-чжао в его сводной работе по термальным водам Китая. Для большинства родников были представлены данные лишь о температуре вод, дебите, реже неполные сведения об основных компонентах химического состава [1].

До 50-х годов термальные воды использовались лишь для лечебных целей. С 60-х годов термальные воды начали применяться и для промышленных нужд.

В настоящее время в Китае выявлено более 2,5 тысяч родников термальных вод. В 1979 г. был опубликован «Гидрогеологический атлас Китайской Народной Республики», в котором среди прочих карт имеется и карта термальных вод масштаба 1:14 000 000. На этой карте показаны родники термальных вод в различных температурных градациях, а также охарактеризованы химический и газовый состав [1].

За начало более детального изучения термальных вод непосредственно провинции Цзянси принят 1979 г., в котором Ли Сюэли впервые в своих работах начал говорить о закономерностей распространения термальных вод [40].

Позднее с 1982 г. Веньбинь Чжоу выпустил работу о запасах геотермальной энергии, химического и изотопном составе термальных вод района Линьчуань [50]. С 1988 г. исследования были продолжены Чжаньсюэ Сунь [45]. В рамках данных исследований описан химический, газовый и изотопный состав термальных вод отдельных районов провинции Цзянси.

Исследования термальных вод на территории провинции Цзянси Чжаньсюэ Сунь продолжает и в настоящее время.

В целом сведения о термальных водах мира представлены в работе Е.А. Баскова и С.Н. Сурикова [1], где впервые дано монографическое описание закономерностей распространения, металлоносности, условий формирования и практического использования термальных вод Земли. Помимо этого в работе установлены основные типы термальных вод по комплексу гидрогеохимических показателей, рассмотрены ионно-солевой, газовый и изотопный состав и другие вопросы.

Что касается России, что наибольших интерес в рамках рассматриваемой темы представляют результаты исследований таких известных в России ученых как Ломоносов И.С., Плюснин А.М., С.Л. Шварцев, Замана Л.В. и другие. В их работах приведены результаты исследований термальных вод Забайкалья (Россия), в частности, описаны их химический, газовый и изотопный состав, взаимодействие термальных вод с горными породами, изучены закономерности формирования состава термальных вод, в особенности азотных терм, и многие другие вопросы [15, 29, 30].

1 Природные условия районов распространения термальных вод провинции Цзянси

1.1 Географическое и административное положение

Провинция Цзянси расположена в юго-восточной части Китая, в южном направлении от самой большой в Евразии р. Янцзы, в ее среднем и нижнем течении.

Общая площадь территории провинции составляет 170,5 тыс. км². На востоке граничит с провинциями Чжэцзян, Фуцзянь, на юге – с провинцией Гуандун, на западе – с провинцией Хунань, на севере – с провинциями Хубэй и Аньхой. Протяженность территории провинции Цзянси в направлении с севера на юг составляет приблизительно 650 км, в направлении с востока на запад – 500 км [34]. Административным центром является город Наньчан, расположенный на реке Ганьцзян и вблизи крупнейшего озера провинции Поянху.

Население провинции, по данным за 2014 г., составляет около 45,42 млн. человек, при этом плотность населения составляет 272 чел./км². Самым густонаселенным административным районом является район Ганьчжоу, расположенный на юге провинции, а также несколько ему уступающие по численности населения районы северной части провинции, расположенные около оз. Поянху, а именно районы Шанжао (северо-восточная часть провинции), Ичунь (северо-западная часть провинции) и Наньчан [38].

Цзянси является одной из провинций, на территории которых наиболее широко распространены родники термальных вод. В пределах территории провинции выявлено около 96 родников термальных вод, приуроченных к трем основным геотермальным районам. Район Ганьбэй расположен в северной части провинции Цзянси, район Ганьчжун, приурочен к центральной части, район Ганьдуннань – к югу провинции. Каждый геотермальный район

включает в себя несколько подрайонов, в частности, рассматриваемые в настоящей работе, термальные воды приурочены к районам Лушань (Ганьбэй), Мааньпин-Линьчуань (восток Ганьчжун), Гансянь (запад Ганьдуннань) и Хенцзин (восток Ганьдуннань) (рисунок 1).

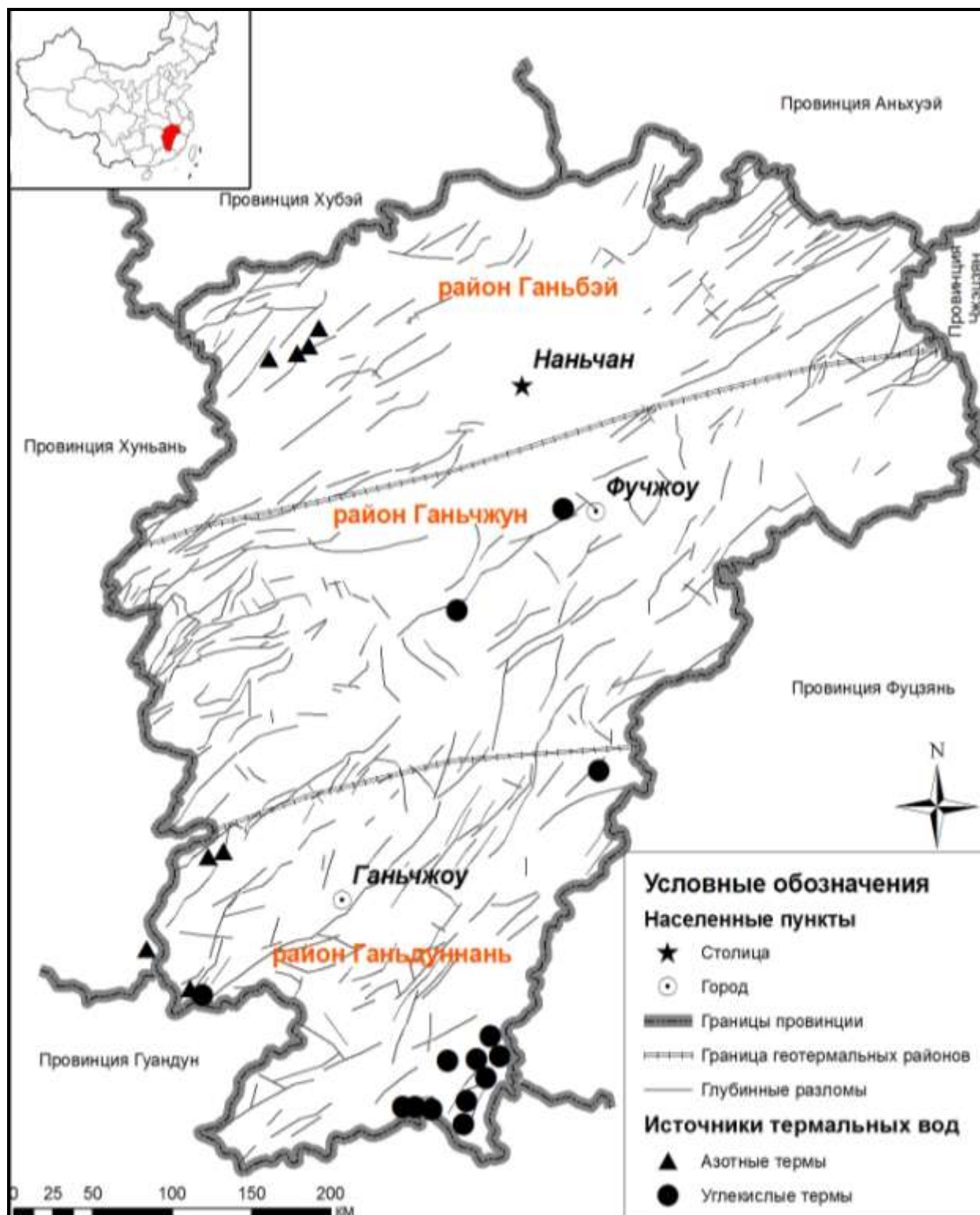


Рисунок 1 – Карта-схема расположения термальных источников

Территория провинции Цзянси приурочена к центральной части Металлогенной провинции Южного Китая и является весьма важным металлогенным регионом, представленным горными породами различных возрастов, характеризующимся весьма частой вулканической активностью и сложными тектоническими движениями. Более того, рассматриваемая территория является благоприятной для рудообразования, вследствие чего богата минеральными ресурсами, а именно вольфрамом, медью, редкоземельными элементами и другими металлами [34].

1.2 Климатические условия

Климат района исследований влажный субтропический, с достаточным количеством солнечного света, изобилием осадков, характеризуется сезонностью, представляющей собой четыре отчетливо чередующихся периода: теплая с обильными осадками весна, жаркое и влажное лето, прохладная с небольшим количеством осадков осень, холодная и сухая зима. Среднегодовая температура составляет около 18,8 °С, средняя температура января варьирует приблизительно от 3 до 9 °С, июля– 27 до 30 °С [36, 38].

Среднегодовое количество осадков составляет 1200-1900 мм, в 2014 г. годовое количество осадков составило 1751 мм. Осадки выпадают в виде дождей, большая часть которых приходится на период май-сентябрь, наиболее дождливым из которых является июль (до 114 мм). Наименьшее количество осадков приходится на период октябрь-март, где наиболее засушливыми месяцами являются декабрь и январь (рисунок 2) [36, 38]. В этот период поверхностный сток достигает своих годовых минимумов, и доля питания подземных вод атмосферными осадками значительно уменьшается. Как правило, наибольшее количество осадков приходится на горные районы, южную и восточную части провинции.

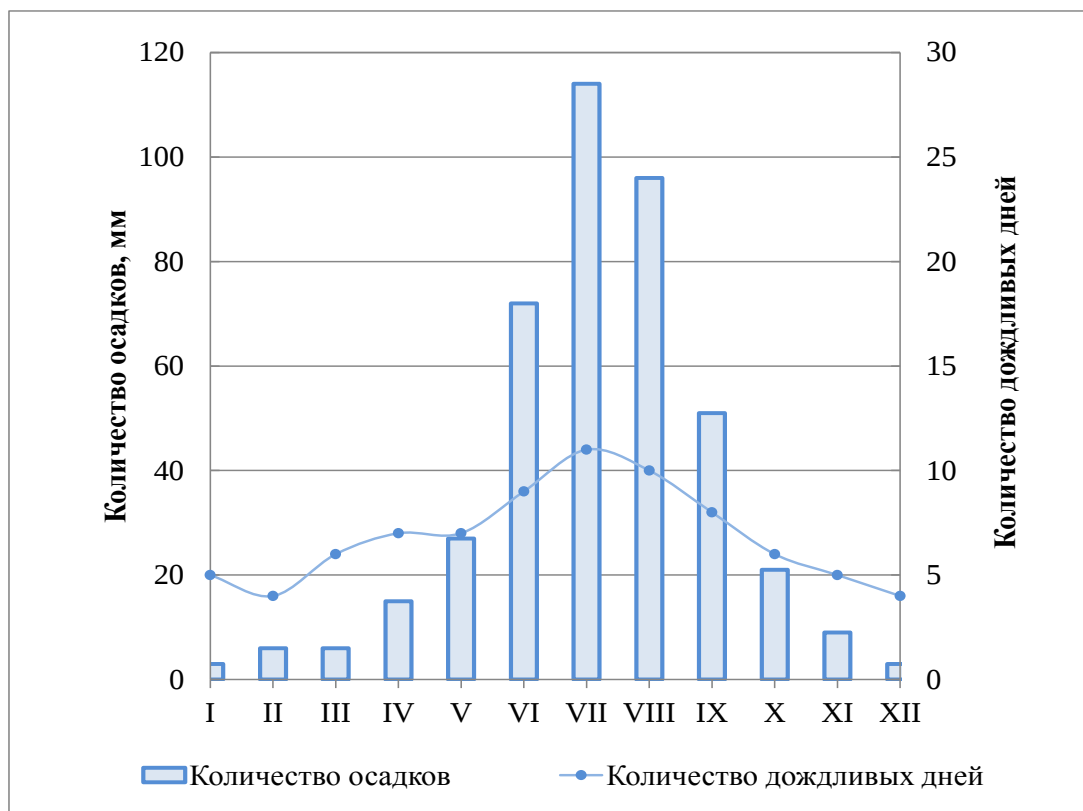


Рисунок 2 – Среднемесячное количество атмосферных осадков и количество дождливых дней в период 2000-2012 г.г [35].

1.3 Геоморфологические условия

Рельеф провинции Цзянси весьма разнообразный, представленный, в основном, горной и холмистой местностью. Горы составляют 36 % всей территории, 42 % территории приходится на холмистую местность, оставшиеся 22 % составляют курганы, равнины и поверхностные воды (рисунок 3). Южная часть провинции представлена разнообразием холмов и горных цепей, в то время как центральная и северная части более пологие с наиболее низкими значениями абсолютных отметок и, преимущественно, представлены равнинной местностью [38].

Исследуемая территория окружена с трех сторон горами, вдоль которых простираются границы провинции. В основном, горная местность достигает отметки 1000 м над уровнем моря, за редким исключением 2200 м.

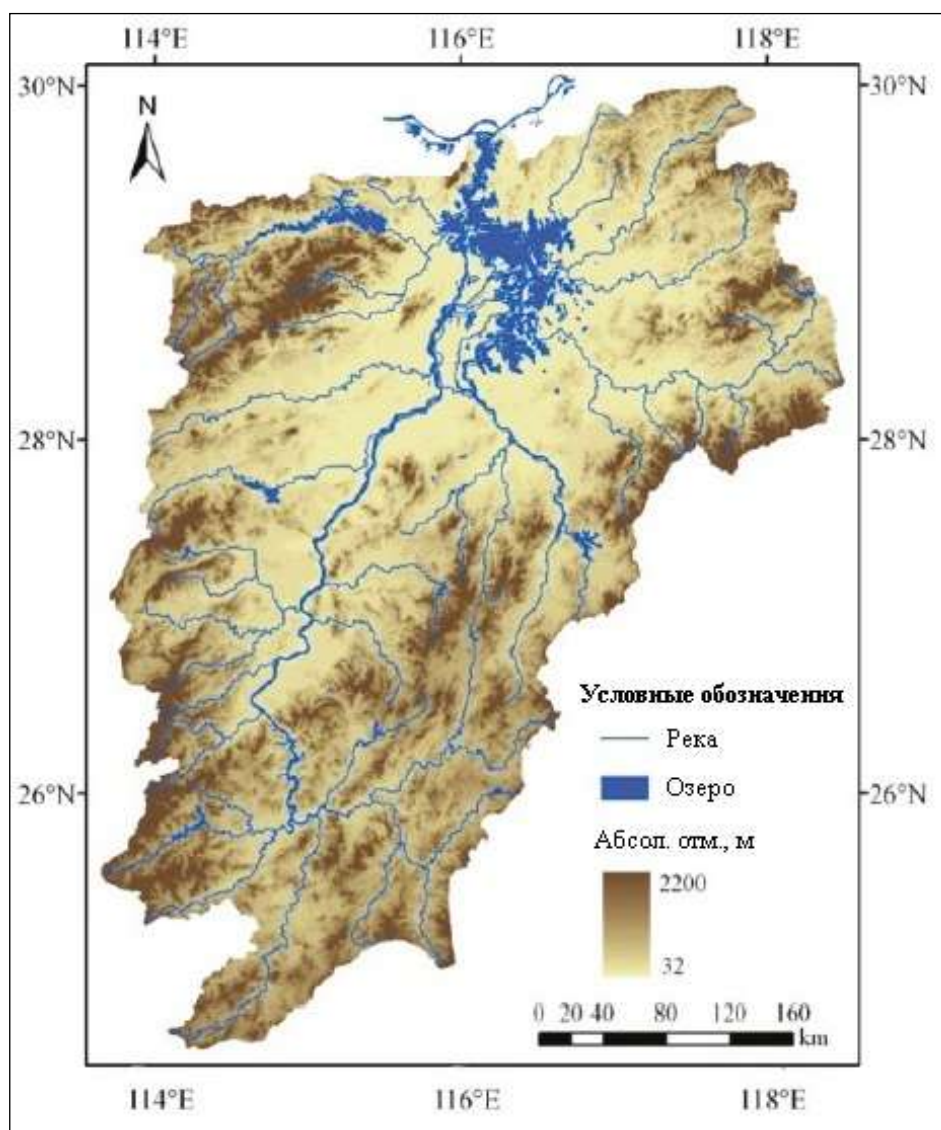


Рисунок 3 – Рельеф провинции Цзянси [42]

Уклон рельефа устремлен в направлении с юга на север, в сторону оз. Поянху, которое расположено в пределах территории с крайне низкими абсолютными отметками, наименьшая из которых составляет 32 м над уровнем моря [42].

На востоке и северо-востоке, вдоль границ между провинцией Цзянси и провинциями Фуцзянь и Чжэцзян, соответственно простираются горы Уишань, являющиеся объектом Всемирного культурного наследия, и горы Хуайюйшань, известные своими крупнейшими запасами меди. В южной части по границе между провинциями Цзянси и Гуандун простираются горы Даюйшань и Цзюляньшань, которые известны также как «столица вольфрама». С запада рассматриваемая провинция ограничена горными цепями Лосяошань, которые

отмечены наиболее высокой горой Цзинган. В северо-западной части на границе между провинциями Цзянси и Хубэй простираются горы Муфушань и Цзюлиншань, часть их, выступающая в восточном направлении, образует знаменитую гору Лушань [38].

1.4 Гидрологические условия

Провинция Цзянси весьма богата водными ресурсами. В пределах территории провинции Цзянси протекает около 2400 больших и малых рек, из которых 160 не пересыхают в течение года. Общая протяженность рек составляет около 18 400 км. Большинство рек приурочено к водосборному бассейну оз. Поянху [37, 38].

Озеро Поянху является самым крупным пресным озером провинции Цзянси, которое относится к бассейну р. Янцзы и имеет важное хозяйственное значение для населения. Площадь водосборного бассейна озера составляет 162 220 км² [43], среднегодовой сток которого достигает порядка 149 400 млн. м³ [32]. Большая часть среднегодового стока приходится на наиболее крупные реки провинции Цзянси: р.р. Ганьцзян, Фухэ, Синьцзян, Сюшуй и Жаохэ, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 Характеристики наиболее крупных рек провинции Цзянси [43]

Название реки	Гидрологическая станция	Площадь бассейна, км ²	Длина реки, км	Годовой сток, 10 ⁸ м ³
Ганьцзян	Вайчжоу	80948	751	678,9
Фухэ	Лицзяду	15811	349	126,2
Синьцзян	Мейган	15535	312	177,5
Сюшуй	Цюцзин	9914	148	88,4
Жаохэ	Хушань	6374	313	70,8

Реки берут начало в горах западной, южной и восточной частей провинции, гидравлический градиент снижается по направлению течения рек от горных районов к равнинам, где расположено оз. Поянху [51].

Крупнейшей из рек, питающих оз. Поянху, и провинции Цзянси в целом, является р. Ганьцзян, протяженность которой достигает 751 км. Среднегодовой сток и площадь водосбора реки составляют, соответственно, 678 900 млн. м³ и 80 948 км², что соответствует около 60 % от общей водосборной площади озера (таблица 1).

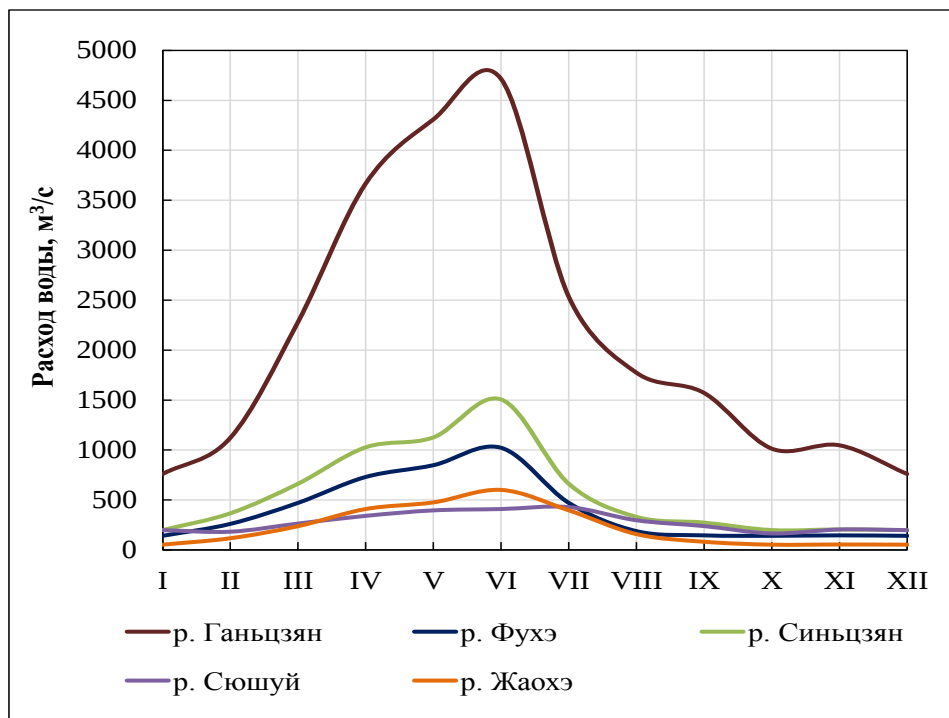


Рисунок 4 – Гидрографы наиболее крупных рек провинции Цзянси

В связи с особенностями климата рассматриваемой территории, сток рек в течение года распределен неравномерно (рисунок 4). Так, по данным наблюдений [43] на протяжении дождливого сезона сток достигает своих максимальных значений, составляющих порядка 70 % от годового объема стока. Минимальные расходы воды в реках приходятся на период с августа по февраль. Вследствие этого, уровень воды в оз. Поянху в течение года также ведет себя неоднозначно и меняется в диапазоне от 9,8 до 15,4 м, составляя при этом в среднем 12,9 м [50].

1.5 Геологические условия

Провинция Цзянси расположена в пределах двух основных тектонических комплексов. Северная часть провинции принадлежит Юго-Восточной окраине Янцзынской параплатформы, центральная и южная части приурочены к Южной китайской складчатой системе [34].

Для рассматриваемой территории характерны многоуровневые и гетерогенные глубинные структуры. Среди глубинных структур выделяется три основных типа: зона поднятия верхней мантии, зона углубления верхней мантии и переходная зона глубинной структуры [52]. Помимо этого, в пределах провинции широко распространены геологические разломы, которые, в свою очередь, подразделяются на следующие группы: глубинные, крупные и обыкновенные разломы [34].

Термальные воды провинции Цзянси приурочены в основном к глубинным разломам, которые начали развиваться на поздней стадии основного формирования складчатости, и распались на современные трещины Индо-Китайской и Яньшаньской эпох. Данные разломы являются не только регуляторами вулканической и магматической деятельности, но и влияют на расположение родников термальных вод и геотермальных режим [52].

Глубинные разломы территории провинции весьма хорошо изучены. Линии разлома зачастую приурочены к структурным областям различного порядка. Сами разломы характеризуются весьма масштабными размерами, достигающими нескольких сотен километров вдоль линии простираения. Помимо этого, разломы сложены основными или ультраосновными породами, оказывают существенное влияние на облик региональных осадочных пород и классифицированы на четыре основные группы:

- 1) Глубинные разломы широтного простираения, в направлении с востока на запад, приурочены, в основном, к Янцзынской параплатформе.

2) Глубинные разломы, простирающиеся с северо-востока в направлении восточнее северо-востока, главным образом относящиеся к центральной и южной частям провинции Цзянси.

3) Глубинные разломы северо-северо-восточного и меридианного простирания, расположенные, преимущественно, в центральной и южной частях провинции.

4) Глубинные разломы северо-западного простирания, главным образом расположенные на северо-востоке, на юге центральной части провинции Цзянси [52].

Термальные воды провинции Цзянси, как было упомянуто выше, распространены повсеместно и приурочены к трем основным геотермальным районам (районы Ганьбэй, Ганьчжун и Ганьдуннань), которые в геологическом отношении представлены многообразием горных пород различного возраста. В этой связи, целесообразно рассмотреть более детально геологическое строение непосредственно участков локализации исследуемых в настоящей работе родников термальных вод и представленных в приложении А.

Территории районов представлены интрузивными породами, а также горными породами палеозойской, мезозойской и кайнозойской эпох.

Горные породы кайнозойской эпохи представлены суглинками, глинами, песком, аргиллитами и алевролитами четвертичного, неогенового и палеогенового периодов. В основном породы этой эпохи сосредоточены на севере провинции, вблизи оз. Поянху.

Мезозойские горные породы распространились повсеместно и представлены в основном красноцветными песчаниками, алевролитами, аргиллитами, красноцветными песчанистыми конгломератами, известковыми породами, базальтами и туфами мелового, юрского и триасового возрастов. Также следует отметить в верхнем отделе триаса наличие прослоек углеродсодержащих аргиллитов и углей.

Эпоха палеозоя представлена известняками, сланцами, доломитами, конгломератами, мергелями, туффитами всеми возможными для этой эпохи возрастами. Помимо этого, здесь также выявлены угленосные толщи, в частности углеродосодержащие сланцы. Горные породы данного возраста распространились повсеместно, однако в большей степени сосредоточены в южной части провинции.

1.6 Гидрогеологические условия

Провинция Цзянси, располагается в пределах Янцзынского гидрогеологического района и занимает непосредственно его восточную сторону. Территория данного гидрогеологического района разделена на множество артезианских бассейнов, но к провинции Цзянси отношение имеют только Восточно-Хэньанский, Тошуйский, Наньчанский, Средне-Ганьцзянский, Восточно-Наньчанский, Сюицзянский и Верхне-Ганьцзянский артезианские бассейны.

Подземные воды во внешних областях перечисленных бассейнов формируются в зоне экзогенной трещиноватости пород и зонах разрывных нарушений. Высоко водоносными во внешних областях питания являются зоны контактов осадочно-метаморфических и интрузивных образований, где в протерозойских сланцах, прорванных гранитами, на значительной глубине встречены напорные самоизливающиеся воды. Также наиболее водоносными во внешних областях питания бассейнов являются закарстованные и трещиноватые палеозойские и триасовые известняки. В некоторых местах дебиты родников, выходящих из карстовых пещер и трещин, достигают 200 л/с [4].

Относительно водообильности юрских, меловых и палеогеновых образований внешних областей питания бассейнов сведений весьма мало. Среди четвертичных отложений наиболее водоносными являются

аллювиальные образования речных долин, аккумулирующие значительные ресурсы подземных вод.

Во внутренних областях питания воды распространены в толще песчано-глинистых и эффузивных пород мезозойского, палеогенового, а в некоторых местах и неогенового возраста, в которых, вероятно, формируют ряд относительно выдержанных напорных водоносных горизонтов. В Наньчанском артезианском бассейне мощность мезозойских и кайнозойских образований достигает нескольких километров [4].

Четвертичные отложения внутренних областей питания бассейнов характеризуются невыдержанностью состава в разрезе и по простираению, что и обуславливает их неравномерную водоносность и наличие на ряду с грунтовыми водами, напорных [4].

Восполняются ресурсы подземных вод артезианских бассейнов главным образом за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностного стока. Так как на некоторых реках, огражденных дамбами (р. Янцзы и др.), уровень воды постоянно находится выше окружающей местности, питание подземных вод поверхностными происходит не только в период паводков, но и во все сезоны года. Таким образом, доля участия поверхностных вод в питании подземных, очевидно, достаточно большая. Разгружаются глубокие подземные воды бассейнов, в частности термальные воды, по зонам разломов и через литологические окна. Подземные воды активного и частично замедленного водообмена разгружаются при помощи речной и озерной сети. В целом рассматриваемую территорию можно назвать высокообеспеченной пресными подземными водами, мощность которых не менее 400-500 м [4].

2 Методы проведения исследований

2.1 Полевые работы

Гидрогеохимическое опробование термальных вод провинции Цзянси осуществлялось в октябре 2015 г. Термы опробованы в основном из благоустроенных скважин и колодцев, в некоторых случаях достигающие глубины 450 м. Общее количество точек отбора проб термальных вод за указанный период составило 12. Координаты и высотные отметки родников терм фиксировались с помощью устройства GPS. Положение точек опробования термальных вод показано на рисунке 1. Всего было отобрано 24 пробы на общий химический анализ, 24 на анализ микрокомпонентного состава и 24 пробы для анализа изотопного состава воды.

Для проведения общего химического анализа, а именно для определения концентраций основных компонентов химического состава воды (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), а также концентраций CO_2 отбирали 2 пластиковые бутылки по 0,5 л. Перед отбором пробы бутылки трижды промывали исследуемой водой. На месте пробоотбора с помощью портативного мультипараметрового анализатора Water Tester (Hanna Instruments, USA) измеряли быстро изменяющиеся показатели: удельную электропроводимость (УЭП), температуру (T °C), pH и минерализацию. Перед каждым замером емкость анализатора промывали исследуемой водой.

Для определения концентраций микрокомпонентов отбирали по две пробы термальных вод в стерильные пластиковые пробирки объемом 50 мл. предварительно пробы не фильтровали.

Для изучения изотопного состава воды терм (δD и $\delta^{18}\text{O}$) отобраны пробы в пластиковые стерильные не прозрачные емкости объемом 100 мл.

2.2 Лабораторные работы

Исследование термальных вод на общий химический анализ и на микрокомпонентный состав проводились в аккредитованной Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Научно-образовательного центра «Вода» (Институт природных ресурсов, Томский политехнический университет). Общий химический анализ проводился методами титрования, кондуктометрии, потенциометрии, спектрометрии (фотометрии), пламенной фотометрии, гравиметрии, высокотемпературного каталитического окисления, инверсионной вольтаметрии и атомно-абсорбционной спектрометрии. Для определения концентраций микрокомпонентов применен современный высокочувствительный метод – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Помимо этого общий химический анализ терм проводился в Центре химического анализа и физических испытаний Восточного китайского технологического университета (г. Наньчан). Приборная база и методы анализа компонентов химического состава термальных вод приведены в таблице Б.1 приложения Б.

Анализ изотопного состава термальных вод осуществлялся в Центре химического анализа и физических испытаний Восточного китайского технологического университета с помощью изотопного масс-спектрометра с анализатором элементов TC/EA-IRMS (Finnigan MAT 253, Thermo Scientific, США). Погрешность метода составляет меньше или равно 2 ‰ для δD , и меньше или равно 2 ‰ для $\delta^{18}O$.

По результатам анализа содержания изотопов выражены через δ в промилле относительно мировых стандартов и определяются по уравнению 3.1:

$$\delta = \left(\frac{R_{\text{обр}}}{R_{\text{ст}}} - 1 \right) \times 1000, \quad (2.1)$$

где $R_{\text{обр}}$ и $R_{\text{ст}}$ – изотопные отношения D/H, $^{18}O/^{16}O$ для образца и стандарта соответственно. Значения δD , $\delta^{18}O$ приведены относительно стандарта SMOW (Standard Mean Oceanic Water).

2.3 Камеральные работы

В рамках данного исследования наиболее трудоемкими являются камеральные работы. К камеральным работам относятся:

- подготовка картографического материала;
- обработка результатов полевых и лабораторных исследований;
- расчет равновесий термальных вод с ведущими минералами водовмещающих пород.

Карта для оцифровки предоставлена Чжаньсюэ Сунь и составлена сотрудниками Бюро геологоразведки и разработки минеральных ресурсов провинции Цзянси [34]. Оцифровка карты, а также составление карты-схемы и подготовка картографического материала для печати осуществлялись с помощью программных продуктов ArcGIS 9.3 и Corel DRAW X8.

Обработка результатов лабораторных исследований основывалась на статистическом анализе данных. Статистическая обработка данных осуществлялась в программном продукте STATISTICA. Определение средних значений концентраций компонентов химического состава проводилось с учетом закона распределения. Данные проверялись на соответствие нормальному/логнормальному закону распределения по критериям Шапиро-Уилка. По результатам проверки установлено, что компоненты химического состава соответствуют логнормальному закону распределения, что согласно [22], является характерной чертой для подавляющего большинства природных вод. В этой связи за среднее значение принято считать среднее геометрическое.

Функциональные зависимости между поведением компонентов химического состава описывались на основе расчетов рангового коэффициента корреляции Спирмена при заданном уровне значимости $p < 0,05$. Значение коэффициента корреляции изменяется от минус 1 до 1 (равенство нулю указывает на отсутствие корреляции).

Расчет равновесий термальных вод осуществлялся с помощью определения степени насыщенности терм к основным минералам водовмещающих пород. Для расчетов использован параметр насыщенности (или индекс насыщения), который равен:

$$L = \lg Q/K,$$

где Q – квотант реакции; K – константа реакции.

По мере насыщения раствора относительно какого-либо минерала индекс насыщения увеличивается до нуля (состояние равновесия). При его пересыщении значения становятся положительными. Расчет параметра проводился по известным методикам, разработанным на базе термодинамики гидрогеохимических процессов [3] с использованием компьютерной программы HydroGeo [2], разработанной М.Б.Букаты (ТПУ).

Визуализация расчетных данных осуществлялась в программе MS Excel путем нанесения данных по химическому составу термальных вод провинции Цзянси на диаграммы полей устойчивости алюмосиликатных и карбонатных минералов.

3 Геохимические особенности термальных вод провинции Цзянси

Термальным водам провинции Цзянси посвящено не малое количество работ. Более детальному изучению терм рассматриваемой территории послужили работы Ли Сюэли (1979 г.) [41], позднее, с 1988 г. исследования были продолжены Чжаньсюэ Сунь [46], которые осуществляются по настоящее время. В рамках данных исследований изучен химический, газовый и изотопный состав.

В пределах территории провинции Цзянси выявлено 96 родников термальных вод, различных по газовому и химическому составу. Широким распространением пользуются углекислые и азотные термы.

В основу настоящей работы положены результаты экспедиционных исследований, проведенных в октябре 2015 г. при непосредственном участии автора, под руководством Шварцева С.Л. со стороны Томского политехнического университета и под руководством Чжаньсюэ Сунь со стороны Восточного китайского технологического университета. В ходе данных исследований, с целью более детального изучения химического состава терм, их геохимических особенностей и механизмов формирования, отобраны пробы термальных вод на химический, газовый и изотопный состав. Помимо этого, в работу включены результаты более ранних исследований [45].

3.1 Химический состав углекислых термальных вод

Углекислые термальные воды провинции Цзянси обладают весьма пестрой минерализацией и изменяются от умеренно пресных (M от 0,2 до 0,5 г/л) до умеренно солоноватых (M от 3 до 10 г/л). Величина общей минерализации варьирует от 287 до 3869 мг/л, среднее значение составляет 913 мг/л (таблица 2). Кислотно-щелочные свойства изменяются от слабокислых

(рН от 5,0 до 6,5) до нейтральных (рН от 6,5 до 7,5). Значения рН колеблются от 5,70 до 7,77 и в среднем составляют 6,82.

Таблица 2 – Химический состав углекислых термальных вод провинции Цзянси

№	T	pH	M	CO _{2(св)}	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SiO ₂	F ⁻	Химический тип
	°C		мг/л											
1	73	7,30	299	1,1	106	17	8,5	71	9,9	0,09	3,1	81	1,6	HCO ₃ -Na
2	71	5,70	351	10,6	146	23	6,4	71	12,4	0,05	2,7	77	11,7	HCO ₃ -Na
3	72	7,53	364	15,8	146	26	7,1	71	12,2	0,07	3,7	83	14,3	HCO ₃ -Na
4	48	6,77	2770	31,6	1428	300	35,1	711	107,8	6,74	43,2	135	3,2	HCO ₃ -Na
5	55	6,78	3129	195,4	1820	257	35,5	703	90,0	6,10	59,2	151	7,2	HCO ₃ -Na
6	25	6,52	3331	63,9	1886	325	81,2	699	138,5	15,37	84,6	99	2,9	HCO ₃ -Na
7	27	6,50	3869	75,9	2253	350	50,7	970	106,9	10,42	82,0	43	3,6	HCO ₃ -Na
8	37	6,74	459	5,7	217	27	8,5	94	29,1	0,09	4,4	78	1,7	HCO ₃ -Na-Ca
9	36	6,30	1263	245,0	744	43	10,8	132	130,0	15,50	102,2	80	4,9	HCO ₃ -Ca-Na
10	41	6,91	287	19,4	127	38	2,7	9	51,0	3,00	6,0	45	4,7	HCO ₃ -Ca
11	48	6,67	2815	26,2	1004	765	70,2	679	117,1	10,95	71,8	94	2,9	HCO3-SO ₄ -Na
12	44	6,63	718	8,6	277	115	28,7	154	52,3	0,33	6,8	82	1,9	HCO ₃ -SO ₄ - Na-Ca
13	53	7,64	346	17,6	140	50	2,1	12	61,8	2,89	15,2	57	4,6	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
14	58	7,77	987	15,8	98	465	16,9	221	39,0	0,15	19,5	118	9,6	SO ₄ -Na-Ca
15	43	6,86	521	38,7	250	25	5,0	91	24,5	0,50	8,3	107	9,4	HCO ₃ -Na
Сред	47	6,82	913	23,5	380	90	14,1	148	47,7	1,14	16,5	84	4,5	HCO ₃ -Na
Мин	25	5,70	287	1,1	98	17	2,1	9	9,9	0,05	2,7	43	1,6	
Макс	73	7,77	3869	245,0	2253	765	81,2	970	138,5	15,50	102,2	151	14,3	

Зависимость между соленостью углекислых термальных вод и рН прослеживается слабо, о чем говорит низкое значение коэффициента корреляции (таблица 3), рассчитанного для выявления функциональной зависимости. Возможно, столь слабая связь между минерализацией и рН может быть объяснена малой выборкой ряда наблюдений. Однако следует отметить, что коэффициент корреляции, принимающий отрицательное значение, хотя и не удовлетворяющий пределу значимости, позволяет предположить об обратной пропорциональной зависимости солености терм от их рН. Последнее может быть обосновано наличием в термах углекислоты, которая, взаимодействуя с гидроксильной группой OH⁻ по реакции OH⁻+CO₂=HCO₃⁻, ведет к увеличению кислотности среды [10, 26]. Помимо этого, соленость рассматриваемых терм растет в основном за счет HCO₃⁻ и Na⁺, в меньшей степени за счет SO₄²⁻ и Ca²⁺.

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции для макрокомпонентов

	Станд. отклон.	T	M	pH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SiO ₂
T	0,14	1,00										
M	0,43	-0,54	1,00									
pH	0,03	0,32	-0,26	1,00								
HCO ₃ ⁻	0,51	-0,62	0,93	-0,42	1,00							
SO ₄ ²⁻	0,57	-0,36	0,86	0,01	0,66	1,00						
Cl ⁻	0,50	-0,41	0,89	-0,28	0,79	0,82	1,00					
Na ⁺	0,63	-0,35	0,91	-0,29	0,82	0,76	0,95	1,00				
Ca ²⁺	0,40	-0,71	0,80	-0,19	0,79	0,74	0,58	0,51	1,00			
Mg ²⁺	0,96	-0,65	0,73	-0,19	0,79	0,60	0,46	0,42	0,93	1,00		
K ⁺	0,59	-0,60	0,90	-0,16	0,85	0,77	0,67	0,68	0,92	0,90	1,00	
SiO ₂	0,16	0,27	0,36	0,07	0,24	0,31	0,40	0,51	0,06	-0,03	0,20	1,00

*жирным курсивом выделены значимые коэффициенты корреляции

Температура углекислых терм колеблется от 25 до 73 °С. В соответствии с классификацией Н.И. Толстихина (1970 г.) [10], которая является наиболее полной классификацией подземных вод по температуре, рассматриваемые воды относятся к группе положительно температурных вод (Т 0-100 °С) к разряду теплых (26-37 °С) и горячих терм (больше 37 °С).

По химическому составу углекислые термы в основном относятся к гидрокарбонатному натриевому типу, однако, следует отметить, что соотношение между элементами в различных родниках не одинаково. Последнее подтверждается принадлежностью рассматриваемых вод к SO₄-Na-Ca типу, а также к промежуточным типам (между HCO₃-Na и SO₄-Na-Ca): HCO₃-Na-Ca, HCO₃-Ca-Na, HCO₃-Ca, HCO₃-SO₄-Na, HCO₃-SO₄-Na-Ca и HCO₃-SO₄-Ca.

Анионный состав характеризуется преобладанием гидрокарбонат-иона, иногда сульфат-иона. Так, концентрации HCO₃⁻ варьируют в пределах от 98 до 2253 мг/л, в среднем составляя 380 мг/л. Концентрации SO₄²⁻ несколько меньше, тем не менее, остаются высокими и колеблются от 17 до 765 мг/л при среднем значении 200 мг/л. В значительно меньшей степени в углекислых

термальных водах содержится хлорид иона. Концентрации Cl^- изменяются в диапазоне 2,1-81,2 мг/л, в среднем составляя 26,0 мг/л.

Катионный состав углекислых терм характеризуется доминированием иона натрия. Содержания Na^+ варьируют от 9 до 970 мг/л и в среднем составляют 328 мг/л. Помимо натрия, в углекислых термах отмечены повышенные концентрации кальция. Содержания Ca^{2+} в среднем составляют около 68,4 мг/л и изменяются в интервале от 9,9 до 138,5 мг/л. Среднее содержание K^+ составляет 36,03 мг/л, в отдельных случаях, концентрации калия достигают от 43,2 до 84,6 мг/л, иногда 102,2 мг/л. Высокие содержания K^+ приурочены к точкам опробования, расположенным в геотермальных районах Ганьчжун и Ганьдунань. Причиной таких концентраций K^+ в родниках № 5, 9 и 13, возможно является антропогенный фактор, так как данные родники отведены под общественное пользование. В родниках № 4, 6, 7, 11 и 14 к источнику высокого содержания калия можно отнести горные породы с его повышенным содержанием. Наряду с высокими концентрациями Ca^{2+} и K^+ , содержания иона Mg^{2+} незначительны и не превышают 15,37 мг/л, среднее значение составляет 5,13 мг/л.

Средние значения катионов и анионов углекислых термальных вод провинции Цзянси схожи со средними значениями для слабокислых гидрокарбонатных углекислых гидротерм других регионов мира, изученных ранее Е.А. Басковым [1].

Согласно рисунку 5 и рассчитанным коэффициентам корреляции (таблица 3), с ростом минерализации в целом растут концентрации всех анионов и катионов. Однако следует отметить, что рост концентраций Ca^{2+} и K^+ при минерализации 2,75 г/л и выше несколько замедляется, что возможно свидетельствует о наличии равновесия с минералами Ca^{2+} и K^+ водовмещающих пород.

Следует отметить весьма высокие концентрации кремния, которые варьируют от 43 до 151 мг/л (среднее значение 87 мг/л), и низкие содержания

фтора, за исключением родников № 2 и 3, расположенных на расстоянии, приблизительно, 50 м друг от друга, где концентрации F^- достигают 11,7 и 14,3 мг/л соответственно. Такие экстремальные значения фтора, скорее всего, связаны с его повышенным содержанием в гранитных породах, которые широко распространены в пределах рассматриваемой территории.

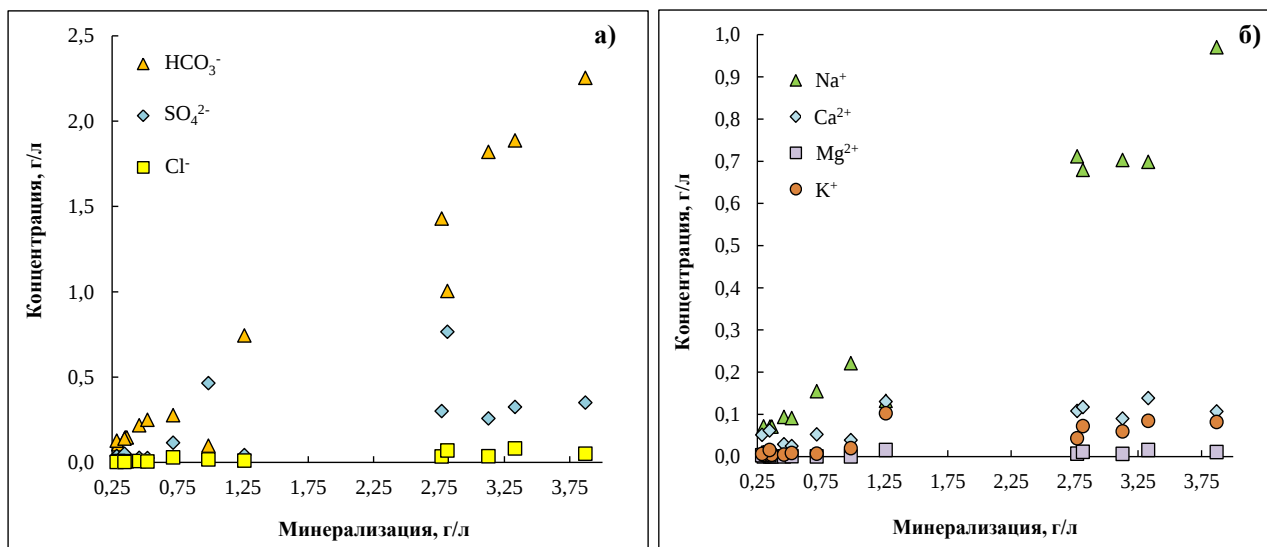


Рисунок 5 – Зависимость концентраций основных анионов (а) и катионов (б) от солености

Явно выражена связь между соленостью углекислых терм и их температуры. Так, с ростом температуры соленость углекислых терм уменьшается (рисунок 6а). В то же время, связь pH терм и их температуры имеет обратный направленный характер, т.е. по мере роста температуры углекислых терм увеличивается их pH (рисунок 6б). Зависимость минерализации и pH углекислых термальных вод от их температуры позволяет косвенно подтвердить обратный характер корреляции между ними, о которой было упомянуто выше.

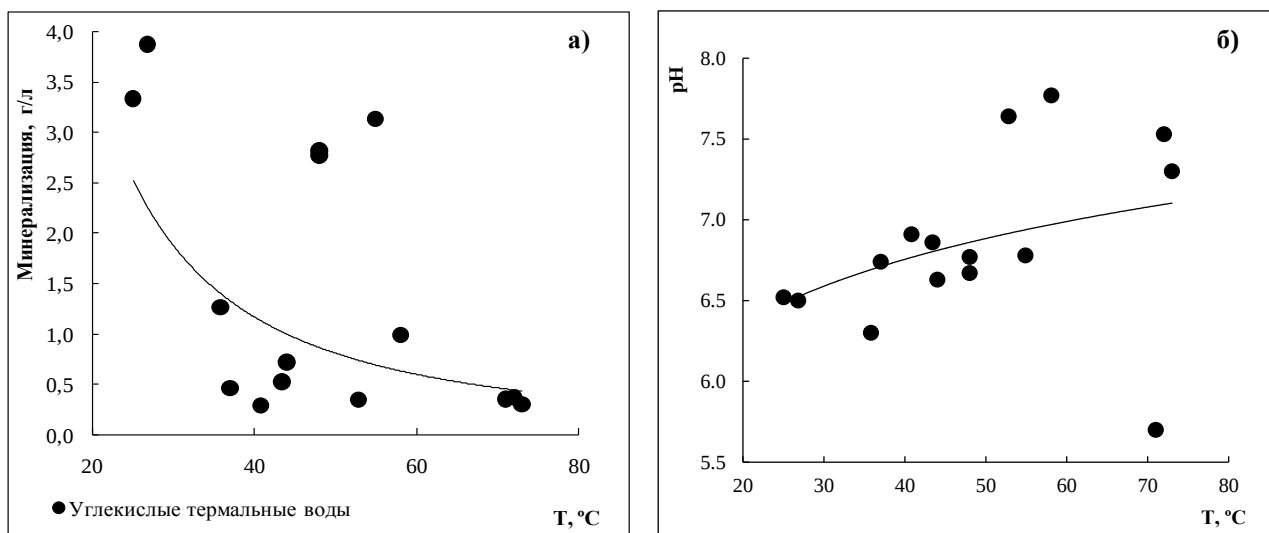


Рисунок 6 – Зависимость минерализации (а) и pH (б) углекислых терм от их температуры

Микрокомпонентный состав углекислых термальных вод весьма разнообразен и представлен в приложении В, концентрации микроэлементов сопоставлены с их средним содержанием в подземных водах зоны гипергенеза [28]. В этой связи, установлено, что по отношению к водам зоны гипергенеза в рассматриваемых водах в наибольшей степени содержится Li, Be, Rb, Sr, Mo, Cs, Ba. Превышение средних значений данных компонентов углекислых терм провинции Цзянси над их средними содержаниями в водах зоны гипергенеза представлено на рисунке 7.

Весьма высокие концентрации Li, относительно вод зоны гипергенеза, характерны для углекислых термальных вод. Последнее подтверждается данными о содержании Li в рассматриваемых водах других регионов мира, например Исландии, Японии, Перу и др., где концентрации лития достигают порядка нескольких десятков мг/л [1]. В углекислых термах провинции Цзянси концентрации Li варьируют от 31,1 до 1256,7 мкг/л. Среднее содержание составляет 224,8 мкг/л и в 17 раз выше среднего значения для вод зоны гипергенеза.

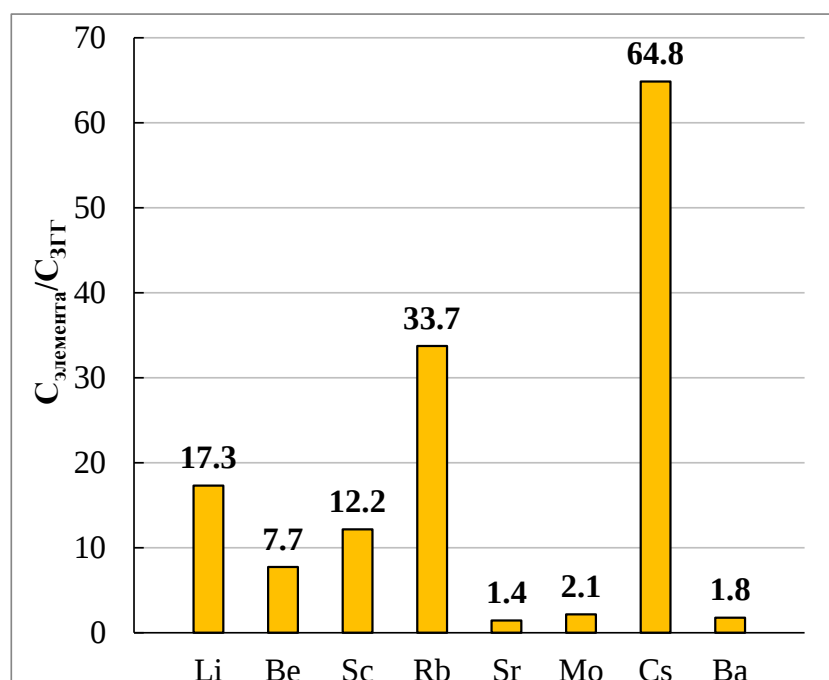


Рисунок 7 – Отношение концентраций микроэлементов в углекислых термах ($C_{\text{эл.}}$) к их среднему содержанию в водах зоны гипергенеза ($C_{\text{згг}}$)

Бериллий в основном приурочен к термальным водам с кислой средой, что подтверждалось многими учеными и объяснялось, как результат кислотного выщелачивания бериллийсодержащих силикатов. В слабокислых и щелочных термах Be обнаруживается значительно реже, поэтому значения pH 7,5-8 является пределом кислотно-щелочных свойств среды, выше которого Be выявляется редко [1]. Последнее подтверждается обратным характером связи ($r = -0,36$) между Be и pH в углекислых термах рассматриваемого района, где его содержания находятся в диапазоне от 0,24 до 24,48 мкг/л при среднем значении 1,47 мкг/л, что превышает среднее значение для вод зоны гипергенеза на восемь порядков.

Среднее содержание рубидия в углекислых термальных водах провинции Цзянси составляет 62,75 мкг/л, при этом его концентрации варьируют от 16,1 до 586,7 мкг/л. По сравнению с водами зоны гипергенеза, в рассматриваемых водах Rb в 34 раза больше. Его концентрации находятся на характерном для углекислых терм гидрокарбонатного натриевого состава с

повышенным содержанием кремния других регионов мира, например Исландии (150 мкг/л) [1].

Относительно цезия установлено максимальное превышение среднего значения для вод гипергенеза, составляющее около 65 раз. Среднее содержание Cs составляет 116,86 мкг/л, концентрации изменяются от 3,1 до 80,28 мкг/л. Согласно [1], такие содержания Cs также являются характерными для вод данного типа.

Немного выше средних значений для природных вод содержится стронция и бария. Превышение последних составляет 1,4 и 1,8 соответственно. Так, среднее значение Sr составляет порядка 264,03 мкг/л, концентрации варьируют от 67,5 до 1476,6 мкг/л. Такие высокие содержания Sr являются весьма характерными, однако несколько ниже концентраций в углекислых гидрокарбонатных термах других регионов мира, например Курило-Камчатского региона (3800 мкг/л) [1]. Концентрации Ba, в свою очередь, изменяются в интервале 3,7-210,2 мкг/л при среднем значении 32,2 мкг/л, что также несколько для аналогичных вод, например района Байкала [1] (максимальные концентрации 1100 мкг/л).

Среднее содержание молибдена, составляющее 3,75 мкг/л, также не значительно (2,1 раза) превышает среднее для вод зоны гипергенеза. Его концентрации варьируют от 0,5 до 24,6 мкг/л, которые тоже являются характерными для вод данного типа. Содержание в термальных водах Mo находится в пропорциональной зависимости от кремнезема, что было выявлено учеными [1], и подтверждается, пусть и не очень убедительным из-за малого ряда данных, коэффициентом корреляции ($r=0,29$). Так, по мере роста концентрации кремния в водах, увеличиваются содержания Mo.

Одним из наиболее слабоизученных элементов, как в природных, так и в термальных водах, является скандий. В целом для углекислых терм характерны весьма низкие концентрации Sc, однако которые в 12 раз превышают среднее содержание вод зоны гипергенеза. Скандий слабо коррелирует с pH ($r=-0,38$),

однако, связь такова, что в кислых термах Sc содержится значительно больше, чем в щелочных. В углекислых термах исследуемого района концентрации Sc изменяются в интервале 0,5-1,6 мкг/л, при среднем значении порядка 0,9 мкг/л.

Наряду с вышеперечисленными элементами, обращают на себя внимание относительно высокие концентрации вольфрама, изменяющиеся в весьма широком диапазоне 0,09-72,57 мкг/л. Наличие вольфрама в термальных водах обосновывается его присутствием в минеральных образованиях. Как было упомянуто ранее, в южной части исследуемого региона выявлена так называемая вольфрамовая провинция, где расположены некоторые родники углекислых термальных вод.

Установленные содержания остальных микроэлементов (B, Al, P, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Br, Zr, Nb, Ag, Cd, Sn, Sb, I, La, Hg, Pb, Th и U) в углекислых термальных водах провинции Цзянси весьма малы и не превышают концентраций, характерных для вод зоны гипергенеза и в целом для вод данного типа других регионов мира.

3.2 Химический состав азотных термальных вод

Азотные термальные воды провинции Цзянси обладают весьма низкой минерализацией и являются умеренно пресными (М от 0,2 до 0,5 г/л). В среднем соленость терм составляет 379 мг/л, при этом ее значения изменяются в диапазоне 100 мг/л и варьируют от 324 до 421 мг/л (таблица 4). При столь низкой минерализации кислотно-щелочные свойства всегда остаются щелочными (рН 8,5-10). Величина рН в среднем составляет 8,69 и варьирует в диапазоне 8,50-9,25.

Азотные термальные воды, в соответствии с классификацией Н.И. Толстихина, относятся к разряду горячих терм. Температура изменяется от 38 до 83 °С, в среднем достигая 62 °С.

По химическому составу азотные термы, аналогично углекислым, являются гидрокарбонатного натриевого типа, однако отмечены родники $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$ состава.

Таблица 4 – Химический состав азотных термальных вод провинции Цзянси

№	T	pH	M	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SiO ₂	F ⁻	Химический тип
	°C		мг/л											
16	38	8,70	324	127	12,2	17	6,2	72	3,80	0,02	1,98	68	15,6	HCO ₃ -Na
17	69	8,61	377	174	8,0	13	5,0	89	2,10	0,15	1,70	70	14,0	HCO ₃ -Na
18	82	8,50	376	131	6,9	18	4,3	76	4,20	0,05	5,09	116	14,6	HCO ₃ -Na
19	65	8,78	407	174	11,0	13	5,1	96	2,71	0,69	-	90	15,0	HCO ₃ -Na
20	65	8,62	408	186	8,3	11	5,4	110	1,88	-	-	70	15,0	HCO ₃ -Na
21	71	8,60	421	186	8,6	14	5,5	110	1,72	-	-	80	15,0	HCO ₃ -Na
22	41	9,25	356	67	30,5	56	6,0	66	2,39	0,03	3,06	110	14,6	HCO ₃ -SO ₄ -Na
23	83	8,50	375	94	18,3	44	3,9	59	6,40	0,14	4,49	134	10,3	HCO ₃ -SO ₄ -Na
Сред	62	8,69	379	135	11,4	20	5,1	83	2,86	0,09	2,98	89	14,2	HCO ₃ -Na
Мин	38	8,50	324	67	6,9	11	3,9	59	1,72	0,02	1,70	68	10,3	
Макс	83	9,25	421	186	30,5	56	6,2	110	6,40	0,69	5,09	134	15,6	

Аналогично углекислым термальным водам, анионный состав азотных терм характеризуется доминированием гидрокарбонат-иона. Средняя концентрация последнего составляет 135 мг/л, в целом содержание HCO_3^- варьирует от 67 до 186 мг/л. В значительно меньших количествах содержится SO_4^{2-} , концентрации которого составляют 20 мг/л и изменяются от 11 до 56 мг/л. Содержания Cl^- не превышают 6,5 мг/л при среднем значении 5,1 мг/л.

Катионный состав характеризуется явным преобладанием ионов натрия над ионами кальция, магния и калия. Так, в азотных термах концентрации Na^+ изменяются в интервале от 59 до 110 мг/л, где среднее содержание составляет 83 мг/л. В значительно меньшей степени с рассматриваемых водах содержится Ca^{2+} , K^+ и Mg^{2+} , концентрации которых не превышают 6,5 мг/л, 5,1 мг/л и 1 мг/л соответственно.

Помимо выше перечисленных анионов, обращают на себя внимание весьма высокие концентрации фтора, которые изменяются от 10,3 до 15,6 мг/л, где среднее значение составляет 14,2 мг/л. Такие высокие содержания характерны для азотных термальных вод, что наблюдалось ранее в водах

данного типа других регионов мира: Айдахо (США), Кашмир (Индия), Карпаты, Северная Монголия, Тянь-Шань (Китай) [1, 10], Россия [1, 3, 4, 5, 6, 7] и др. Природа таких высоких концентраций до сих пор не выявлена. Данный вопрос обсуждается с середины прошлого века, но ответы на него до сих пор не получены. Одни исследователи придерживаются теории о растворах магматического генезиса (ювенильных вод) как источника фтора в азотных термах [12], другие придерживаются теории о вмещающих породах в качестве источников фтора. Более подробно данный вопрос будет рассмотрен в разделе 3.3, здесь же хотелось бы подчеркнуть, что, придерживаясь теории о равновесно-неравновесном состоянии системы вода-порода, к источникам F^- относим водовмещающие породы и взаимодействие с ними азотных терм.

Наряду с высоким содержанием F^- , азотные термы обогащены кремнием. Среднее содержание последнего составляет 89 мг/л, концентрации варьируют от 68 до 134 мг/л.

Средние значения катионов и анионов азотных термальных вод провинции Цзянси схожи со средними значениями для щелочных гидрокарбонатных азотных гидротерм других регионов мира, в том числе и России, изученных ранее [1, 10, 15, 8, 12].

Рассчитанные для азотных терм коэффициенты корреляции (таблица 5) позволяют предположить о наличии некоторых связей между компонентами состава терм.

Связь между соленостью терм и их pH прослеживается слабо, о чем свидетельствует низкое значение коэффициента корреляции, однако общая тенденция такова, что по мере роста минерализации азотных термальных вод их pH уменьшается (рисунок 8 а).

Зависимость общей минерализации азотных терм от температуры, имеет однонаправленный характер. Так, с увеличением температуры соленость терм, хотя и не значительно, но растет (рисунок 8 б). Такая связь объясняется тем, что высокая температура свидетельствует о проникновении инфильтрационных

вод на большую глубину, вследствие чего время взаимодействия воды с вмещающими горными породами увеличивается, что приводит к росту их солености [15, 48].

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции для макрокомпонентов

	Ст. откл.	T	M	pH	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SiO ₂	F ⁻
T	0,13	1,00												
M	0,04	0,68	1,00											
pH	0,01	-0,73	-0,28	1,00										
HCO ₃ ⁻	0,16	0,39	0,60	-0,57	1,00									
CO ₃ ²⁻	0,22	-0,51	-0,43	0,74	-0,88	1,00								
SO ₄ ²⁻	0,26	-0,23	-0,43	0,49	-0,97	0,89	1,00							
Cl ⁻	0,07	-0,85	-0,26	0,65	0,02	0,19	-0,14	1,00						
Na ⁺	0,10	0,22	0,73	-0,21	0,88	-0,67	-0,84	0,29	1,00					
Ca ²⁺	0,20	0,16	-0,48	-0,30	-0,50	0,27	0,49	-0,62	-0,80	1,00				
Mg ²⁺	47,25	0,19	0,65	-0,22	0,54	-0,38	-0,44	0,22	0,76	-0,63	1,00			
K ⁺	52,03	0,21	0,81	-0,09	0,67	-0,36	-0,58	0,21	0,85	-0,60	0,75	1,00		
SiO ₂	0,11	0,35	-0,02	0,07	-0,67	0,48	0,75	-0,64	-0,66	0,65	-0,42	-0,37	1,00	
F ⁻	0,06	-0,49	0,00	0,32	0,39	-0,34	-0,55	0,78	0,57	-0,66	0,27	0,36	-0,65	1,00

*жирным курсивом выделены значимые коэффициенты корреляции

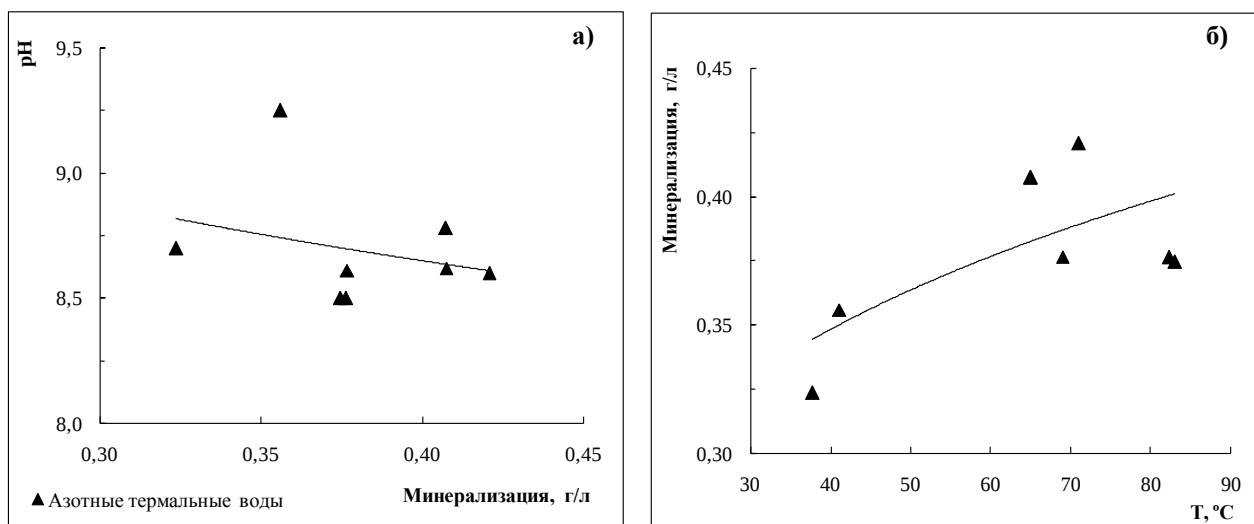


Рисунок 8 – Зависимость минерализации азотных терм от их pH (а) и температуры (б)

Карбонатная составляющая вод растет по мере увеличения минерализации, а, следовательно, и температуры (рисунок 9). Сульфатная же часть ионов ведет себя несколько иначе: с ростом минерализации содержания

SO_4^{2-} ведут себя не однозначно (рисунок 9). В этой связи, можно сделать вывод, что обогащение азотных терм карбонатными и сульфатными ионами происходит из разных источников. Последнее объясняется тем, что на всем пути движения терм карбонатные соли являются результатом гидролиза алюмосиликатов, а сульфатные соли образуются только при наличии сульфидов и свободного O_2 , который появляется в воде в областях разгрузки. Поэтому, такие разные концентрации SO_4^{2-} при относительно одинаковой минерализации свидетельствуют о разных количествах сульфидов, а именно самородной серы, взаимодействующих со свободным O_2 по принципу: чем больше сульфидов соединяется с окислителем, в данном случае кислородом, в местах разгрузки, тем больше в водах образуется сульфатов. Такая особенность азотных терм выявлена и в более ранних работах, сделанных Замана Л.В., Шварцевым С.Л., Плюсниним А.М., Токаренко О.Г. и др [15], кроме того, это не раз было упомянуто и в наших работах [48].

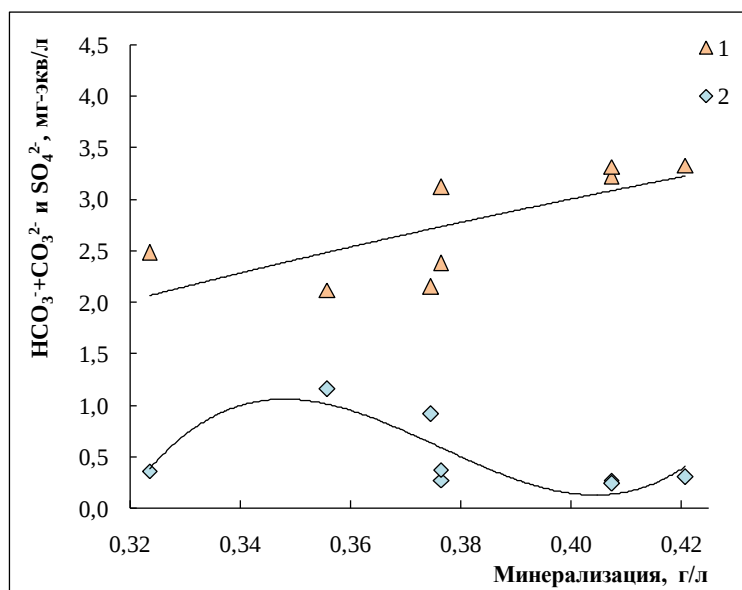


Рисунок 9 – Зависимость карбонатных (1) и сульфатных (2) ионов в азотных термах от их минерализации

Что касается катионов, то между ионами кальция, магния и минерализацией прослеживается обратная связь. Так, сумма концентраций Ca^{2+} и Mg^{2+} уменьшается по мере увеличения солености (рисунок 10 а). Аналогичный характер корреляции наблюдается между суммой ионов Ca^{2+} и

Mg^{2+} и $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, где с ростом концентраций карбонатных ионов, уменьшаются содержания Ca^{2+} и Mg^{2+} (рисунок 10 б). Данные зависимости позволяют предположить, что азотные термы равновесны с карбонатными минералами и, как следствие, о выпадении этих элементов из раствора.

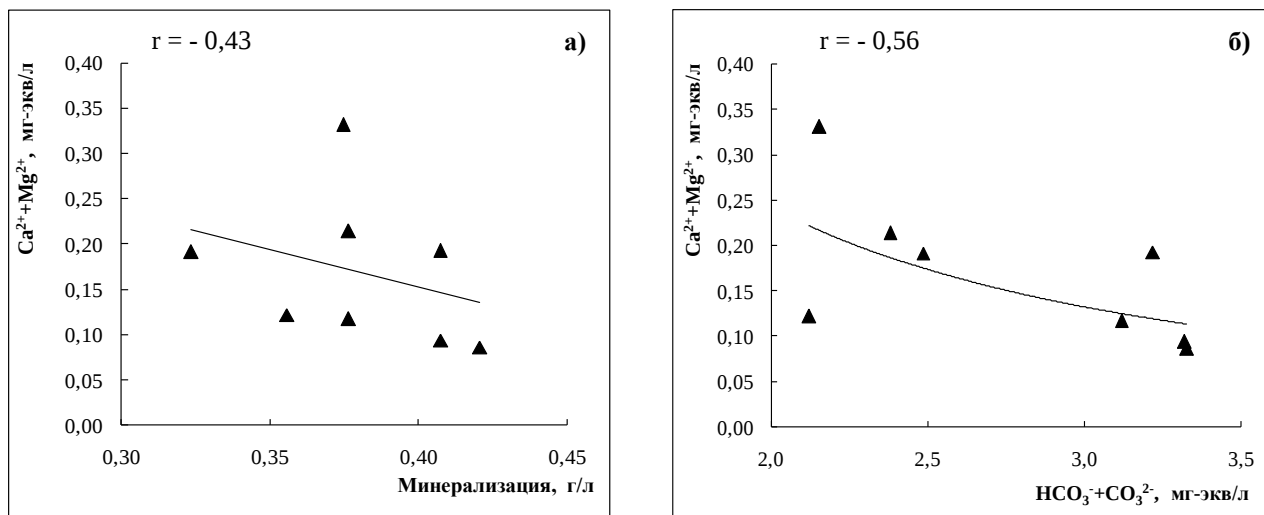


Рисунок 10 – Зависимость содержания $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ от солености (а) и $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ (б) (r – коэффициент корреляции)

Микрокомпонентный состав азотных термальных несколько отличается от углекислых и представлен в приложении В, аналогично углекислым термам, концентрации микроэлементов сопоставлены с их средним содержанием в подземных водах зоны гипергенеза [28]. В этой связи, установлено, что по отношению к водам зоны гипергенеза в рассматриваемых водах в наибольшей степени содержится Li, Be, B, Sc, Ga, As, Rb, Mo, Cd и Cs. Превышение средних значений данных компонентов углекислых терм провинции Цзянси над их средними содержаниями в водах зоны гипергенеза представлено на рисунке 11.

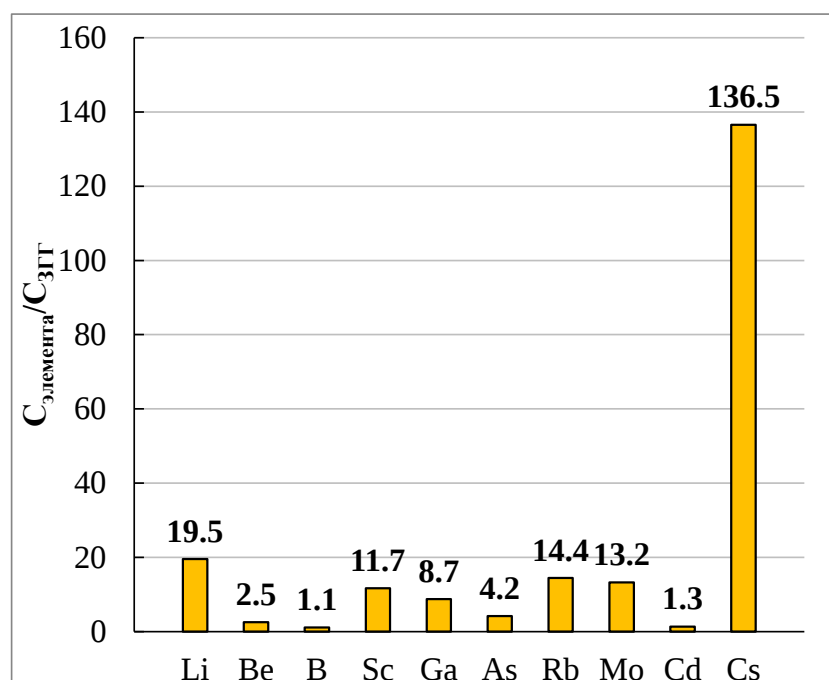


Рисунок 11 – Отношение концентраций микроэлементов в азотных термах ($C_{\text{эл.}}$) к их среднему содержанию в водах зоны гипергенеза ($C_{\text{ЗГГ}}$)

Содержания бора и кадмия находятся практически на уровне среднего для вод зоны гипергенеза, тем не менее, незначительное превышение составляет 1,1 и 1,3 раза соответственно. Содержания В и Сd в азотных термах изучены весьма слабо, поэтому сложно сказать о характерных их концентрациях для данного типа вод. Среднее значение бора в рассматриваемых водах составляет 82,8 мкг/л, при этом его содержания изменяются в интервале от 54,8 до 127,6 мкг/л.

Как говорилось ранее, бериллий редко обнаруживается в щелочных термах. Для азотных гидрокарбонатных натриевых термальных вод других регионов мира содержание Be не превышает 6,5 мкг/л. Среднее значение Be в азотных термах рассматриваемого региона (0,48 мкг/л) в 2,5 раза превышает среднее значение для вод зоны гипергенеза. Концентрации Be исследуемых водах изменяются от 0,24 до 0,88 мкг/л.

Среднее содержание мышьяка (6,06 мкг/л) превышает его среднее значение для вод зоны гипергенеза в 4,2 раза. Минимальная и максимальная концентрации As в азотных термах рассматриваемого региона составляют 3,9 и

12,0 мкг/л соответственно, что значительно ниже его содержаний в маломинерализованных азотных термах Забайкалья, Дальнего Востока и других регионов (не более 100 мкг/л) [1].

Для азотных терм характерных содержания галлия в количестве 10-30 мкг/л [1]. Среднее значение Ga в азотных термальных водах рассматриваемого региона составляет 3,2 мкг/л, что в 8,7 раза превышает среднее для зоны гипергенеза. Концентрации изменяются от 1,6 до 6,0 мкг/л.

Относительно вод зоны гипергенеза, весьма высокими являются концентрации Li, превышение которых составляет 19,5 раз. Среднее содержание составляет 224,8 мкг/л, концентрации Li варьируют от 210,6 до 339,2 мкг/л. Для азотных терм других регионов мира (Забайкалье и др.) [1] концентрации Li не превышают 200-300 мкг/л.

Ввиду низкой степени изученности скандия и в природных, и в термальных водах, для азотных терм характерны низкие концентрации Sc, изменяющиеся в диапазоне 0,5-1 мкг/л и в 11,7 раз превышающие среднее содержание вод зоны гипергенеза.

Среднее содержание молибдена, составляющее 23,13 мкг/л, в 13,2 раза превышает среднее для вод зоны гипергенеза. Его концентрации варьируют от 18,3 до 33,9 мкг/л. Для вод данного типа в других регионах мира характерны концентрации Mo в интервале от 9 до 20 [1], что несколько ниже содержаний молибдена в азотных термах провинции Цзянси.

Среднее содержание рубидия в азотных термальных водах провинции Цзянси составляет 26,87 мкг/л, при этом его концентрации варьируют от 14,7 до 37,76 мкг/л. По сравнению с водами зоны гипергенеза, в рассматриваемых водах Rb в 14,4 раза больше. Его концентрации находятся на характерном для азотных терм гидрокарбонатного натриевого состава других регионов мира (до 100 мкг/л) [1].

Относительно цезия установлено максимальное превышение среднего значения для вод гипергенеза, составляющее около 136,5. Среднее содержание

Cs составляет 35,5 мкг/л, концентрации изменяются от 26,6 до 63,6 мкг/л. Распределение Cs в маломинерализованных азотных термальных водах плохо изучено, однако, имеющиеся данные по некоторым регионам бывшего СССР показывают, что в большинстве случаев содержания Cs не превышают 100 мкг/л [1].

Наряду с вышеперечисленными элементами, обращают на себя внимание весьма высокие концентрации вольфрама, изменяющиеся в диапазоне 29,93-95,63 мкг/л. Наличие вольфрама в термальных водах обосновывается его присутствием в минеральных образованиях. Как было упомянуто ранее, в южной части исследуемого региона выявлена так называемая вольфрамовая провинция, где расположены родники азотных термальных вод.

Установленные содержания остальных микроэлементов (Al, P, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Br, Zr, Nb, Ag, Sn, Sb, I, La, Ba, Hg, Pb, Th и U) в азотных термальных водах провинции Цзянси весьма малы и не превышают концентраций, характерных для вод зоны гипергенеза.

3.3 Равновесие термальных вод с ведущими минералами вмещающих пород

Изучение равновесия термальных вод провинции Цзянси, происходящих в системе «термальные воды – порода» позволяет определить не только этап эволюционного развития данной системы, но и источники химических элементов в термах, а также прогнозировать изменение состава.

Результаты расчета степени насыщенности термальных вод к основным минералам водовмещающих пород показывают, что углекислые термы равновесны с кальцитом (рисунок 12 а). При изучении равновесия углекислых терм с кальцитом, одна точка резко выбивается из общего ряда, для которой характерны низкая минерализация (М 351 мг/л) и слабокислый характер среды

(рН 5,70), а как известно [28] таких условий не достаточно для достижения равновесий с кальцитом.

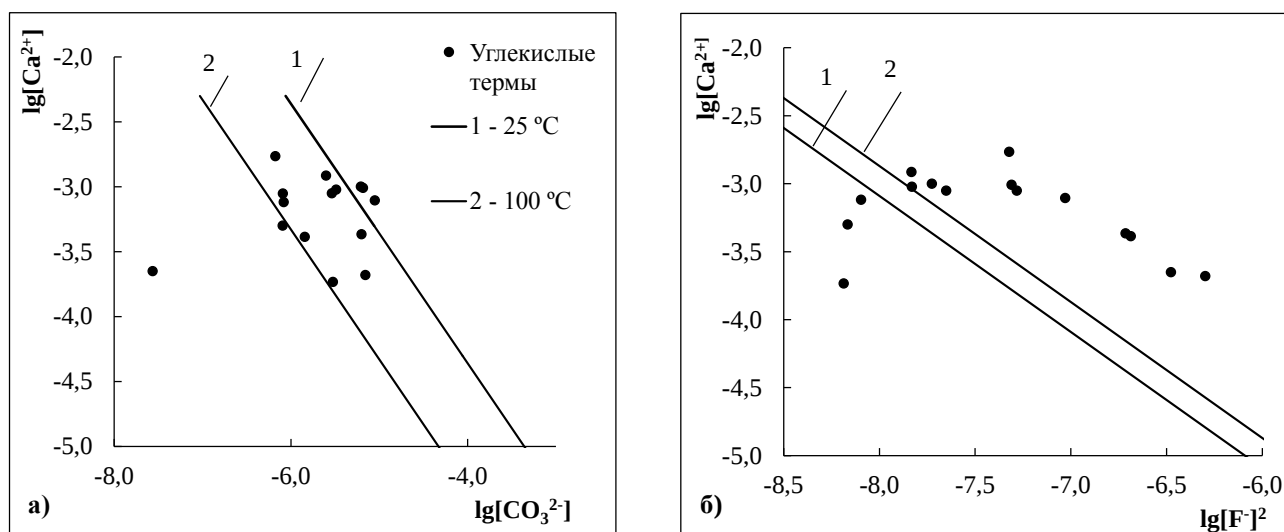


Рисунок 12 – Равновесие углекислых термальных вод с кальцитом (а) и флюоритом (б) при 25 °С и 100 °С

Наряду с кальцитом, воды некоторых родников углекислых терм находятся в равновесном или около равновесном состоянии с флюоритом (рисунок 12 б).

По отношению к алюмосиликатным минералам, которые являются доминирующими в водовмещающих породах, углекислые термы равновесны с монтмориillonитом, альбитом, ломонитом, микроклином и мусковитом. В единичных случаях термы равновесны с глаукофаном и каолинитом (рисунок 13). В то же время, углекислые термальные воды далеки от равновесия с гиббситом, парагонитом, анальцитом, анортитом, лавсонитом, хлоритом, форстеритом, биотитом и др.

Равновесие углекислых терм с одними минералами водовмещающих пород и одновременное растворение других находится в соответствии с постулатом о равновесно-неравновесном состоянии системы вода-порода С.Л. Шварцева [27]. Последнее позволяет сделать вывод о том, что система углекислые термальные воды – горные породы носит равновесно-

неравновесный характер, а значит те минералы, с которыми данная система равновесна, она формирует, а с которыми неравновесна – растворяет.

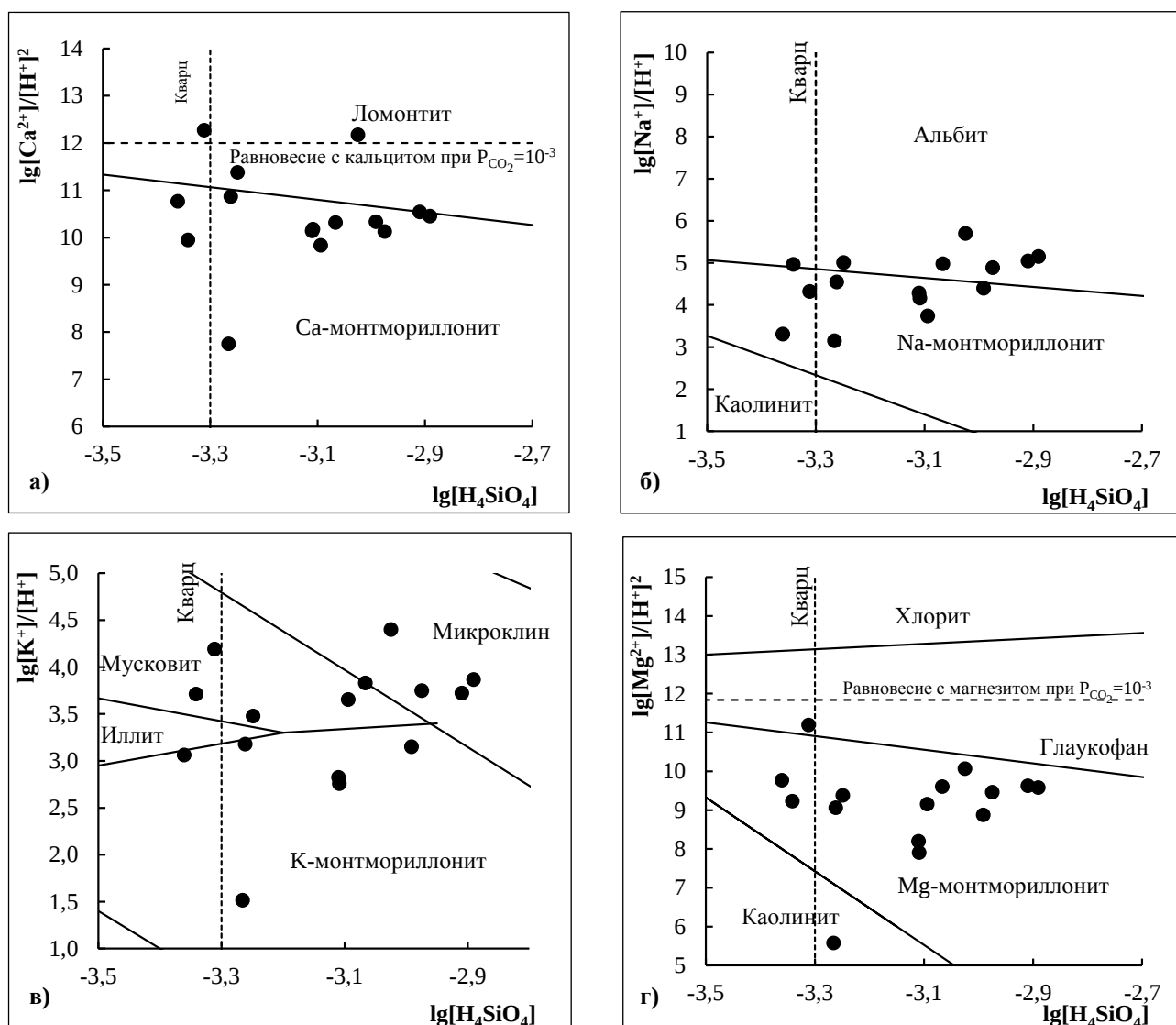


Рисунок 13 – Равновесие углекислых термальных вод с алюмосиликатными минералами (а) – система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2$ при $60\text{ }^{\circ}C$; (б) – система $HCl-H_2O-Al_2O_3-Na_2O-SiO_2$ при $100\text{ }^{\circ}C$; (в) – система $SiO_2-Al_2O_3-K_2O-CO_2-H_2O$ при $100\text{ }^{\circ}C$; (г) – система $HCl-H_2O-Al_2O_3-MgO-SiO_2$ при $100\text{ }^{\circ}C$

Несмотря на весьма низкую и практически не изменяющуюся соленость азотных термальных вод рассматриваемого региона, они, как и углекислые термы, являются равновесными с карбонатными минералами, а именно с кальцитом (рисунок 14 а). Наряду с кальцитом, азотные термы равновесны с флюоритом (рисунок 14 б).

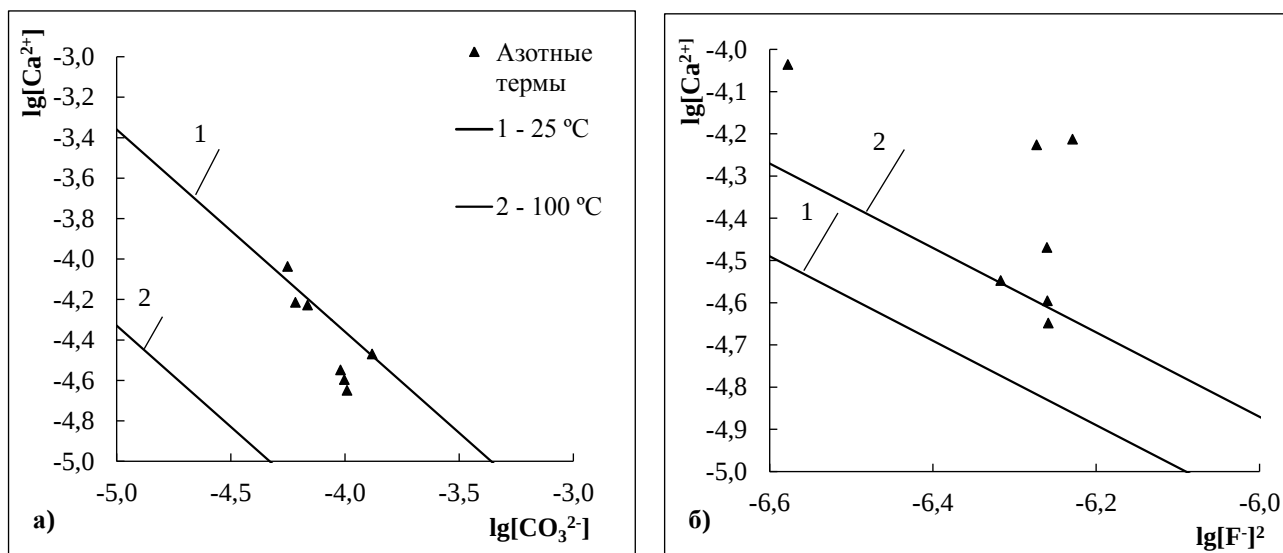


Рисунок 14 – Равновесие углекислых термальных вод с кальцитом (а) и флюоритом (б) при 25 °С и 100 °С

Равновесие азотных терм с флюоритом позволяет объяснить столь высокие концентрации F^- в водах и принять в качестве его источника водовмещающие породы. Дело в том, что по мере азотных терм с горными породами Ca^{2+} постоянно выводится из раствора, в котором накапливается в больших количествах F^- за счет растворения пород с высоким его содержанием, например, базальтов или гранитов. Все объясняется временем взаимодействия азотных терм с горными породами, с течением которого содержания Ca^{2+} в растворе уменьшаются, а F^- растут. Данная связь подтверждается рассчитанным коэффициентом корреляции, показывающим обратно пропорциональную связь между Ca^{2+} и F^- , и который равен минус 0,66 (таблица 5). После достижения равновесия с фторсодержащими минералами, в данном случае с флюоритом, F перестает накапливаться в растворе и связывается вторичными минералами, то есть после достижения равновесия начинается формирование вторичных минералов, в частности флюорита. В таком ключе источники фтора были рассмотрены намного раньше [8, 12, 30, 29].

Что касается алюмосиликатных минералов, то на диаграмме равновесия натриевых минералов (рисунок 15 а) видно, что азотные термы равновесны с альбитом, и далеки от равновесия с парагонитом и анальцимом.

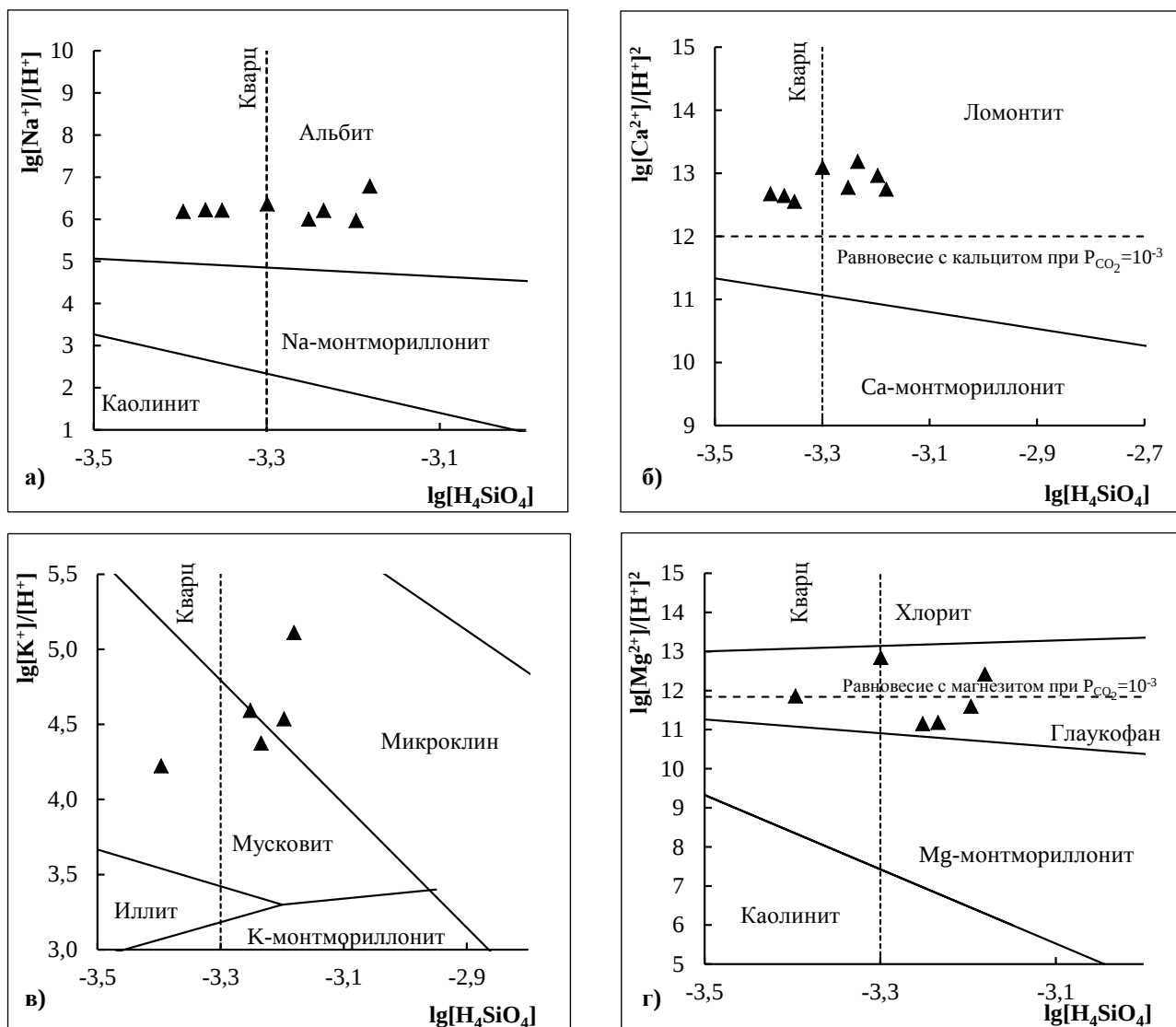


Рисунок 15 – Равновесие азотных термальных вод с алюмосиликатными минералами (а) – система HCl–H₂O–Al₂O₃–Na₂O–SiO₂ при 100 °C; (б) – система HCl–H₂O–Al₂O₃–CaO–SiO₂ при 60 °C; (в) – система SiO₂–Al₂O₃–K₂O–CO₂–H₂O при 100 °C; (г) – система HCl–H₂O–Al₂O₃–MgO–SiO₂ при 100 °C

Относительно кальций содержащих алюмосиликатов достигается равновесие с ломонитом (рисунок 15 б), одновременно азотные термы далеки от равновесия с анортитом, лавсонитом и другими.

На диаграмме равновесия калиевых алюмосиликатов (рисунок 15 в) азотные термы провинции Цзянси расположились в полях устойчивости мусковита и микроклина.

Из представителей магниевых алюмосиликатов (рисунок 15 г) равновесие достигается с глаукофаном.

Такой характер равновесия является схожим с равновесием азотных термальных вод с основными минералами водовмещающих пород в других регионах мира, в частности в Забайкалье [30].

Равновесие азотных терм с одними минералами и отсутствие равновесия с другими говорит о том, что система азотные термальные воды – горные породы находится в равновесно-неравновесном состоянии. Эволюция данной системы протекает в условия постоянного заимствования химических элементов из водовмещающих пород, которые непрерывно связываются вторичными минералами. В результате этого устанавливается равновесие между количеством элементов, поступающих в раствор и выпадающих из него, что обеспечивает стабильность их состава и не ведет к росту солености, не смотря на то, что взаимодействие воды с породами продолжается [30].

3.4 Изотопный состав термальных вод

Изотопный состав Н и О воды, а именно корреляционная зависимость между содержанием стабильных изотопов дейтерия и кислорода-18 является надежным критерием для определения генезиса воды. Результаты анализа изотопного состава Н и О воды приведены в таблице 6.

Корреляционная зависимость в распределении изотопов водорода и кислорода в метеорных водах и установлена Г. Крейгом и выражена в виде уравнения, называемого прямой Крейга или глобальной линией метеорных вод [31].

Для атмосферных осадков провинции Цзянси соотношение изотопов дейтерия и кислорода-18 было оценено ранее [47, 49, 52, 44, 40] и несколько отличается на различных участках провинции.

Таблица 6 – Изотопный состав Н и О термальных вод

№	δD V _{SMOW}	$\delta^{18}O$ V _{SMOW}
3	-60,6	-6,7
5	-55,9	-6,1
9	-53,1	-6,3
10	-47,9	-6,2
13	-55,0	-6,1
14	-59,0	-6,9
15	-61,0	-6,7
16	-57,8	-7,2
18	-66,2	-7,3
22	-66,6	-8,0
23	-59,6	-6,5

Так, для северной части провинции Цзянси (1), для центральной части – (2), для юга провинции – (3) [49]:

$$\delta D = 7.16 \delta^{18}O + 8.88\text{‰}, (\gamma = 0.98) \quad (1)$$

$$\delta D = 8.31 \delta^{18}O + 11.06\text{‰}, (\gamma = 0.97) \quad (2)$$

$$\delta D = 8.33 \delta^{18}O + 8.52\text{‰}, (\gamma = 0.98). \quad (3)$$

Данные изотопного состава показывают, что в углекислых термах значения δD и $\delta^{18}O$, соответственно, варьируют в пределах от минус 60,6 до минус 47,9 ‰ и от минус 7,2 до минус 6,1 ‰, в азотных термах – δD и $\delta^{18}O$ от минус 66,6 до минус 59,6 ‰ и минус 7,2 до минус 6,1 ‰ соответственно. Изотопный состав термальных вод, в целом, хотя и указывает на их метеорное происхождение, но их точки расположились достаточно далеко от линии метеорных вод (рисунок 16). Точки сдвинуты вниз и вправо от линий метеорных вод, что объясняется длительным взаимодействием терм с алюмосиликатными минералами, поскольку при гидролизе последних раствор обогащается тяжелыми изотопами ^{18}O .

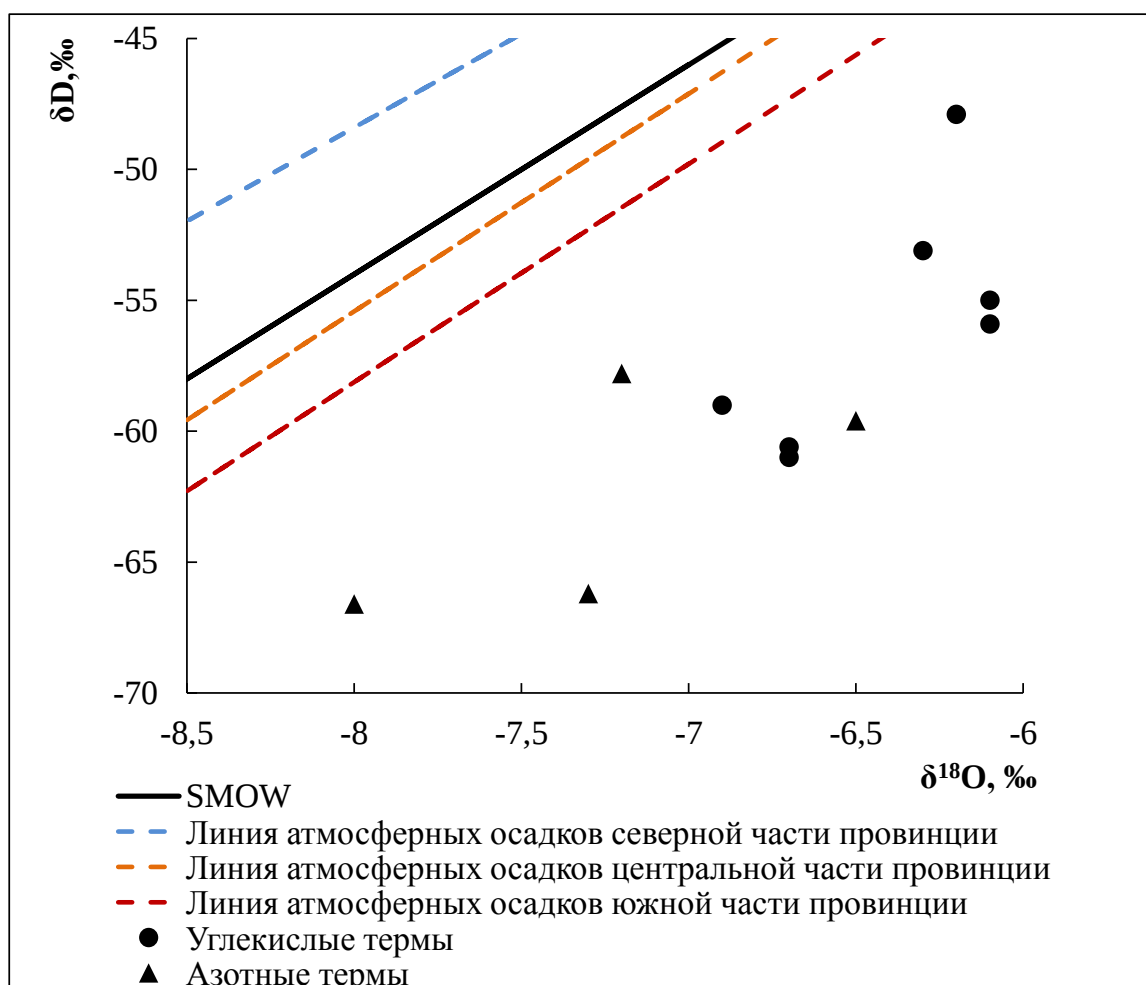


Рисунок 16 – Положение термальных вод на диаграмме δD и $\delta^{18}O$

3.5 Сравнительный анализ закономерностей формирования углекислых и термальных вод

Изучение химического состава углекислых и азотных терм и их равновесий с минералами водовмещающих пород позволяет выявить основные отличительные черты между этими типами термальных вод.

Так, углекислые термы являются более минерализованными, чем азотные. При этом углекислые термы являются слабокислыми, иногда они изменяются до нейтральных, однако, азотные термы обладают исключительно щелочным характером среды.

Различия между данными типами выявлены и в отношении их взаимодействия с горными породами. Особенно явно видно отличие в

равновесии терм с алюмосиликатами. Если точки углекислых термальных вод расположились в полях устойчивости монтмориллонита, и только некоторые из них – с ломонтином, альбитом, микроклином и мусковитом, то азотные термы полностью расположились в полях устойчивости альбита, ломонтита, глаукофана, микроклина и мусковита.

Сказанное выше объясняется особенностями эволюции системы вода-порода в случае углекислых и азотных термальных вод. Рассмотрим взаимодействие воды с горными породами для каждого конкретного типа терм.

Как было упомянуто выше, термальные воды провинции Цзянси метеорного генезиса. Мощность четвертичных отложений незначительна, кроме того термальные воды приурочены в основном к горным породам более ранних возрастов. Из этого следует, что атмосферные осадки, просачивающиеся в недра, напрямую попадают в коренные породы, где начинают с ними взаимодействовать. Основным механизмом взаимодействия при этом выступает гидролиз алюмосиликатных минералов, которые в большом количестве содержатся в распространенных на исследуемой территории гранитах. Общий вид реакции гидролиза представлен в виде уравнения 4. В процессе гидролиза, как известно, за счет химического разложения воды образуется гидроксильная группа OH^- [26, 27, 28]:

(4)

где n относится к неопределенным атомным отношениям, o и t – соответственно к октаэдрическим и тетраэдрическим координациям; M обозначает металлические катионы; последний член реакции включает, по крайней мере, три возможных вещества: глинистый минерал, цеолит и силикатные обломки [26, 27, 28].

Так как в результате гидролиза образуется гидроксильная группа OH^- , то pH воды постоянно растет. Образующаяся щелочность в той или иной мере нейтрализуется кислотами. В качестве такого нейтрализатора выступает CO_2 . В

углекислых термальных водах CO_2 находится в достаточных количествах, которые, соединяясь с гидроксильной группой OH^- по формуле 5, нейтрализуют щелочность среды, следовательно, понижают pH среды.

(5)

В связи с понижением pH, условия гидрогеохимической обстановки становятся неблагоприятными для вторичного минералообразования. Образующиеся в результате гидролиза элементы в меньшей степени связываются вторичными минералами, но в большей степени накапливаются, за счет чего и растет минерализация углекислых вод.

За счет присутствия в воде CO_2 щелочность среды не перестает нейтрализоваться, а, следовательно, элементы не перестают накапливаться. В конечном итоге, с течением времени взаимодействия углекислые термы достигают равновесия с минералами водовмещающих пород, и подтверждением тому служит насыщение исследуемых терм к кальциту, флюориту, монтмориллониту, микроклину и другим минералам. Однако этих условий не достаточно, чтобы система углекислые термы–горные породы перешла на новый этап развития и полностью достигла равновесия с альбитом, биотитом, форстеритом и другими минералами.

В азотных термах наблюдается несколько иная картина. В процессе гидролиза алюмосиликатных минералов по той же схеме (формула 1) образующаяся щелочность не нейтрализуется, а лишь растет, поскольку CO_2 или каких либо других минеральных или органических кислот в азотных термах не содержится.

Увеличение щелочности и температуры сдвигает равновесие в системе в сторону образования карбонатных минералов даже при низких концентрациях Ca, Mg и Fe [30]. В условиях повышенной щелочности процесс вторичного минералообразования происходит с достаточно высокой скоростью. В течение некоторого времени азотные термы, достигшие равновесия с карбонатными минералами, остаются не равновесными с алюмосиликатами, при этом

продолжая растворять последние, обеспечивают раствор Si, Na, K, Al, Fe, Ca, F и т.д. С течением времени взаимодействия с горными породами, не смотря на низкие концентрации Ca, Mg и Fe, в условиях высокой температуры и высоких значений pH, азотные термы начинают насыщаться алюмосиликатными минералами, что выводит систему азотные термы–горные породы на новый этап развития. Подтверждение этому опять же является равновесие азотных терм с монтмориллонитом, альбитом, ломонтитом, глаукофаном.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод, что по мере увеличения времени взаимодействия термальных вод с горными породами, происходит гидролиз алюмосиликатов. Последний процесс резко увеличивает щелочность среды. В углекислых термальных водах щелочность нейтрализуется с помощью CO₂, в результате чего, pH среды падает, доля связываемых вторичными минералами элементов уменьшается, процесс вторичного минералообразования замедляется, а доля накапливающихся в растворе элементов увеличивается, что приводит к повышенной минерализации и низким значениям pH углекислых терм.

В азотных термальных водах отсутствуют, нейтрализующие щелочность кислоты, поэтому с течением времени взаимодействия с горными породами, pH среды постоянно растет. При этом доля связываемых вторичными минералами элементов растет, увеличиваются скорость и масштабы вторичного минералообразования и уменьшается доля накапливающихся в растворе элементов, что приводит к весьма низкой минерализации азотных терм и постоянно высокому pH.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ41	Зиппа Елена Владимировна

Институт	ИПР	Кафедра	ГИГЭ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	20.04.02 «Природообустройство и водопользование»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости полевых, лабораторных и камеральных работ при исследовании химического состава термальных вод провинции Цзянси
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ССН-92, Вып.1, Вып.7 - Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы - СНОР-93, Вып.1 - СБЦ -99
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс РФ, ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Расчет затраты времени, труда, материалов, оборудования при проведении полевых, лабораторных и камеральных работ 2. Расчет затрат на оплату труда основных исполнителей работ 3. Расчет страховых взносов во внебюджетные фонды
4. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление плана проведения полевых, лабораторных и камеральных работ
5. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка эффективности мероприятий по изучению химического состава термальных вод

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. Структура сметной стоимости на проведение работ по изучению химического состава термальных вод провинции Цзянси
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	04.03.2016
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. каф. ЭПР	Шарф И.В.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Зиппа Елена Владимировна		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В основу исследований геохимических аспектов термальных вод провинции Цзянси положен фактический материал, полученный в результате экспедиционных исследований. В ходе данных исследований были опробованы 12 родников термальных вод на общий химический, микрокомпонентный и изотопный состав. В этой связи целесообразно рассчитать стоимость полевых, лабораторных и камеральных работ.

Сметная стоимость проведенных экспедиционных исследований рассчитывалась с использованием следующих нормативно-правовых документов:

- Сборник сметных норм на геологоразведочные работы за 1992 год выпуск №1, №7 (ССН-92, Вып.1, Вып.7).
- Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы.
- Сборник норм основных расходов на геологоразведочные работы за 1993 год выпуск №1 (СНОР-93, Вып.1).
- Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год (СБЦ -99).

4.1 Расчет стоимости полевых работ

Полевые работы проводились в пределах территории провинции Цзянси. В процессе проведения полевых работ передвижения между пунктами отбора проб термальных вод осуществлялись на предоставленном китайскими коллегами транспорте. Протяженность маршрута за 10 дней составила около 3000 км.

В состав расходов на полевые работы входят: закупка необходимой для отбора проб посуды, перелет из г. Томска в г. Наньчани и обратно, проживание, отбор проб термальных вод.

Расчет затрат времени (N_i) по каждому виду работ производился по формуле:

$$N_i = HB_p \times V_i, \quad (6)$$

где HB_p – норма времени на выполнение единицы i -го вида проектируемых работ; V_i – объем i -го вида работ.

Затраты времени на передвижение, согласно ССН-92, вып. 1, ч. 1, т. 40, составили: $0,41 \times 3000 / 100 \text{ км} = 12,3 \text{ бр/см}$ по дорогам 1 категории (дороги с усовершенствованным покрытием (асфальтобетонные, цементно-бетонные)).

Затраты труда (в чел.-сменах) исполнителя – инженера-гидрогеолога, выполняющего переезды на транспортных средствах, численно равны нормам длительности этой работы 0,41.

В состав работ по отбору проб входят работы, предусмотренные нормами ССН-92 вып. 1, ч. 4, глава 2: операции, связанные с обслуживанием рабочего места; мытье бутылок и пробок; трехкратное ополаскивание бутылок и пробок отбираемой водой; наполнение бутылок водой; закупорка бутылок пробками; заполнение этикеток и прикрепление их к бутылкам; упаковка бутылок.

Пробы воды на общий химический отбирались в пластмассовые бутылки емкостью 0,5 л по 2 бутылки на каждый родник, на анализ изотопного состава – в стеклянные бутылки 100 мл, на микрокомпонентный состав – по 2 пластмассовых пробирки емкостью 100 мл. С каждого пункта отбиралось в общей сложности по 1,4 л воды. Всего было отобрано 72 пробы.

Расчет затрат времени на отбор проб согласно ССН, вып. 1, ч. 4, т. 48: $0,37 \times 72 / 10 = 2,67 \text{ бр/см}$.

Затраты труда (в чел.-сменах) исполнителя работы – инженера-гидрогеолога численно равны нормам длительности данной работы 0,37.

Таблица 7 – Расчет затрат труда и времени

Виды работ	Ед. работ	Номер нормы времени по ССН-92	Норма времени	Объем работ	Затраты времени (бр/см)	Затраты труда (чел/см)
Передвижения на предоставленном транспорте	100 км	вып. 1, ч. 1, т. 40	0,41	30	12,3	0,41
Отбор проб воды	10 проб	вып. 1, ч. 4, т. 48	0,37	7,2	2,67	0,37
ВСЕГО:					14,97	0,78

Расчеты материальных затрат приведены в таблице 8

Таблица 8 – Расчет материальных затрат

Наименование	Ед. измер.	Кол-во	Цена за ед., руб.	Общие затраты на материалы, руб.
Пластмассовая посуда для проб воды 0,5 л	штука	30	35,00	1050,00
Пластмассовая посуда для проб воды 100 мл	штука	30	25,00	750,00
Стеклянная посуда для проб воды на анализ изотопного состава 100 мл	штука	30	100,00	3000,00

Наибольшее количество затрат приходится на закупку посуды для отбора проб термальных вод для анализа изотопного состава.

Общие затраты на полевые работы составляют 693 810,40 рублей и приведены в таблице 9.

Наибольшее количество затрат приходится на транспортные расходы, приуроченные к полевым работам на территории провинции Цзянси. Затрат в меньшем объеме приходится на отчисление заработной платы сотрудникам, проживание, закупку материалов и проведение непосредственно полевых работ.

Таблица 9 – Затраты на проведение полевых работ

Наименование работ и затрат	Ед. измерения	Объем работ	Единич. сметная расценка в тек.ценах, руб.	Смет.стоим. объема работ, в текущих ценах, руб.
1. Материальные расходы				
Пластмассовая посуда для проб воды 0,5 л	штука	30	35,00	1050,00
Пластмассовая посуда для проб воды 100 мл	штука	30	25,00	750,00
Стеклянная посуда для проб воды на анализ изотопного состава 100 мл	штука	30	100,00	3000,00
2. Расходы на проживание (на 4 человека)	сут	10	8000,00	80000,00
3. Транспортные расходы				
Внешний (авиаперелет Томск-Пекин-Наньчан-Пекин Томск)	билет	4	45000,00	180000,00
4. Отбор проб				
Отбор проб термальных вод на общий химический анализ	проба	12	204,70	2456,40
Отбор проб термальных вод на микрокомпонентный анализ (методом ICP)	проба	12	204,70	2456,40
Отбор проб термальных вод на анализ изотопного состава	проба	12	204,70	2456,40
Определение неустойчивых химических компонентов в воде	проба	12	1290,50	15486,00
5.Заработная плата (инженер-гидрогеолог)	рубли	3	41100,00	123300,00
ВСЕГО:				693 810,40

4.2 Расчет стоимости лабораторных работ

Лабораторные исследования проведены в аккредитованной Проблемной научно-исследовательской гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета НОЦ «ВОДА», на базе которой исследовались

пробы термальных вод на общий химический и микрокомпонентный состав. Стоимость общего химического анализа рассчитана в соответствии с базовыми ценами СБЦ-99, пересчитанными по индексу цен на I квартал 2016 г. [14]. Проведение микрокомпонентного и изотопного состава переданы сторонним организациям.

Общая стоимость затрат на лабораторные работы составила 131 938,20 рублей и приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Затраты на лабораторные работы

Наименование работ и затрат	Ед.изм	Объем работ	Единич. сметная расценка в тек.ценах, руб.	Смет.стоим. объема работ, в текущих ценах, руб.
Общий хим.анализ воды	проба	12	2994,85	35938,20
Определение хим.элементов методом ICP	проба	12	4000,00	48000,00
Анализ изотопов воды D и ¹⁸ O	проба	12	4000,00	48000,00
ВСЕГО:				131 938,2

4.3 Расчет затрат на камеральные работы

В состав камеральных работ входят работы по камеральной обработке результатов лабораторных исследований и составление технического отчета. Согласно СБЦ-99 г. расценки камеральной обработки результатов лабораторных исследований составляют 20% от стоимости лабораторных работ. Составление технического отчета составляет 12 % от стоимости камеральных работ.

Итоговая сметная стоимость работ составила 1 010 716,29 рублей (таблица 11). С учетом НДС, составляющего 18 % от сметной стоимости, стоимость работ составляет 1 192 645,22 рублей.

Таблица 11. Итоговая стоимость работ

Наименование затрат	Итоговая сметная стоимость в тек.ценах, руб
Полевые работы	693810,40
Лабораторные работы	131938,20
Камеральные работы	184967,69
Заработная плата	123300,00
Итоговая сметная стоимость работ без учета НДС	1 010 716,29
НДС 18 %	181 928,93
Итоговая сметная стоимость работ с учетом НДС	1 192 645,22

Структура затрат представлена на рисунке 17 с целью наглядной демонстрации распределения затрат на комплекс работ в рамках изучения геохимических аспектов термальных вод.

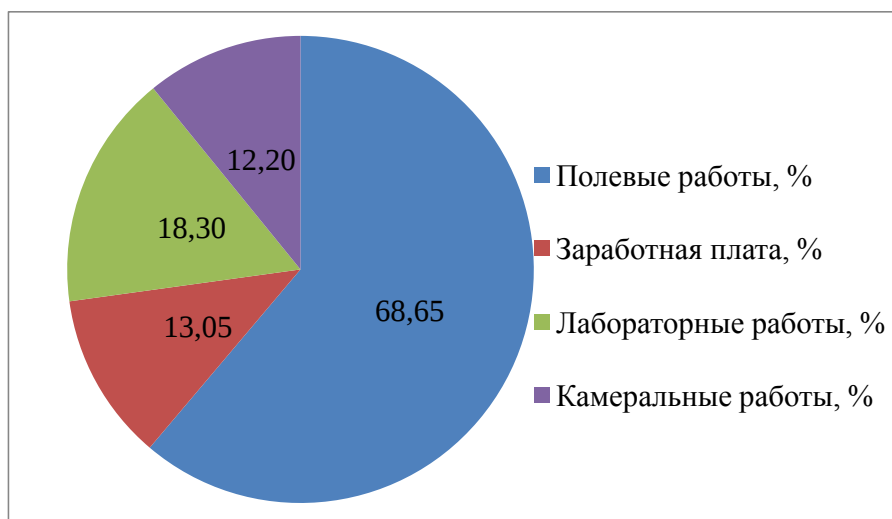


Рисунок 17 – Структура затрат

Из структуры затрат видно, что наибольшее количество денежных средств приходится на полевые работы, что составляет 68,65 % от общего объема затрат. В значительно меньшем объеме составляют затраты на лабораторные работы (около 18 %). Самые минимальные затраты приходятся на выплату заработной платы сотрудникам и камеральные работы, что соответственно составляет 13,05 % и 12,20 %.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ41	Зиппа Елена Владимировна

Институт	ИПР	Кафедра	ГИГЭ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	20.04.02 «Природообустройство и водопользование»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»	Термальные воды провинции Цзянси и их использование в бальнеологических целях
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой среды: – недостаточная освещенность; – электромагнитное излучение. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой среды: – электробезопасность; – пожарная безопасность.
	2. Экологическая безопасность: – анализ воздействия объекта на атмосферу; – анализ воздействия объекта на гидросферу; – анализ воздействия объекта на литосферу;
	3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях – анализ возможных ЧС в районах распространения термальных вод; – правила поведения при выявленных ЧС.
	4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	04.03.2016
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Немцова О.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Зиппа Елена Владимировна		

5 Социальная ответственность

В соответствии со стандартом ИСО 26000:2010, под социальной ответственностью понимается ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

В работе рассмотрены геохимические аспекты термальных вод провинции Цзянси. Обработка результатов химического и изотопного анализа, интерпретация полученных результатов и выявление основных геохимических закономерностей осуществлялись с использованием персонального компьютера (ПК), в учебной аудитории Национального исследовательского Томского политехнического университета при наличии искусственного освещения и централизованного отопления, что свидетельствует о достаточно благоприятном микроклимате места проведения работ.

Негативное воздействие на человека персональных компьютеров заключается в головную боль, резь в глазах, тянущие боли в мышцах шеи, рук, спины. Кроме того, на пользователей ПК постоянно действуют опасные и вредные производственные факторы (ГОСТ 12.0.003-74): повышенный уровень статического электричества; нервно-эмоциональная напряженность; недостаточная освещенность рабочей зоны; отклонение показателей микроклимата.

Основными вредными факторами рабочего места, характеризующими взаимодействие трудящегося с окружающей производственной средой, со стороны их вредных проявлений являются освещение и электромагнитные поля, а со стороны их опасных проявлений – проявления электрической природы.

5.1 Анализ вредных факторов проектируемой среды

Анализ вредных и опасных факторов следует проводить в соответствии с ГОСТ 12.00.003-74. К вредным факторам относят искусственное освещение, обеспечивается электрическими источниками света и применяется для работы в темное время суток, а днем при недостаточном естественном освещении. Источниками света при искусственном освещении являются газоразрядные лампы низкого и высокого давления и лампы накаливания. Согласно СНиП 23-05-95, для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест, составляющая, с учетом проведения работ средней точности, порядка 150 лк. Для естественного и совмещенного освещения определяется коэффициент, который представляет собой отношение освещенности в данной точке внутри помещения к одновременно измеренной наружной горизонтальной освещенности под открытым небом и составляющий, с учетом заданных условий 2,0 %.

Поскольку все наши работы проводятся с использованием ПК, то в качестве вредного фактора следует рассмотреть электромагнитное излучение. Электромагнитные излучения бывают мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, ближнего инфракрасного, радиочастотного диапазона, сверх- и инфранизкочастотного, электростатических полей.

При работе, компьютер образует вокруг себя электромагнитное поле, которое деионизирует окружающую среду, а при нагревании платы и корпус монитора испускают в воздух вредные вещества. Всё это делает воздух очень

сухим, слабо ионизированным, со специфическим запахом и в общем "тяжёлым" для дыхания. Естественно, что такой воздух не может быть полезен для организма и может привести к заболеваниям аллергического характера, болезням органов дыхания и другим расстройствам. Монитор является сильным источником электромагнитного излучения, особенно его боковые и задние стенки, т.к. они не имеют специального защитного покрытия, которое есть у лицевой части экрана.

Электромагнитные излучения, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной многих серьезных заболеваний, например нарушение ритма и замедление частоты сердечных вращений. Наиболее чувствительными к данному воздействию является нервная и сердечно-сосудистая система. Уровни допустимого электромагнитного излучения и регламентируются в ГОСТ 12.1.006-84 и СанПиН 2.2.4.1191-03.

В качестве защитных мер от электромагнитных излучений компьютера, можно назвать регулярные прогулки на свежем воздухе, проветривание помещения, занятия спортом, соблюдение элементарных правил работы, работа с хорошей техникой, которая удовлетворяет всем стандартам безопасности и санитарным нормам.

5.2 Анализ опасных факторов проектируемой среды

Что касается опасных воздействий в процессе работы с ПК, то таковыми являются воздействия электрической природы. В связи с этим, необходимо обеспечить электробезопасность. Электробезопасностью называется система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электрического поля и статического электричества [11].

Опасность электропоражения появляется в случаях при непосредственном прикосновении с токоведущими частями во время ремонта ПЭВМ, при прикосновении к токоведущим частям, оказавшимся под напряжением, при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением. Также имеет место быть опасность короткого замыкания высоковольтных блоков.

В целях защиты необходимо применять следующие меры:

- защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением, при этом сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом, зануление для устранения опасности поражения электрическим током при замыкании на корпус электроустановок, работающих под напряжением до 1000 Вв трехфазных четырехпроводных сетях с глухо-заземленной нейтралью;

- защитное отключение – быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током, происходит изменение некоторых электрических параметров сети, которые служат сигналом, вызывающим срабатывание устройства защитного отключения;

Перед началом работы необходимо удостовериться в наличии и исправности заземления, затем включить рубильник и после включить электрическое питание компьютеров, на которых планируется выполнение работ.

Для предупреждения электротравматизма во время работ в электроустановках очень важно проводить соответствующие защитные мероприятия, применение которых регламентируется Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТ Р М 016-2001; РД 153-34.0-03.150-00). В перечисленных документах приведены требования к персоналу,

производящему работы в электроустановках, определены порядок и условия производства работ, рассмотрены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ [11].

Анализ опасных факторов при работе с ПК должен включать в себя анализ пожарной безопасности. В современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, коммутационные кабели. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до 80-100 °С [11]. При этом возможно плавление изоляции соединительных проводов, их оголение и, как следствие, короткое замыкание, которое сопровождается искрением, ведет к недопустимым перегрузкам элементов электронных схем. Последние, перегреваясь, сгорают с разбрызгиванием искр. Для отвода избыточной теплоты от ЭВМ служат системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Эксплуатация ПК связана с необходимостью проведения обслуживающих, ремонтных и профилактических работ. При этом используют различные смазочные вещества, легковоспламеняющиеся жидкости, прокладывают временные электропроводки, ведут пайку и чистку отдельных узлов и деталей. Возникает дополнительная пожарная опасность, требующая принятия соответствующих мер пожарной профилактики. Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов. А также условиями их обработки. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения и здания подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д [11]. Для большинства помещений вычислительных центров установлена категория пожарной опасности В.

Требования по обеспечению пожарной безопасности регламентируются ГОСТ 12.1.004-91. Помещение постоянно должно содержаться в чистоте и

систематически очищаться от отходов производства. В зависимости от категории установлены соответствующие нормативы по огнестойкости строительных конструкций, планировке зданий, этажности, оснащенности устройствами противопожарной защиты и др. Особые требования предъявляются к устройству и размещению кабельных коммуникаций.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Поэтому безопасность людей находится в прямой зависимости от времени пребывания их в здании при пожаре. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число и размеры конструктивно-планировочные решения, которых регламентированы. Успех ликвидации пожара на производстве зависит, прежде всего, от быстроты оповещения о его начале. Для этого используется система пожарной сигнализации.

5.3 Охрана окружающей среды

Термальные воды провинции Цзянси в основном используются в бальнеологических целях. Родники терм используются в пределах благоустроенных санитарно-курортных зон, которые в свою очередь широко распространены в пределах территории провинции. Использование родников в бальнеологических целях в соответствии с установленными нормативами, стандартами и другими регламентирующими данную деятельность документами позволяет максимально снизить воздействие на окружающую среду, однако, такое воздействие имеет место быть.

Примером воздействия использования терм на гидросферу может послужить постоянный и чрезмерный водоотвод термальных вод из скважин для целей курортов, который может привести к истощению их ресурсов. Поэтому, с целью недопущения истощения родников, очень важно проводить постоянный мониторинг и оценку запасов терм. Помимо этого, сами термы

могут оказывать влияние на подземные и поверхностные воды в зоне разгрузки, оказывая на них температурное воздействие, разбавляя их и привнося новые химические элементы.

Организация курортного комплекса, с учетом особенностей рельефа провинции Цзянси, может включать в себя изменение ландшафта для строительства.

По отношению к атмосфере, основными источниками загрязнения воздуха будут являться специализированные для строительства машины, в дальнейшем – автомобили обслуживающего курорт персонала и отдыхающих. Следует отметить, что напрямую термальные воды воздействия на атмосферу не оказывают.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В соответствии с ФЗ № 68 от 21.12.1994 г., под чрезвычайной ситуацией подразумевается обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иных бедствий, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной зоне, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Как было сказано ранее, термальные воды приурочены к глубинным разломам, которые до сих пор отмечены высокой тектонической активностью, что является причиной для возникновения землетрясений, относящимся к природному геологическому типу чрезвычайных ситуаций.

Наиболее частая причина землетрясений – переход накопленной при упругих деформациях породы потенциальной энергии в кинетическую при разрушении (разломе), инициирующий сейсмические волны в грунте. В зависимости от глубины очага Н землетрясения подразделяют на нормальные

($0 < H < H_{300}$ км). Оценка землетрясения по величине и мощности очага ведется по величине магнитуды (M), под которой понимают безразмерную величину, характеризующую общую энергию вызванных землетрясением упругих колебаний ($0 < M$). Сила землетрясения исчисляется в баллах, причем обычно применяют либо шкалу Рихтера, использующую величину магнитуды ($1 < M < 9$) [13].

Прогнозирование землетрясений является важнейшим мероприятием в системе контроля сейсмической обстановки. К сожалению, из-за отсутствия надежных и относительно недорогих методик и аппаратуры надежный краткосрочный (за несколько суток) и непосредственный (за несколько часов) прогноз в настоящее время проблематичен. В то же время по изменению характерных свойств поверхности Земли, а также необычному поведению некоторых живых организмов перед землетрясением (они носят название предвестников) специалисты способны составить приблизительные прогнозы. Такими предвестниками землетрясений являются: деформация земной коры, определяемая путем наблюдения из Космоса; изменение электросопротивления горных пород, колебание уровня грунтовых вод в скважинах; быстрый рост частоты слабых толчков; повышение концентрации радона в воде и др. [21].

В случае, если человек оказался свидетелем землетрясения, находясь при это в здании корпуса курортного комплекса необходимо следовать следующей инструкции: не поддаваться панике и сохранять спокойствие; при первых толчках следует покинуть здание (в течение 15-20 секунд); выбежав на улицу, следует сразу же отойти от него на открытое место подальше от электропроводов, карнизов, балконов; если обстановка не позволяет покинуть здание, то необходимо спрятаться под крепкими столами, встать в дверном проеме, вблизи капитальных стен (эти места наиболее прочны, здесь больше шансов остаться невредимыми); держаться подальше от окон, теплопроводов; загасить огонь, не пользоваться спичками, может быть утечка газа; двери должны быть открытыми (их может заклинить из-за перекоса); при выходе из

здания запрещается пользоваться лифтом. Спускаться по лестнице следует осторожно проверяя ее прочность. Едва закончится первая серия толчков, закройте водопроводные краны, отключите газ, электроэнергию и покиньте дом. Наиболее опасны первые несколько часов после землетрясения, в течение 2-3 часов нельзя входить в здание без необходимости [21].

5.5 Правовые вопросы обеспечения безопасности

Согласно ст. 217 ТК РФ, создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области, в целях обеспечения соблюдения требований охраны труда, осуществления контроля их выполнения в каждой организации, осуществляющей производственную деятельность, с численностью более 100 работников.

В соответствии с трудовым законодательством организация обеспечения безопасности труда в подразделениях возложена на их руководителей. Они проводят инструктаж по охране труда на рабочих местах. Общую ответственность за организацию работ по охране труда несет руководитель предприятия, а в его отсутствие — главный инженер.

В соответствии со ст. 218 ТК РФ, комитет (комиссия) по охране труда организует совместные действия работодателя и работников по обеспечению требований охраны труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Также организует проведение проверок условий и охраны труда на рабочих местах и информирование работников о результатах указанных проверок, сбор предложений к разделу коллективного договора (соглашения) об охране труда.

Руководствуясь трудовым законодательством, режим труда и отдыха предусматривают с учетом специфики труда всех работающих, в первую очередь обеспечивают оптимальные режимы работающих, с повышением

физическими и нервно-эмоциональными нагрузками, в условиях монотонности и с воздействием опасных и вредных производственных факторов.

Нормальная продолжительность рабочего времени сотрудников не может превышать 41 ч в неделю. Основным режимом работы является пятидневная рабочая неделя с двумя выходными днями. При пятидневной рабочей неделе продолжительность ежедневной работы определяется правилами внутреннего трудового распорядка или графиками сменности, составляемыми с соблюдением установленной продолжительности рабочего рабочей недели и утверждаемыми администрацией по согласованию с профсоюзным комитетом.

Заключение

Термальные воды провинции Цзянси, взаимодействуя с горными породами, образуют уникальную, постоянно развивающуюся равновесно-неравновесную систему. В ходе исследования термальных вод изучены природные условия районов распространения терм. По результатам химического анализа установлено, что термальные воды являются, преимущественно, гидрокарбонатными натриевыми. Соленость углекислых терм выше солености азотных, при этом pH углекислых ниже азотных. Высокая минерализация и низкие значения pH углекислых вод объясняется наличием в них углекислой кислоты, которая нейтрализует щелочность. В азотных термах такого нейтрализатора нет, что позволяет pH расти и увеличивает долю элементов, связываемых вторичными минералами. За счет чего соленость азотных терм весьма низкая, а среда всегда щелочная.

Макрокомпонентный состав и углекислых и азотных термальных вод характеризуется доминированием ионов Na^+ , HCO_3^- , Si. Для углекислых терм характерны высокие концентрации F^- . Микрокомпонентный состав термальных вод по сравнению с водами зоны гипергенеза весьма богат Li, Be, Rb, Mo, Cs и W, однако и в этом отношении есть различия между азотными и углекислыми термами. Если последние, помимо ранее перечисленных микроэлементов, в большей степени обогащены Ba, то азотные термы – B, Sc, Ga, As, Cd.

Кроме того, в ходе работы рассчитаны равновесия термальных вод. Установлено, что углекислые термы равновесны с кальцитом, флюоритом, монтмориллонитом, иногда с микроклином и мусковитом. В свою очередь азотные термы равновесны с каолинитом, монтмориллонитом, альбитом, ломонитом, микроклином, мусковитом и другими минералами.

Полученные в ходе работы материалы позволят в дальнейшем более детально изучать механизмы и процессы формирования термальных вод провинции Цзянси.

Список публикаций

Геохимия фтора в азотных термальных водах Забайкалья и провинции Цзянси (Китай). Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии Материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2015. С. 478-482.

Равновесие щелочных гидротерм Байкальской рифтовой зоны к карбонатным минералам по результатам моделирования. Роговские чтения: проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии урбанизированных территорий Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 85-летию со дня рождения профессора Г.М. Рогова. Томский государственный архитектурно-строительный университет; Национальный исследовательский Томский политехнический университет; Национальный исследовательский Томский государственный университет. 2015. С. 44-48.

Geochemical peculiarities of nitric thermal waters in Jiangxi Province (SE-China) / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / All-Russian Scientific Conference with International Participation on Contemporary Issues of Hydrogeology, Engineering Geology and Hydrogeoecology in Eurasia 23–27 November 2015, Tomsk, Russia. – 6 p

Определение степени насыщенности азотных терм восточной части Байкальской рифтовой зоны к кальциту и доломиту. Труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 70-летию юбилею Победы советского народа над фашистской Германией, 2015. – С. 2

Modeling results of calcium-containing minerals precipitation in the alkaline hydrotherms of Baikal Rift Zone: calcite and dolomite / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. XIX International Scientific Symposium in honor of

Academician M.A. Usov "Problems of Geology and Subsurface Development" 6–10
April 2015, Tomsk, Russia

Список используемых источников

1. Басков Е.А., Суриков С. Н. Гидротермы Земли. 1989. – 243 с.
2. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия ТПУ. Геология поиски и разведка полезных ископаемых Сибири. — 2002. Т.305. — В.6. — С.348-365
3. Гаррелс, Р.М. Растворы, минералы, равновесия / Р.М. Гаррелс, Ч.Л. Крайст; под ред. И.Д. Рябчикова, В.В. Щербины; пер. с англ. И.В. Витовской. – М.: Мир, 1968. – 368 с.
4. Гидрогеология Азии / под. Ред. Н.А. Маринова. – М.: Недра, 1974. – 576 с.
5. ГОСТ 12.00.003-74. Опасные и вредные производственные факторы.
6. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
7. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
8. Замана Л.В. Фтор в азотных термах Баунтовской группы (Северное Забайкалье)
9. Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы.
10. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука. – 677 с.
11. Кукин В.Л., Лапшин и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Учебное пособие для ВУЗов - М: Высшая школа, 1993. 318 с. (11)
12. Ломоносов И.С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: изд-во «Наука», 1974. 168с
13. Мاستрюков, Борис Степанович. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий : учебное пособие / Б. С. Мастрюков. — Москва: Академия, 2011. — 368 с.: ил. —

Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 364-365.

14. Письмо Минстроя России от 19.02.2016 N 4688-ХМ/05 «Об индексах изменения сметной стоимости строительно-монтажных и пусконаладочных работ, индексах изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ и иных индексах на I квартал 2016 года»

15. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г. Гидрогеохимические особенности состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны. Геология и геофизика. Т. 54.- № 5.- С. 647—664, 2013

16. ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

17. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

18. Сборник норм основных расходов на геологоразведочные работы за 1993 год выпуск №1

19. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы за 1992 год выпуск №1

20. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы за 1992 год выпуск №7

21. Святова Н.В., Мисбахов А.А., Кабыш Е.Г., Мустаев Р.Ш., Галеев И.Ш. Безопасность и защита человека в чрезвычайных ситуациях: Учебное пособие / – Казань. – ТГГПУ. – НЦ БЖД. – 2011. – 132 с.

22. Смирнов, С.И. О вероятностно-статистических закономерностях распределения химических элементов в природных водах / С.И. Смирнов // Геохимия. – 1963. – № 4. – С. 417–424.

23. СНИП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

24. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год

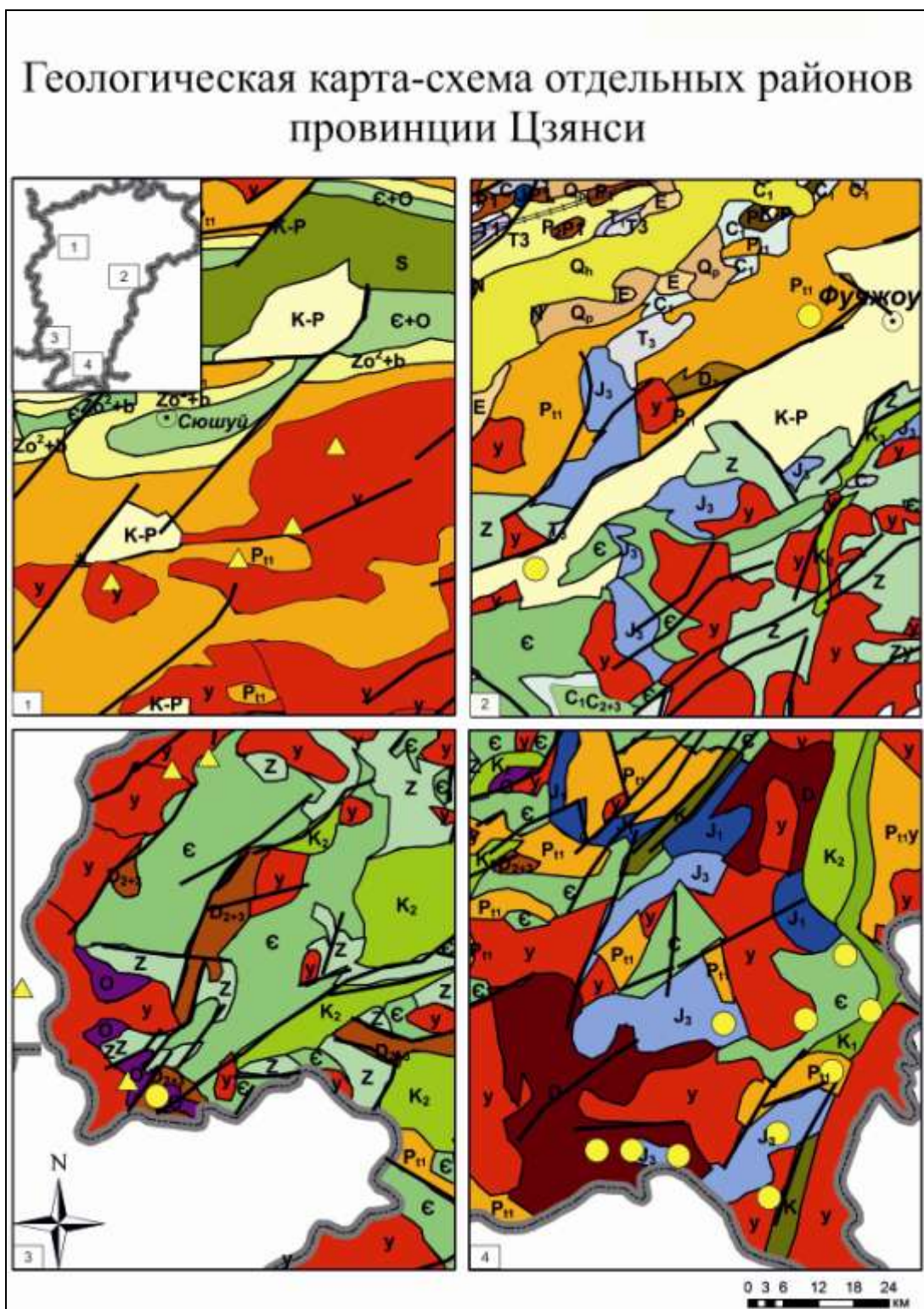
25. ФЗ № 68 от 21.12.1994 г. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.
26. Шварцев С.Л. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т. 1: Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2005. – 243 с.
27. Шварцев, С.Л. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т. 2: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев, Б.Н. Рыженко, В.А. Алексеев и др. ; отв. ред. Б.Н. Рыженко. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2007. – 389 с.
28. Шварцев, С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
29. Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Зиппа Е.В., Сунь Чж. Геохимия фтора в азотных термальных водах Забайкалья /Сборник трудов конференции «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии», Томск, 2015. – 6с.
30. Шварцев С. Л., Замана Л. В., Плюснин А. М., Токаренко О. Г. Равновесие азотных терм Байкальской рифтовой зоны с минералами водовмещающих пород как основа для выявления механизмов их формирования. Геохимия, № 6, 2015.- 1-14 с.
31. Craig, H. Isotopic variations in meteoric water / H. Craig // Science. – 1961. – Vol. 133. – P. 1702–1703.
32. Dong, Yanyan Contingent valuation of Yangtze finless porpoises in Poyang Lake, China : diss. ... Doktor der Wirtschaftswissenschaft / Yanyan Dong. – Leipzig, 2010. – 268 p.
33. FAO soils portal. Other Global Soils Maps and Databases [Электронныйресурс] // Food and Agriculture Organization of the United Nations : [сайт]. – Режимдоступа: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/other-global-soil-maps-and-databases/en/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 14.01.2016).

34. Geological memoirs. Series 1. Number 2. Regional geology of Jiangxi province. – Beijing: Geological publishing house– (People’s Republic of China, Ministry of Geology and Mineral Resources. Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources). An Outline of the regional geology of Jiangxi Province, China 1984. – 922 p.
35. <http://www.worldweatheronline.com/jiangxi-weather-averages/liaoning/cn.aspx> Свободный
36. <https://en.wikipedia.org/wiki/Jiangxi#References>: Свободный
37. <http://www.crc.mofcom.gov.cn/crweb/rcc/china/jiangxi.htm> Свободный
38. Jiangxi statistical yearbook [Электронный ресурс] URL: <http://www.jiangxi.gov.cn/>, Свободный
39. IC CSR 26000:2011. Социальная ответственность организации. Требования.
40. Isotopic and geochemical evidence for mantel and crustal conditions of geothermal fluids in southern Jiangxi Province, China 2007
41. Li Xueli. The relationship between distribution of thermal waters and uranium mineralization in Jiangxi. Journal of East China Geological Institute, 1979. – 21-29
42. Li, Xianghu Estimating the potential evapotranspiration of Poyang Lake basin using remote sense data and Shuttleworth-Wallace model / Xianghu Li, Qi Zhang // Procedia Environmental Sciences / 2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011). – 2011. – Vol. 10 (C). – P. 1575–1582.
43. Liu Xiao-zhi Analysis the hydrological situation of the influx runoff series for Poyang Lake / Xiao-zhi Liu, Rong-fang Li, Da-youn Qing, Yun-zhong Jiang // Procedia Environmental Sciences / 2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011). – 2011. – Vol. 10 (C). – P. 2594–2600

44. Sun Zhanxue. Geothermometry and chemical equilibria of geothermal fluids from hveragerdi, SW-Iceland, and selected hot springs Jiangxi Province, SE-China. Iceland, 1998. – 30 pp.
45. Sun Z. X., Liu J., Gao B. Hydrogeochemistry and Direct Use of Hot Springs in Jiangxi Province, SE-China Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, 2010. – 5pp
46. Sun Z. X. The formation conditions of hot springs in Jiangxi Province, SE-China. East China Geological Institute. 1988. – 50pp.
47. Sun, Zhanxue Studies of geothermal waters in Jiangxi Province using isotope techniques / Zhanxue Sun, Xueli Li // Science in China (Series E). – 2001. – Vol. 44. – P. 144–150.
48. Sun Z., Shvartsev S. L., Tokarenko O. G., Zippa E.V. and Gao B. Geochemical peculiarities of nitric thermal waters in Jiangxi Province (SE-China). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, V.33, 2016. – 6 pp.
49. Sun Z. The Isotopic and Chemical Characteristics of Geothermal Fluids from Two Selected Hot Spring Areas in Jiangxi Province, SE-China / Proceedings World Geothermal Congress, Indonesia, 2010. – 6 pp.
50. Wu Long-hua Influence of Three Gorges Project on water quality of Poyang Lake / Long-hua Wu, Mei Li, Yu-yin Guo, Xiao-li Yang // Procedia Environmental Sciences / 2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011). – Vol. 10 (C). – № 10. – P. 1496–1501.
51. Ye, Xuchun Distinguishing the relative impacts of climate change and human activities on variation of streamflow in the Poyang Lake catchment, China / Xuchun Ye, Qi Zhang, Jian Liu, Xianghu Li, Chong-Yu Xu // Journal of Hydrology. – 2013. – Vol. 494. – P. 83–95.
52. Zhou Wenbin. Studies of geothermal background and isotopic geochemistry of thermal water in Jiangxi Province /China nuclear science and technology report. – 1996. – P. 29.

Приложение А
(справочное)

Геологическая карта отдельных районов провинции Цзянси



*условные обозначения на следующей странице

Условные обозначения

Четвертичный		Голоцен. Суглинки, глины, песок, гравий.
		Плейстоцен. Красноцветная кора выветривания, гравий, суглинки, красноцветные глины, илы.
		Неоген. Аргиллиты, алевролиты, песчаники. Прослои гипса и горючих сланцев.
		Палеоген. Пылеватые аргиллиты, алевролиты, песчаники. Вкрапления гипса, ангидрита, глауберита, пирита.
Меловой		Неразделено
		Верхний отдел. Красноцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты, красноцветные песчаные конгломераты, известковые породы.
		Нижний отдел. Песчаники, алевролиты, красноцветные аргиллиты, известковые породы, базальты и туфы у основания.
		Песчаники, алевролиты, красноцветные аргиллиты, песчаные конгломераты, мелкозернистые песчаники, известковые породы
Юра		Верхний отдел. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, известковые аргиллиты и алевролиты, конгломераты, песчаные конгломераты.
		Нижний отдел. Песчаники, алевролиты, аргиллиты.
		Неразделенные юрские отложения
Триас		Верхний отдел. Конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты с прослоями углеродсодержащих аргиллитов и углей.
		Средний отдел. Аргиллиты, алевролиты, мелкозернистые кварцевые песчаники.
		Нижний отдел. Известняки, известняки, аргиллиты, доломитовые брекчии.
Пермь		Верхний отдел. Массивные известняки, кремнистые породы.
		Нижний отдел. Известняки, сланцы, кремнистые конкреции и вкрапления глинистых сланцев.
		Неразделенные отложения перми
Интрузивные образования		
		Граниты, парфировые граниты, плагииграниты
Карбон		Верхний и средние отделы. Доломитизированные известняки, включения кремнистых конкреций.
		Нижний отдел. Пелитовые известняки, массивные известняки, органогенно-обломочные известняки, доломиты, мергели, угленосные толщи, песчаные конгломераты, алевролиты, сланцы, кварцевые песчаники. Локально развиты туффиты.
		Неразделенные отложения карбона
Девон		Верхний отдел. Кварцевые песчаники, сланцы, песчаные сланцы, известковые сланцы, мергели.
		Средний и нижний отдел. Песчаники, кварцевые конгломераты, алевролиты, сланцы, доломиты, мергели, туффиты.
		Неразделенные отложения девона
Силур		Силур. Песчаники, сланцы, туфогенные алевролиты, аргиллиты, кварцевые песчаники, сланцы.
		Ордовик. Известняки, мергели
		Неразделенные отложения кембрия и ордовика
Кембрий		Кембрий. Углеродсодержащие сланцы, известняки, доломиты. Локальная пиритизация.
		Конгломераты, брекчии, песчаники, алевролиты, аргиллиты, туффиты, сланцы, реже кремнистые и известковые сланцы, известняки и туфы.
Синий		
		Протерозой. Туфогенные песчаники, алевролиты, аргиллиты, слюдяные сланцы, филлиты, роговики, туфогенные сланцы, уффиты, полимиктовые конгломераты.
Границы провинции Граница геотермальных районов Азотные термы Углекислые термы Глубинные разломы		

Приложение Б

(справочное)

Лабораторные методы анализа химического состава термальных вод

Таблица Б.1 - Методы анализа химического состава термальных вод

Компоненты	Метод анализа	Прибор
Проблемная научно-исследовательская лаборатория гидрогеохимии Научно-образовательного центра «Вода» (г. Томск)		
УЭП	Кондуктометрия	Кондуктометр
pH	Потенциометрия	Анализатор жидкости «Анион 7051»
HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , ОЖ, Mg^{2+}	Титрование	
$\text{CO}_{2(\text{св})}$	Титриметрия	-
NO_3	Спектрометрия	Спектрометр UNICO 2100
$\text{C}_{\text{орг.}}$	Высокотемпературное каталитическое окисление	Анализатор углерода VarioTOCCUBE (Elementar, Германия)
F^-	Потенциометрия	Анализатор жидкости «Анион 7051»
F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , PO_4^{3-} , Li^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}	Ионнообменная хроматография	Хроматограф ICS-000 «Dionex» (США)
Юбщ., Mn, Zn, Cd, Pb, Cu	Инверсионная вольтаметрия	Анализатор ТА-4
Al	Атомно-абсорбционная спектрометрия	Атомно-абсорбционный спектрометр МТА-915 (Россия)

Продолжение таблицы Б.1

Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, P, SO ₄ , Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U	Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой	Масс-спектрометр NexION 300D (PerkinElmer, США)
Центр химического анализа и физических испытаний Восточного китайского технологического университета (г. Наньчан)		
HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻	Титрование	-
NH ₄ ⁺ , Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Si	Спектрофотометрия	Спектрофотометр UV-5800
As, Hg	Атомно-флуоресцентная спектрометрия	Атомный флуоресцентный спектрометр AFS 200S
SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , F ⁻ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , PO ₄ ³⁻	Ионная хроматография	Ионный хроматограф ICS-1100
K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Fe, Cu	Атомно-эмиссионная спектрометрия	Атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой iCAP7400
Cd, Pb, Cr	Атомно-абсорбционная спектрометрия	Атомно-абсорбционный спектрометр iCE3500
Li, Be, B, Al, Se, V, Mn, Co, Ni, Zn, Rb, Sr, Y, Mo, Cs, Ba, U, Th	Масс-спектрометрия	Масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой Element 2

Приложение В
(справочное)

Содержание микрокомпонентов в термальных водах провинции Цзянси

Таблица В.1

Содержание микрокомпонентов в термальных водах провинции Цзянси, мкг/л

Компонент	Углекислые	Азотные	Среднее для зоны гипергенеза [28]
Li	$\frac{31,06 - 1256,72}{224,78}$	$\frac{210,56 - 339,20}{253,60}$	13,0
Be	$\frac{0,24 - 24,48}{1,47}$	$\frac{0,24 - 0,88}{0,48}$	0,19
B	$\frac{4,95 - 135,59}{33,65}$	$\frac{54,82 - 127,5946}{82,82}$	77,9
Al	$\frac{2,65 - 34,48}{12,15}$	$\frac{10,24 - 31,95}{19,52}$	22
P	$\frac{0,39 - 58,99}{3,69}$	$\frac{1,47 - 12,84}{6,13}$	58,0
Sc	$\frac{0,5 - 1,6}{0,85}$	$\frac{0,52 - 1,00}{0,82}$	0,07
Ti	$\frac{0,49 - 1,98}{0,78}$	$\frac{0,35 - 0,693}{0,49}$	17,4
V	$\frac{0,03 - 0,39}{0,14}$	$\frac{0,01 - 0,18}{0,04}$	1,34
Cr	$\frac{0,07 - 5,48}{0,49}$	$\frac{0,06 - 0,40}{0,16}$	3,03
Mn	$\frac{0,08 - 731,560}{12,34}$	$\frac{0,36 - 6,67}{1,69}$	54,5
Fe	$\frac{2,67 - 1650,10}{36,76}$	$\frac{5,04 - 43,50}{11,04}$	481
Co	$\frac{0,003 - 0,201}{0,020}$	$\frac{0,0025 - 0,0108}{0,0061}$	0,39
Ni	$\frac{0,02 - 1,86}{0,2411}$	$\frac{0,01 - 0,23}{0,06}$	3,58
Cu	$\frac{0,0029 - 1,3372}{0,19}$	$\frac{0,04 - 0,32}{0,13}$	5,58
Zn	$\frac{0,06 - 10,99}{2,28}$	$\frac{0,22 - 1,77}{0,65}$	41,4
Ga	$\frac{0,02 - 0,89}{0,15}$	$\frac{1,60 - 5,95}{3,22}$	0,37

Продолжение таблицы В.1

Ge	$\frac{0,24 - 14,45}{2,12}$	$\frac{2,41 - 4,62}{3,46}$	—
As	$\frac{0,05 - 8,13}{1,38}$	$\frac{3,92 - 12,00}{6,06}$	1,46
Se	$\frac{0,05 - 2,39}{0,21}$	$\frac{0,05 - 1,09}{0,21}$	0,72
Br	$\frac{4,91 - 28,08}{10,76}$	$\frac{4,74 - 6,33}{5,43}$	85,2
Rb	$\frac{16,14 - 586,74}{62,75}$	$\frac{14,69 - 37,76}{26,87}$	1,86
Sr	$\frac{67,35 - 1476,56}{264,03}$	$\frac{24,23 - 132,73}{53,43}$	183
Y	$\frac{0,01 - 0,75}{0,03}$	$\frac{0,01 - 0,02}{0,02}$	—
Zr	$\frac{0,01 - 0,28}{0,02}$	$\frac{0,0252 - 0,0275}{0,0265}$	1,20
Nb	$\frac{0,002 - 0,150}{0,010}$	$\frac{0,009 - 0,019}{0,014}$	0,45
Mo	$\frac{0,48 - 24,56}{3,75}$	$\frac{18,34 - 33,8511}{23,13}$	1,75
Ag	$\frac{0,02 - 0,3}{0,1}$	$\frac{0,0015 - 0,2619}{0,0201}$	0,26
Cd	$\frac{0,01 - 3,42}{0,16}$	$\frac{0,02 - 46,54}{0,32}$	0,24
Sn	$\frac{0,004 - 0,092}{0,015}$	$\frac{0,005 - 0,017}{0,009}$	0,39
Sb	$\frac{0,01 - 1,47}{0,03}$	$\frac{0,005 - 0,075}{0,025}$	0,68
I	$\frac{0,5 - 2,4}{1,3}$	$\frac{0,3 - 1,2}{0,6}$	8,02
Cs	$\frac{3,1 - 80,3}{16,9}$	$\frac{26,6 - 63,6}{35,5}$	0,26
Ba	$\frac{3,7 - 210,2}{32,2}$	$\frac{2,5 - 5,4}{4,0}$	18,3
La	$\frac{0,004 - 0,18}{0,01}$	$\frac{0,005 - 0,04}{0,01}$	0,67
Ce	$\frac{0,00 - 0,254}{0,018}$	$\frac{0,003 - 0,093}{0,017}$	—
Pr	$\frac{0,001 - 0,040}{0,003}$	$\frac{0,0053 - 0,0098}{0,0072}$	—

Продолжение таблицы В.1

Nd	$\frac{0,001 - 0,130}{0,008}$	$\frac{0,001 - 0,017}{0,007}$	—
Sm	$\frac{0,002 - 0,028}{0,004}$	$\frac{0,002 - 0,004}{0,003}$	—
Eu	$\frac{0,001 - 0,008}{0,002}$	—	—
Gd	$\frac{0,001 - 0,047}{0,005}$	$\frac{0,002 - 0,003}{0,003}$	—
Tb	$\frac{0,0003 - 0,0119}{0,0016}$	—	—
Dy	$\frac{0,0007 - 0,0959}{0,0054}$	$\frac{0,0027 - 0,0029}{0,0028}$	—
Ho	$\frac{0,0014 - 0,0235}{0,0043}$	—	—
Yb	$\frac{0,002 - 0,053}{0,009}$	—	—
Lu	$\frac{0,001 - 0,008}{0,002}$	—	—
Hf	$\frac{0,0009 - 0,0021}{0,0016}$	$\frac{0,0005 - 0,0012}{0,0007}$	—
Ta	$\frac{0,004 - 0,031}{0,01}$	$\frac{0,018 - 0,040}{0,024}$	—
W	$\frac{0,09 - 72,57}{6,62}$	$\frac{29,93 - 95,64}{51,16}$	—
Hg	$\frac{0,05 - 0,50}{0,12}$	$\frac{0,02 - 0,05}{0,03}$	41,1
Tl	$\frac{0,02 - 2,79}{0,16}$	$\frac{0,02 - 0,13}{0,05}$	—
Pb	$\frac{0,01 - 2,29}{0,15}$	$\frac{0,03 - 0,07}{0,05}$	2,97
Bi	$\frac{0,003 - 0,017}{0,007}$	$\frac{0,002 - 0,006}{0,004}$	—
Th	$\frac{0,001 - 0,06}{0,006}$	$\frac{0,008 - 0,033}{0,016}$	0,24
U	$\frac{0,1 - 9,6}{0,5}$	$\frac{0,004 - 0,158}{0,036}$	1,31

Примечание: в числителе дроби — минимальное и максимальное содержание, в знаменателе — среднее значение

Приложение Г
(справочное)

Укрупненная смета на исследование химического и изотопного состава термальных вод провинции Цзянси

Таблица В.1 – Укрупненная смета на исследование химического и изотопного состава термальных вод

Наименование работ и затрат	Измеритель	Объем работ	Нормативный документ	Единичная сметная расценка, руб.	Стоимость в базовых ценах, руб. (1991 г.)	Индекс изменения сметной стоимости (I квартал 2016 г.)	Единич. сметная расценка в текущих ценах, руб.	Смет. стоим. объема работ, в текущих ценах, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всего на исследование химического и изотопного состава термальных вод:							1 192 645,22	
НДС 18 %							181 928,93	
Всего на исследование химического и изотопного состава термальных вод без учета НДС:							1 010 716,29	
1. Полевые исследования								
<i>1.1. Материалы</i>								
Пластмассовая посуда для проб воды 0,5 л	штука	30	-	-	-	-	35,00	1050,00
Пластмассовая посуда для проб воды 100 мл	штука	30	-	-	-	-	25,00	750,00
Стеклянная посуда для проб воды на анализ изотопного состава 100 мл	штука	30	-	-	-	-	100,00	3000,00

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>1.2. Расходы на проживание</i> (на 4 человека)	сут	10	-	-	-	-	8000,00	80000,00
<i>1.3. Транспортные расходы</i>			-	-	-	-		
Внешний (авиаперелет Томск-Пекин-Наньчан-Пекин Томск)	билет	4	-	-	-	-	45000,00	180000,00
<i>1.4. Отбор проб</i>								
Отбор проб термальных вод на общий химический анализ	проба	12	СБЦ - 1999	4,60	55,20	44,50	204,70	2456,40
Отбор проб термальных вод на микрокомпонентный анализ (методом ICP)	проба	12	СБЦ - 1999	4,60	ё	44,50	204,70	2456,40
Отбор проб термальных вод на анализ изотопного состава	проба	12	СБЦ - 1999	4,60	55,20	44,50	204,70	2456,40
Определение неустойчивых химических компонентов в воде	проба	12	СБЦ - 1999	29,00	348,00	44,50	1290,50	15486,00
2. Лабораторные работы								
<i>2.1. Общий химический анализ воды</i>	проба	12	СБЦ - 1999	67,30	807,60	44,50	2994,85	35938,20

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.2. Услуги сторонних организаций								
Определение химических элементов методом ICP(Li, Be, B, Al, Si, P, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U)	проба	12	-	-	-	-	4000	48000
Анализ изотопов воды D и ¹⁸ O	проба	12	-	-	-	-	4000,00	48000,00
3. Камеральные работы								
3.1. Камеральная обработка результатов химического анализа воды	%	20	СБЦ - 1999	20	-	-	-	165149,72
3.2. Составление технического отчета	отчет	1	СБЦ - 1999	12%	-	-	-	19817,97
4. Заработная плата (инженер-гидрогеолог)	рубли	3	-	-	-	-	41100,00	123300,00

Приложение Д
(справочное)

Раздел 6

The thermal waters direct use

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM41	Зиппа Елена Владимировна		

Консультант кафедры _____ (аббревиатура кафедры) _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. каф. ИЯПР	Матвеевко Ирина Алексеевна	д.ф.н. доцент		

Консультант – лингвист кафедры _____ (аббревиатура кафедры) _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. каф. ИЯПР	Матвеевко Ирина Алексеевна	д.ф.н. доцент		

In Jiangxi province, thermal waters are used, for the past decade, as geothermal energy sources, involving heat pump technology or the direct use of low enthalpy geothermal energy for heating and/or cooling, has increased steadily throughout Jiangxi Province. The development is usually in small units, providing heat and/or cooling to commercial buildings, local government or university buildings and some private houses. Due to high cost for electricity and fossil fuel in the province, the development has proven to be economically attractive. This kind of use of geothermal energy will be paid more and more attention to by estate companies and various investors because of the government's favorable policies such as reducing or remitting taxation to support the utilization of renewable energy.

Developers continue to be interested in geothermal resources for recreational and therapeutic use in resorts in the province. Many drilling projects testing for geothermal waters for these applications have been carried out and more than 10 hot spring resort hotels have been built in the geothermal areas for the past ten years in the province. One of the most famous hot spring resorts in the province is the Lushan Tianmu Hot Spring Resort which is located in the Lushan Hot Spring Area of the northern Jiangxi Province.

In the hot spring resort, the numerous fascinating hot spas and swimming ponds have attracted millions of visitors every year from all over China.

Vegetables, flowers and fruits from greenhouses heated by geothermal waters have become more and more popular in the market of the province. Aquaculture use of geothermal energy has been also increased for the past decade. Tilapia, salmon, trout, shrimp or prawns and eels are the most common fish raised in the province.

There are more than 3,000 locations of natural hot springs distributed throughout various locations in China. Dense hot springs with highest temperatures are concentrated along two zones. One is from Tibet to the western Yunnan province; the other is along the south-eastern coastal area, including the Fujian, Guangdong, Taiwan and Hainan Provinces. In addition, there are about 3,000 geothermal wells drilled in China distributed in both plain and basin areas.

As an example of geothermal high temperature convection system the Dagejia Geyser regularly gushes out steam and hot water to a height of 20 m. In the Yangbajain geothermal field deep exploration has uncovered temperatures up to 329.8 C. all high temperature convection systems are located in Tibet in the east section of the global Mediterranean – Himalayan geothermal zone. Due to the most recent Neo-tectonic movement, intensive, hydrothermal convection happens from high temperature areas in the vicinity of a magma chamber under thin crust via faults to the surface. By reconnaissance, 131 high temperature geothermal fields were found along this zone. Eight of them have a temperature higher than 200 C. The Yangbajain geothermal field is a typical example of this type of system. The well ZK4001 completed in 1997 yielded 302 tons per hour of steam and hot water.

It's wellhead temperature was 200 C. The working pressure was 14.7 MPa. Its single well potential for power generation is 12.58 MW. About 3,000 geothermal wells have been drilled in China. Most were drilled in large to medium sedimentary basins. These geothermal resources belong to conductional geothermal systems. Bedded permeable strata can form porous or karst reservoirs. When situated under an impermeable "cap rock" so that heat is preserved within the rock, the reservoir gains heat through conduction from deeper strata. The highest temperature found in drill holes is 120 C. But most are less than 90 C, which is classified as low temperature resources (geothermal water).

A total of 103 geothermal fields have been explored in China and the exploitable geothermal water resources amount to a total of 333 million m³ annually. Detailed surveys for another 214 geothermal fields have been conducted and the associated exploitable geothermal water resources are 500 million m³ annually. Most of these geothermal fields are located in sedimentary basins. The sum of the geothermal resources reserved in the main sedimentary basins has been estimated as 73.61 1020J, equivalent to a total heat of 250 billion tons standard coal. The potential of exploitable geothermal water resources is 6.845 billion m³ annually, equivalent to 32.847 million tons standard coal annually.

Hot spring water and medium-low temperature geothermal resources has comprehensively been used as new energy in China since 1970s. It is utilized for space heating in the winter in addition to agricultural greenhouse heating, aquaculture, bathing and medical care etc. There has been a great increasing in recent years to meet the demand of the modern market economy. Geothermal water can be effectively used for space heating in winter season especially in northern China instead of conventional fuel boiler. It diminishes air pollution, so it is in people's good graces. The total area of geothermal space heating reached 17 M m² in the country in 2007. Geothermal greenhouses have substituted the rough cultivation methods of the past in the countryside of northern China. It produces a variety of high-ranking vegetables during all season. It has also greatly increased the value of farm products. There are a total of 0.8 M m² of greenhouse in the country now, mainly in northern China.

The Southeast Coast Low-Medium Temperature Geothermal Belt - This belt traverses Fujian, Guangdong, Eastern Jiangxi and Southern Hunan Provinces in the southeastern part of the country. Over 600 hot springs, mostly with temperatures in the range 40 – 800 °C, have been discovered. There are 26 systems with temperatures 80 – 950 °C. In 1970 a 286 kW experimental power station, consisting of two units, was constructed in this area at Dengwu, Guangdong Province. The plant continues in operation today, although at low efficiency due to the low fluid temperature (910 °C).

The E. Shandong/E. Liaoning Peninsula Geothermal Belt - This belt lies to the east of Beijing and has about 70 hot springs. Temperatures are in the range 40 – 700 °C, with a few as high as 900 °C. In 1977 a 100 kW experimental power plant was built on the Liaoning Peninsula at Yingkou. It was shut down several years ago.

The Fen/Wei graben area to the west of Beijing - The pattern of hot springs is “S” shaped, conforming to the graben. Temperatures in the northern and southern parts are higher (60 -800 °C); in the middle, lower (40 – 600 °C), probably reflecting different circulation at depth. In 1971 a 200 kW experimental power plant was built at Huailai in Hebei Province. It has since been shut down.

The second type of low-medium temperature geothermal resource is thermal water associated with conductive systems in large sedimentary basins. Basins are a prominent feature in China, comprising 36 % of the country. Nine basins in eastern and central China have been found to have large geothermal resources. They include Song-Liao, Lower Liaohe, North China, Northern Jiangsu, Feng-Wei, Ordos, Sichuan, Lei-Qiong and Chuxiong. The recoverable thermal water in these basins is equivalent to 1.8 billion tons of coal. The recoverable resources in North China and Northern Jinansu Basins make up 73 % of this total. For this reason, these two areas are the most promising for development of low-medium temperature geothermal resources in China. Feng-Wei and Lei-Qiong Basins are small, but are promising for development because the water quality is good and the flow rate is satisfactory for exploitation.

Except for Chuxiong Basin, the water quality in the other Mesozoic Age basins such as Sichuan, Ordos and Song-Liao appears to be poor and not promising for development. Basins in western China such as Tarim, Chaidamu and Zhungeer offer little promise because of poor water quality, including high salinity.

Yangbajian — Located 90 km to the northwest of Lhasa City, capital of Tibet. The field has a total area of about 15 km², although the accessible part of the upper reservoir from which hot fluids can be produced covers only about 4 km². The field is controlled by a crisscross of fault systems. There are three northeast compression shear faults and three perpendicular northwest tension shear faults to form the boundaries of the field. There is dense and hard granite in the basement of Yangbajian. The faults extend deep into the reservoir and there are basement faults passing through the reservoir. The hot water flows up along the faults in the basement to the Quaternary grit layer to form a shallow reservoir.

Exploration of the shallow reservoir was conducted during the years 1976-84. The electrical generation potential was estimated at 34 kW. Installed capacity has grown from an initial 1 MW unit in 1977 to 25 MW currently, generated by nine single flash, double flash and hybrid cycle power plants. Fluid flows from 18 wells

approximately 200 m deep. The temperature range is 140 – 1600 °C. Yangbajian provides 41 % of the electrical needs of Lhasa City, 60 % in winter.

Waste thermal water has been used to heat greenhouses with floor space of 50,000 m². In 1993, the first deep wells were drilled at Yangbajing. A temperature of 3300 °C was recorded in one of the wells at a depth of 2,000 m. The generation potential of this single well has been estimated at 10 MW (Ren et al, 1995). This success led to a prediction that Yangbajian capacity would reach 50 -60 MW by 2000 and 120 - 160 MW by 2020.

Langjui — Located in the far western part of Tibet. The field has an explored area of only 1 km². In the early 1980s, 13 wells were drilled within this area. Temperatures were 100 -1050 °C. The initial estimate of capacity was 10 MW, although this number has probably been reduced because of downward leakage of cold water which damaged part of the geothermal reservoir. Since 1987 there has been a 2 MW plant in intermittent operation at Langjui.

Naqu — Located near the town of Naqu, about 300 km north of the capital of Tibet, at an elevation of 4500 m. Exploratory drilling, beginning in 1984, located a 0.6 km² shallow reservoir with temperatures up to 1700 °C. The area heated by concealed shallow flows is about 10 km².

In 1993, the Government of Tibet, with the aid of the UN Development Program, installed a 1 MW, binary cycle plant, using an Ormat Energy Converter. Successful operation of this plant over time will serve as a demonstration of this approach to supplying the electrical needs of numerous towns on the Tibetan Plateau.

Yangyi — Located 45 km southwest of Yangbajian, at an elevation of 4,550 m. Fifteen wells (0.3 - 1.1 km) have been drilled, outlining a small (1.6 km²) up flow center, probably caused by the intersection of fracture zones. Reservoir temperatures as high as 2070 °C were measured within this area. At the time, this was the first instance of a downhole temperature above 2000 °C on mainland China. Surface manifestations associated with shallow, migrating fluids cover an area of about 11 km².

. The water quality is good. The concentration of CO₂ is relatively low, despite the significant presence of non-condensable gas in the water. Problems from CaCO₃ scaling should be minimal.

Parameters of the geothermal reservoir proved to be stable. Temperature, pressure and flow rate were stable during almost 900 hours of testing in the early 1990s. The estimated generation capacity is 30 MW. Development of the Yangyi Field, initially with 10 MW, is a high priority of the Chinese geothermal community.

Rehai — Located 11 km southwest of Tengchong Township in the westernmost part of Yunnan Province, near the border with Burma. Strong hydrothermal manifestations, which include boiling springs, fumaroles and steaming ground, cover an area of about 10 km².

Geophysical measurements indicate the crustal layer beneath the surface of this field is only about 7 km thick. Away from the center, the thickness of this layer gradually increases, taking the shape of an umbrella and providing conditions for the formation of a geothermal reservoir or a magma chamber. Thirteen shallow test holes, ranging in depth from 100 to 400 m, were drilled during the period 1976 to 1992. Based on measurements from these and other information, it is possible to say that Rehai is a hot water system with a magmatic heat source of about 400 to 6000 °C. The reservoir temperature is estimated to be 230 to 2750 °C. The electric generation potential cannot be estimated accurately due to a lack of adequate drill holes, but the field may be one of the richest in China.

Lanpu — Located 10 km south of Rehai and usually considered part of Rehai. The area of the geothermal field is about 4.5 km². The reservoir temperature is estimated to be in the range 160 to 2200 C.

Ruidian — Located 60 km north of Tengchong township in Yunnan Province. The field has an area of about 3 km² and an estimated reservoir temperature of 1900 C.

Ruili — Located on the bank of the LiJiang River near Ruili City, which is an important southwestern commercial and trading port on the border with Burma, about

100 km south of Tengchong. The field is 12 km² in size. Reservoir temperatures are in the range, 215 to 2300 C.

This field is also high on the priority list for development, most likely with an initial plant of 3 -5 MW capacity.

Litang — Several small fields located in western Sichuan Province, near Litang township. Reservoir temperatures are in the range, 190 to 2200 C. The electric generation potential is probably less than 10 MW because of the limited reservoir area.

Qingshui — Located in east Taiwan. Seven productive boreholes have been made, the deepest about 3,000 m. Downhole temperatures as high as 2300 C have been recorded. In 1981 an experimental, single flash power plant, with 3 MW capacity, was constructed.

Tuchang — Located in east Taiwan. The field lies in a slate formation. Reservoir temperature, at 445 m, is 1730 C. In 1985 an experimental, binary cycle power plant, with 0.3 MW capacity, was built.

Tatun — Located in east Taiwan. The field lies in a volcanic region. Exploration of a deep reservoir (1500 m) has found temperatures up to 2930 C. The estimated generation capacity is about 100 MW.

China has several problems impacting the prospects for development. Among these is the uneven distribution of geothermal resources. High temperature resources are concentrated in Tibet, W. Yunnan, and W. Sichuan Provinces along the Himalayan Geothermal Belt. Low-medium temperature resources are widespread in large scale sedimentary basins. However, thermal water in basins from western China has little promise because of high salinity. Another problem is a lack of accurate assessments of geothermal resources for the whole country.

A shortage of indigenous investment capital is also a problem. Exploration and development of geothermal resources is expensive and bears risks. China does not have the large amounts of money needed. It would welcome either foreign investment or formation of joint ventures, in the form of either build-operate-own or build-operate-transfer. Preliminary analysis has shown that, for a 10 MW geothermal

power plant, the time for investment recovery will be more than 5 years in Tibet and up to 6 years in W. Yunnan

Finally there are technical problems that must be overcome. Corrosion and scaling are two common issues in the use of geothermal resources. In the Yangbajing geothermal field, these conditions are especially serious. Better reservoir engineering is also needed. Reinjection of fluid back into the reservoir is important both for efficient use of the resource and for environmental reasons. Unfortunately this is not done in most cases. For direct uses, better heat exchange technology is needed. Although some research on heat exchangers and heat pumps has been done in China, it has not been applied to production units.

Chinese planners have identified a need to meet a persistent electric generation shortfall in remote regions such as the Tibetan Plateau, western Sichuan and western Yunnan Provinces. Geothermal energy is attractive because there is little fossil fuel and the national and regional electric grids do not reach these areas.

The geothermal community sees the priority tasks as follows:

- Accelerate the exploration and use of the deep reservoirs at Yangbajing. The objective would be to meet the electric needs of the Lhasa area.
- Develop the Yangyi Geothermal Field with a modern 10 MW-size power plant.
- Explore the deep reservoirs in the Naqu Field and expand the existing installed capacity.
- Establish a 3 - 5 MW pilot project at the Ruili Geothermal Field, followed by development of the Rehai Field with a 10 MW plant.
- Develop the fields around Litang in western Sichuan.

China is the second largest user of geothermal energy for non-electrical purposes. Thermal water is used directly for industrial and agricultural processes such as dyeing, drying of fruits and vegetables, paper and hide processing, air conditioning, and preheating boiler feed water. Four provinces are the most active in their use of geothermal resources for direct uses, Hebei, Tianjin, Shandong, and Tibet.

Space heating is a common application in North China where over 1.3 million m² of floor space is heated. The largest project is in Tianjin where about 50 wells provide thermal water with temperatures up to 970 C to heat a total area of 805,000 m².

Greenhouses are also major users of geothermal energy. In 1990 China had about 1.2 million m² of geothermally heated greenhouse space in 17 provinces, with Hebei Province accounting for the largest share.

Fish farming is another rapidly growing application. There are over 1.6 million m² of fish ponds in 17 provinces. The projects include African carp, eels, shrimp, turtles and snails.

Medical treatment and tourism are the oldest applications of thermal water. In recent years the use of hot spring resources for medical treatment and tourism has developed rapidly. The number of sanatoria in China is over 200. Reportedly there are about 600 baths and 23 swimming pools.

Space heating projects in Beijing are spread over a large area of the city, although there are no large central heating systems.

Geothermal aquaculture has experienced a widespread increase in southern China, in part, due to the high value that they feed some valuable species for export. There are over 200 aquaculture farms with a total area more than 3 M m² feeding in the country now, mainly in southern China in the Guangdong and Fujian provinces.

Hot spring bathing is a tradition favoured in by China's ancient civilization. There are about 1,600 places of public hot spring bathing houses and swimming pools in the country. And these account for the largest share of geothermal direct use in China. In recent years, hot spring paradises or hot spring worlds have evolved rather quickly, especially in large cities like Beijing, Tianjin and Xi'an, and coastal areas, such as the Guangdong and Fujian provinces. Medical curing using hot spring is the similarly favour in China. There are 420 places using geothermal water for medical treatment. They either utilize existing hot springs or geothermal wells. One example is the Jiu Hua Spa Resort, located in the Xiaotangshan geothermal field in the northern suburb of Beijing. It is a modern geothermal recreation and health care

center. They have hot spring baths, hot springs with medicine baths, mineral mud baths, hot spring swimming pools and various hot spring physiotherapy facilities. These are used extensively for recreation and health care, with an annual income over 600 M CNY (1 USD equals about 7 CNY) in 2007. Medium-low temperature geothermal water are also used for other industrial or agricultural purposes, such as drying, cooling, washing and irrigation etc.

According to the statistics of the World Geothermal Congress 2005, China is in first place on the list of top geothermal direct use in the world. It reached 12,603 GWh/a in 2004. In 2007 the number has reached 18,900 GWh.

Hot spring bath and medical treatment have had long historical record over two thousand years in China. Geothermal as energy resource utilization started basically in 1970. At that time, world's first crisis of petroleum price induced that many country governments started to pay attention to new energy development. Prof. J.S. Lee, the Minister of Geology called upon to use geothermal energy in China. He said that geothermal is a new energy in human history, and is a new domain for geological work. Under the times of planning economy, geothermal exploration in Beijing gained advice and deepened research from professors and researches; geothermal comprehensive use in Tianjin also gained such support.

Professors and researches designed and advised geothermal practices. Such combination among production unit, university and institute created full success. Seven medium-low temperature geothermal power plants and Tibet Yangbajain high temperature geothermal power plant all completed in 1970s. Various geothermal comprehensive utilizations ran successfully in Fujian and Guangdong coastal areas. But, geothermal at all is a new business. Such initial projects include simplified and humble assembly and material. There were some shortcoming such as low efficiency, geothermal corrosion and scaling problems. For above medium-low temperature geothermal power plants, five of them ran for several years only. They were stopped by equipment aging. Similar problem caused low tide of geothermal utilization in 1980s.

In fact, the “icing on the cake” is historical misinterpret. Even at that time, the Yangbajain geothermal power generation made great contribution for the power supplying in Lhasa city. Geothermal space heating in Beijing and Tianjin saved a lot of coal, and reduced air pollution. Geothermal greenhouse planting and aquaculture feeding all created high economic value and served social demand. Hot spring bath and medical treatment increased people’s health and improved people’s living condition. The geothermal used energy in China is the first place in the world. Chinese geothermal utilization made significant contribution.

The earliest geothermal power generation in China is installed in Dengwo of Fengshun county, Guangdong province.

Geothermal water with 92°C temperature generated 86 kW electricity at the beginning. The Minister of Geology sent telegraph as congratulation. At later, a 300 kW geothermal power station had been running there until 2008. In 1970s there were 7 such medium-low temperature geothermal power stations ran successfully. Except above one, the others are 300 kW Huitang of Ningxiang county in Hunan province, 200 kW Houhaoyao of Huailai county in Hebei province, 300 kW Tangdongquan of Zhaoyuan county in Shandong province, 200 kW Xiongyue of Gaixian county in Liaoning province, 200 kW Reshuicun of Xiangzhou city in Guangxi province and 100 kW Wentang of Yichun county in Jiangxi province. Even though they had only small installed capacity of total 1.6 MW, however they are Chinese independent achievement. No exported equipment. No foreign expert. The used flashing method and binary circulation method are the same technology as in the world.

In addition, high temperature geothermal steam power generation got success in Yangbajain of Tibet in 1977. The initial installed capacity is 1,000 kW. Then others 8 units with 3 MW each were installed later. It completed total installed capacity 25.18 MW in 1991. Geothermal electricity satisfied power supply in Lhasa city for 40% at the summer and 60% at the winter at that period. Up to date, Yangbajain power station still run over 6,000 hours and generates about 120 GWh per year.

In recent some 20 years, there was almost no increase of geothermal power generation. Chinese geothermal power generation is listed the 15th position for installed capacity and the 14th position for annual generated electricity. Why it had not progress? There was a misplay in Chinese geothermal trade. Even geothermal experts said that medium-low temperature geothermal power generation was feasible technically, but infeasible economically. This is a historical bias in fact.

Under present status of promoting renewable energy use, solar PV installation cost is 100,000 CNY for per kW, but it has been growing in many projects. However, the installation cost for medium-low temperature geothermal power generation is 10,000 CNY for per kW only. It is never “infeasible economically”. There are richer high temperature geothermal resources in China. According to exploration and detailed survey completed in Tibet, high temperature geothermal resources have a potential of 137.5 MWe installation capacities. The production well ZK4001 in Yangbajain geothermal field has working pressure 15 bars, working temperature 200°C, two phase flow 302 t/h and including steam flow of 37 t/h, therefore its single well potential is 12.58 MWe. In addition, by reconnaissance data estimated the geothermal resources potential is 299 GWe in Tibet. Except these, there are rich medium-low temperature geothermal resources in China. At least, we can use medium temperature geothermal resources for power generation as the first step, and then the used thermal water can be still used again for comprehensive utilization. This cascade utilization will fully use geothermal energy to bring into further play. Geothermal power generation will also contribute to the reduction of CO₂ emission.



Figure 1 - 1,000 kWe screw-expansion engine installed in Yangbajain geothermal power station in Sep. 2008

We have had experiences for 30 years in binary circulation method for medium temperature geothermal power generation. We also developed the technology on screw-expansion engine application in geothermal power generation. Such an installation of screw-expansion engine with 1,000 kWe capacity has been installed in Yangbajain power station by using the discharged waste thermal water of 80°C. It has been taken dynamic debug.

Hot springs distributed in every provinces in China. Geothermal resources stored in large and medium sedimentary basins in plain regions. Chinese used energy for medium-low temperature geothermal resources is the first place in the world. Geothermal direct use includes space heating, greenhouse planting, aquaculture feeding, industrial and agricultural use, bath and medical treatment, and relaxation and health health preservation etc. aspects.

Geothermal district heating is the best utilization for low temperature geothermal resources with little less than 90°C. Geothermal district heating in Tianjin occupies 70% of the whole country's geothermal heating. It increased almost 1 million m² per year recently. Geothermal district heating in Xianyang, Shaanxi province owns the second place. It increased almost 0.5 million m² per year recently. In addition, the Xiong county (Hebei province) geothermal district heating project,

which got support by the Asian Development Bank loan, is implementing to increase 1.1 million m² heating. The annual growth of geothermal district heating is about 10%.

Traditional hot spring bath and medical treatment own a half capacity of geothermal direct use in China. In recent years, hot spring bath has risen into health care and relaxation progressively. The increased service items and quality have raised humanism and the culture of hot spring. Various hot spring resort, hot spring conference center, hot spring health preservation garden and hot spring paradise etc. new projects debut year by year in Beijing, Tianjin and costal region.

These attracted more consumers to enjoy comfortable life. Proprietors gained money from the operation. It made a good circulation for further growth. The Chinese Hot Spring Forum held close by the famous ancient Huaqing Pool hot spring in Lintong of Xi'an city last winter. Hot spring bath was added new content of hot spring culture. It made the local hot springs increased higher rank and economic benefit.

There is not significant increase in geothermal greenhouse planting and aquaculture feeding. But small growths can be seen in many places. The Asian Development Bank loan supported the geothermal comprehensive use project in Ningcheng of Inner Mongolia has been approved. It focused in geothermal district heating for new 160,000 m². But the circulated thermal water will be used for greenhouse and aquaculture. They planned to create hot spring relaxation and tourism also, in order to enlarge local geothermal economy.

Geothermal still has small utilization in textile and light industries techniques. Agricultural products can use geothermal drying. And geothermal water also can be bottled to produce mineral water.

Ground source heat pump (GSHP) is used to extract shallow geothermal energy for winter space heating and summer cooling, and provide hot water supply to buildings. This is a new industry with very fast growth in recent some 20 years.

It is also a new domain for geothermal development. It has been recognized popularly that GSHP could save energy, increase efficiency and reduce CO₂

emission. Such shallow geothermal energy can be used everywhere. Its developing cost is much lower than conventional geothermal resources. Therefore, both the GSHP installed capacity and used energy have a significant very fast growth in the world, especially in U.S., north Europe and west Europe. Since 1995, its average annual increase has been reaching over 20%.

The world's authorized experts have predicted the further prospects: It would keep an annual increase of about 22% until 2020. Then the annual increase rate would decrease into 10~9% progressively. But its increasing numbers would still show a steep rising curve. GSHP has a long history for research in China. But actual application started at the time of entering the 21st century. However, a rapid growth started in 2004. There was an engineering building area of 7.67 million m² of GSHP in 2004. It reached into 20.35 million m² in 2006 and 38.00 million m² in 2007. Its installed capacity equals about 1,900 MWt. This number has entered the top five countries. The rank is U.S., Sweden, Germany, France and China. Follow the present speed and programming, China will enter the top three countries soon.

GSHP has proper application condition in the North China. There will be 4 months for winter space heating and 2-3 months for summer cooling. So Beijing has a bigger application. And Tianjin has a similar situation they used GSHP to heat circulated conventional geothermal water after heating use. The biggest GSHP application in China is in Shenyang city. The winter heating there needs for 151 days but summer cooling needs for about 30 days only. Rely on the promoting by the city government, it is stipulated that new building has to use GSHP, and old buildings were planned for reform using GSHP. Due to the very good hydrogeological conditions in Shenyang, it provided relative lower cost and simpler techniques. Thus GSHP increased 15 million m² building area in 2007, and has planned a new increase for 17 million m² in 2008, 2009 and 2010 respectively. In the East China, based on poor coal resource, increased coal cost and environment pollution problem, plus the air-conditioner heating at winter was destroyed at all in 2008 spring frozen disaster, therefore the GSHP has become the best choice now.

The XXIX Olympic Games held in Beijing 2008. The National Stadium (Bird's nest), National Swimming Centre and National Gymnastics Hall etc. and Olympic Village etc. new buildings, all used GSHP partially for cooling, space heating, hot water supply and sight water etc. aspects. The GSHP applied energy is 26% of total building energy consumption. GSHP contributed to the “Green Olympics” which Chinese promised.



Figure 2 - Beijing Olympic National Stadium (Bird's nest) used GSHP partially

The hot dry rock (HDR) is called as engineered geothermal system or enhanced geothermal system now. The research report named “The future of geothermal energy” was submitted from the Massachusetts Institute of Technology in this year. The subtitle of the report is called “Impact of enhanced geothermal system on the United States in the 21st century”. In order to face the population increase and the growth of social electrification, and to consider security of energy supply and confront the economic instability induced by oil price undulation or supply breakdown, this report was requested to answer that if geothermal energy could provide 100 GWe base capacity of power generation in 2050. The research result showed the EGS is possible to provide such electric power and heat energy. The EGS

is native land resources. It is not like the hydrothermal type high temperature geothermal resources which restricted by certain geological condition. This clean energy will cause smallest environmental impact. It can be invested and developed in reasonable budget to get superiority of running cost. This technology will be solved within 10-15 years. The report estimated the EGS resources in US are over 13 million EJ. The exploitable energy is 200,000 EJ. This equals to 2,000 times of base energy consumption in 2005. EGS has a research history over 30 years in the world. But it is limited in US, UK, France, Germany, Japan and Sweden.

A few Chinese research papers discussed this topic before. But no actual activity carried out. However, Geothermal China Energy Society (GCES) signed a cooperation contract with Australian Petratherm Ltd. in 2007. The cooperation project is named that the research on resources potential of EGS in China". In 2008 both Chinese and Australian experts have investigated in some potential areas. Further tests analyses and modeling research has been undertaking. For next year's plan, advanced geophysical survey such as MT sounding will be carried out. Then exploration well will be drilled in 4,000-5,000 m depth. The expected temperature is predicted as high as over 200°C. The well diameter will reach 8"4'.

Many hot springs have been used in connection with religious rites in Egypt and by the Jews of the Middle East. The Greeks, Turks and Romans were famous for their spa development and use from Persia to England.

The word "spa" traces its origin to a town near Liège in southern Belgium near the German border. Here a spring of iron-bearing water was used by an iron master in 1326 to cure his ailments. He founded a health resort at the spring called Espa (meaning fountain in the Walloon language).

Today, especially in Europe and Japan, the use of medically supervised spas has long been accepted. They are used for both treatment and preventive therapy. The former Soviet Union had 3500 spas and some 5000 reconditioning centers all administered and run by the state. In the former Czechoslovakia, there are 52 mineral water health spas and more than 1900 mineral springs, which every year about

220,000 citizens are granted free spa treatment for three weeks, paid by the national health insurance program.

Among the famous ones are Karlbád in the present Czech Republic and Piestany in Slovakia. Many of these spas are being privatized today, and are dependent on income of visitors from outside the country. In Rotorua, New Zealand, the Queen Elizabeth Hospital used various mineral waters and hot springs muds to help soldiers from the WWII Pacific wars recuperate from battle injuries. In Japan there are over 1500 spas that are used by over 100 million visitors every year. Some of these international uses have been documented by Hotta and Ishiguaro (undated) Lund (1992 and 1996) in “Stories form a Heated Earth” (1999), and the Geo-Heat Center Quarterly Bullet-in (1993).

The Indians of the Americas considered hot springs as sacred places and believed in the healing power of the heat and mineral waters. Montezuma, the great Aztec leader, spent time at a spa, Aqua Hedionda, to recuperate from his strenuous duties; it was later developed into a fashionable spa by the Spaniards (Salgado-Pareja, 1988). Every major hot spring in the U.S. has some record of use by the Indians, some for over 10,000 years. These springs were also known as neutral ground, to which warriors could travel and rest unmolested by other tribes. Here they would recuperate from battle.