

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Грозненский государственный нефтяной технический университет  
имени академика М.Д. Миллионщикова**

*На правах рукописи*



**Гацаева Лиана Саидовна**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОСВОЕНИЯ  
ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Специальность 1.6.21. Геоэкология**

Диссертация  
на соискание ученой степени кандидата географических наук

Научный руководитель:  
доктор физико-математических наук,  
профессор, Заслуженный геолог РФ  
**Керимов Ибрагим Ахмедович**

Грозный-2023

## СОДЕРЖАНИЕ

|   | стр. |
|---|------|
| Используемые сокращения.....  | 4    |
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 5    |
| <b>ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ<br/>ОСВОЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ<br/>НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ</b> ..... | 11   |
| 1.1. Понятийно-терминологический аппарат.....   | 11   |
| 1.2. Ретроспективный анализ .....   | 22   |
| 1.3. Анализ и оценка влияния освоения геотермальных вод на<br>природную среду .....   | 38   |
| 1.3.1. Влияние на гидросферу.....   | 40   |
| 1.3.2. Влияние на атмосферу.....  | 51   |
| 1.3.3. Влияние на почвенно-растительный покров.....   | 54   |
| 1.4. Эколого-географические методы анализа воздействия объектов<br>геотермальных скважин на природную среду.....                | 61   |
| <b>ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ<br/>ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ЧЕЧЕНСКОЙ<br/>РЕСПУБЛИКИ</b> .....               | 68   |
| 2.1. Географическое положение.....  | 68   |
| 2.2. Особенности орографии и геологического строения.....   | 69   |
| 2.2.1. Гидрогеология.....   | 72   |
| 2.2.2. Тектоника и сейсмичность.....  | 77   |
| 2.2.3. Геотермическое поле.....   | 78   |
| 2.3. Климат.....  | 83   |
| 2.4. Воды.....  | 84   |
| 2.5. Почвы.....   | 86   |
| 2.6. Природные зоны.....  | 88   |
| <b>ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД НА<br/>ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ</b> .....                              | 93   |
| 3.1. Геоэкологический анализ территории в связи с освоением<br>геотермальных вод .....  | 93   |
| 3.2. Оценка потенциала геотермальных вод.....   | 97   |
| 3.2.1. Современное состояние геотермальных месторождений.....   | 102  |
| 3.2.2. Расчет тепловой мощности Ханкальского месторождения...   | 111  |
| 3.3. Оценка состояния фонда термальных скважин.....   | 115  |
| 3.4. Трансформация природной среды под воздействием<br>геотермальных вод .....  | 124  |
| 3.4.1. Оценка влияния геотермальных вод месторождения   | 127  |

|   |     |
|---|-----|
| Гунюшки на ландшафтную среду.....   | 141 |
| 3.4.1.1. Состояние ландшафтов на мезоуровне .....   | 131 |
| 3.4.1.2. Состояние ландшафтов на микроуровне.....   | 132 |
| 3.4.1.3. Воздействие геотермальных вод скважины 11-Т<br>Гунюшки на структуру и динамику ландшафтов.....     | 137 |
| 3.4.2. Оценка влияния геотермальных вод месторождения<br>Каргалинское на ландшафтную среду.....             | 141 |
| 3.4.2.1. Состояние ландшафтов на мезоуровне .....   | 142 |
| 3.4.2.2. Состояние ландшафтов на микроуровне .....  | 145 |
| 3.4.2.3. Воздействие геотермальных вод скважины 9-Т<br>Каргалинская на структуру и динамику ландшафтов..... | 148 |
| 3.5. Геохимическая оценка проб вод, почв и донных отложений.....  | 150 |
| 3.6. Геоботаническое профилирование на ключевых участках.....   | 165 |
| 3.7. Геоэкологическое зонирование ареалов воздействия<br>изливающихся геотермальных вод.....                | 170 |
| 3.8. Разработка научно-обоснованных мероприятий по оптимизации<br>природной среды.....                      | 172 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....   | 175 |
| ЛИТЕРАТУРА.....   | 178 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ А.....   | 192 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ Б.....   | 193 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ В.....   | 194 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ Г.....   | 196 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ Д.....   | 197 |

## **ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ**

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)

Геотермальная энергетика (ГЭ)

Геотермальная/ые вода/ы (ГВ)

Геотермальные ресурсы (ГР)

Геотермальные скважины (ГС)

Горячее водоснабжение (ГВС)

Месторождения термальных вод (МТВ)

Научно-техническая революция (НТР)

Научно-технический прогресс (НТП)

Окружающая среда (ОС)

Природная среда (ПС)

Подземные воды (ПВ)

Предельно-допустимые концентрации (ПДК)

Природно-ресурсный потенциал (ПРП)

Природно-территориальный комплекс (ПТК)

Природные ресурсы (ПР)

Теплично-парниковые комбинаты (ТПК)

Чеченская Республика (ЧР)

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема выживания человеческой цивилизации – актуальная проблема современности. Практически все экологические проблемы в мире возникли в результате нарушения равновесия в системе «природа – общество». За последние столетия как никогда усилилось давление на окружающую среду (ОС): в глобальных масштабах изымаются все больше и больше природных ресурсов (ПР), и по существующим прогнозам их добыча будет только расти. Это, в свою очередь, сопряжено с растущими объемами отходов и изъятием значительных площадей из земельного фонда. Антропогенная нагрузка на ОС привела к тому, что способность самоочищения и самовосстановления у природных компонентов постепенно утрачивается. Малейшее отклонение в одной составляющей географической оболочки отражается на других. Понятно, что человечество не может обойтись без ПР. А как сделать так, чтобы естественные экосистемы находились в состоянии и в объеме, достаточном для регулирования и стабилизации ОС?! Еще В.И. Вернадский писал, что человек не может строить свободно свою историю, не согласовав ее с законами биосферы [118]. Глобальные экологические проблемы XX столетия и есть результат такого свободного построения истории. Но сегодня человечеству предстоит научиться жить в гармонии с природой, достичь равновесия социально-экономического развития мира и сохранения окружающей среды.

К пересмотру энергетических стратегий развития экономик многих стран подвел энергетический кризис 70-х гг. XX столетия. Наряду с энергетическими проблемами в мире стали нарастать и экологические, и интерес к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) стал проявляться как к экологически чистым видам энергоносителей. Также внимание к ним резко возросло после ряда крупных политических и экологических кризисов, последним из которых была авария на АЭС «Фукусима-1» (Япония) в 2011 г. Во всем мире начались активные исследования по выявлению экологически безопасных источников энергии и технологий их преобразования.

Наибольший интерес к ВИЭ был проявлен, прежде всего, энергозависимыми странами (страны Европейского Союза, США, Япония и др.), для которых основной мотивацией их развития является стремление повысить энергетическую безопасность и снизить зависимость от импорта энергоресурсов в будущем.

Для России с природно-ресурсной основой экономики необходимым и важным условием для устойчивого развития является, прежде всего, рациональное использование природных ресурсов и увеличение их производительности (как одно из направлений). По мнению некоторых ученых, это может значительно сократить многие потоки загрязнений в ОС и вернуть экосистемы в состояние устойчивого развития [42]. Как показывает практика, сокращение или сведение к минимуму наиболее опасных загрязнителей ОС значительно эффективнее и дает лучшие результаты, чем последующая борьба по их устранению.

Геотермальная энергетика (ГЭ) – одна из самых быстрорастущих отраслей мира. К началу XXI столетия ГеоТЭС работают в 24 странах мира, и их суммарная установленная мощность достигла 8910,7 МВт. Лидерами являются США (2544 МВт), Филиппины (1931 МВт), Мексика (953 МВт), Индонезия (797 МВт), Италия (790 МВт), Япония (535 МВт), Новая Зеландия (435 МВт), Исландия (202 МВт). За последние 30 лет ежегодный прирост мощностей составляет 7 % [77, 105].

В связи со стабилизацией социально-экономической ситуации в Чеченской Республике (ЧР) наблюдается рост потребления электрической и тепловой энергии и прогнозируется его нарастание в дальнейшем (по прогнозу, в 2030 г.– до 55-65 %) [77].

Для республики с пассивным топливно-энергетическим балансом (ТЭБ) развитие ГЭ будет способствовать: замещению большей доли используемого традиционного УВ-сырья при одновременном повышении надежности энергообеспечения; решению проблем загрязнения природной среды (ПС) за счет уменьшения вредных выбросов от традиционных

энергетических установок; созданию рабочих мест и т.д. Геотермальные ресурсы (ГР) являются местным видом топлива, что предопределяет в какой-то степени их значимость для энергодефицитных территорий, каковой является и территория ЧР.

При разливах минерализованных геотермальных вод (ГВ) загрязняются прилегающие к месторождению территории, в том числе и водные объекты. Содержащиеся в их составе растворенные газы, фенолы и другие токсичные летучие компоненты загрязняют атмосферу. Также с ними связано и тепловое загрязнение ПС. Экологические риски от поступления минерализованных подземных вод на дневную поверхность сохраняются на всех этапах строительства и функционирования скважин [99].

С середины XX столетия на территории Чеченской Республики с целью освоения ГВ пробурено 83 скважины, половина из которых по разным причинам изливаются водами различной температуры и минерализации, остальные из-за изношенности оборудования и срока давности функционирования также представляют потенциальную угрозу для ПС. Многие из них близко подходят к долинам рек и системам дренажно-оросительных каналов, усиливая тем самым экологическую нагрузку на поверхностные и подземные воды. Значительная часть территории республики находится в зоне длительного воздействия объектов нефтяного комплекса, что привело к трансформации природной среды (Керимов, Уздиева, 2008; Гайрабеков, 2020). Для решения экологических проблем необходимо разработать рекомендации по минимизации воздействия изливающихся геотермальных скважин на природную среду и оптимизации природопользования.

**Степень разработанности проблемы.** Изучением геотермии исследуемой территории занимались Н.Т. Линдтроп, В.М. Николаев, Г.М., Сухарев, А.И. Хребтов, Ю.К. Тарануха, С.А. Шагоянц и др. Вопросы практического использования геотермальных теплоносителей в мире рассматриваются в работах Barbier, Fanelli, Taffi, Gudmundsson, Palmason,

Bertani, Cheik, Chen, Garcia-Gutierrez, Vasques, В.И. Кононова, Ю.Д. Дядькина, М.К. Курбанова, А.Б. Алхасова, Э.Э. Шпильрайна, П.П. Безруких и др. Проблемам воздействия ВИЭ на природную среду посвящены работы R. Axtmann, P. Bayer, В.И. Белоусова, С.П. Пасмарновой, Н.А. Борисовой, В.Ю. Горлачева, И.Г. Сванидзе и др.

Во второй половине XX в. активизировались работы по практическому использованию геотермальных вод в экономике Чеченской Республике, но из-за политической нестабильности (1990-2000 гг.) проблема создания геотермального комплекса осталась нерешенной. В настоящее время в связи с развитием ВИЭ в мире представляются актуальными исследования по изучению геотермальных вод и возможностей их практического использования.

**Цель исследования** – геоэкологическая оценка воздействия геотермальных вод изливающихся скважин на природную среду и разработка научно-обоснованных мероприятий по оптимизации природопользования.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- изучить теоретико-методологические подходы освоения геотермальных вод и их воздействия на природную среду;
- охарактеризовать природные условия и особенности формирования геотермальных вод Чеченской Республики;
- выявить степень трансформации ландшафтов Чеченской Республики, подверженных воздействию изливающихся геотермальных скважин;
- разработать научно-обоснованные мероприятия по минимизации техногенного воздействия на природную среду;
- разработать рекомендации по оптимизации природопользования, в том числе дать экономически обоснованные направления комплексного использования геотермальных вод.



**Объект исследования** – геотермальные месторождения и природно-антропогенные ландшафты Чеченской Республики, подверженные воздействию изливающихся геотермальных скважин.

**Предмет исследования** – оценка трансформации ландшафтов в районе изливающихся скважин геотермальных месторождений и возможностей комплексного использования геотермального потенциала.

**Методология и методы.** Теоретико-методологической основой работы стал эколого-географический подход как совокупность методов, изучающих взаимодействия природных и природно-антропогенных ландшафтов с обществом, разработанный в трудах отечественных и зарубежных учёных и специалистов (Н.Ф. Реймерс, В.В. Рудский, А.М. Трофимов, Ю.Г. Одум, Д.Л. Арманд, Н.А. Гвоздецкий, В.Б. Сочава, Б.И. Кочуров, Ю.А. Израэль и др.). Этот подход сочетает в себе анализ физико-географических, экологических, экономических и др. особенностей исследуемой территории.

Диссертационная работа основана на обобщении значительного объема фондовых материалов и материалах полевых исследований, проведённых автором с отбором проб воды, почв, донных отложений, а также геоботанических исследований на ключевых участках. В качестве основных методов применялись сравнительно-географический, геохимический, картографический, статистический, геоботанический, геоинформационный.

Обработка данных, построение карт и графических приложений осуществлялась с применением программ: MicrosoftExcel, CorelDRAW, Google Earth.

**Научная новизна работы:**

1. Впервые для территории Чеченской Республики выполнен научный анализ современного состояния изливающихся геотермальных скважин и их воздействия на природную среду.
2. Изучена степень трансформации природной среды в районах освоения геотермальных месторождений.

3. Разработаны научно-обоснованные мероприятия по минимизации техногенного воздействия изливающихся скважин на природную среду и рекомендации по оптимизации природопользования.
4. Определены перспективы развития геотермального комплекса республики, рекомендовано как первоочередное для промышленного освоения Ханкальское месторождение.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Особенности формирования крупных месторождений геотермальных вод обусловлены с геологическим строением и геотермическими условиями территории Чеченской Республики.
2. Физико-химические свойства и длительность излива геотермальных вод являются определяющими факторами трансформации ландшафтов и их компонентов.
3. Стратификация ландшафтов и зонирование ареалов излива геотермальных вод, выполненных с учетом характера природопользования.
4. Рекомендации по освоению геотермальных ресурсов в контексте энергетической, экологической, социально-экономической стратегии развития Чеченской Республики.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения работы докладывались и обсуждались на конференциях различного уровня, наиболее значимые из которых: I-XII Всероссийские научно-технические конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа»: Грозный, 2011-2014 гг.; Ставрополь, 2014 г.; Владикавказ, 2015 г., Ессентуки, 2017-2021 гг., Махачкала, 2022 г.; Международная конференция, посвященная 500-летию армянского книгопечатания и 65-летию СНО ЕГУ, Ереван, Армения, 2013 г.; Международная научно-практическая конференция «Проблемы устойчивого горных районов Северного Кавказа в условиях глобальных изменений: исследования и практика», г. Грозный, 2014 г.; III

Международный научный конгресс «Современная наука, человек и цивилизация» (23-25 декабря 2022 г. Россия, Чеченская Республика, г. Грозный); V Международный симпозиум «Инженерные науки и науки о Земле: прикладные и фундаментальные исследования» (25-26 февраля 2022 г. Россия, Чеченская Республика, г. Грозный) и др.

Публикации. По теме диссертации опубликовано более 20 научных работ, в т.ч. 6 – в рецензируемых журналах из списка ВАК.

**Структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, 3 глав и заключения, имеет объем 198 стр., сопровождается 7 таблицами и иллюстрирована 70 рисунками и Приложениями А-Д. Список использованной литературы состоит из 178 наименований.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю д.ф.-м.н., профессору, академику АН ЧР, Заслуженному геологу РФ И.А. Керимову. За помощь в проведении полевых исследований, ценные советы, способствовавших завершению диссертации, автор признателен д.г.н. А.Н. Гуне, д.б.н. М.У. Умарову, д.г.н. У.Т. Гайрабекову, д.г.-м.н. А.А. Даукаеву.

# ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОСВОЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

## 1.1. Понятийно-терминологический аппарат

Геотермальные воды и геоэкологические аспекты их освоения – базовые понятия в данной работе. В условиях резкого увеличения масштабов потребления ПР, особенно углеводородного сырья, возникновение сложностей в процессах взаимодействия природы и человеческого общества, интенсификации и расширения сферы проявлений специфических природно-антропогенных процессов в вследствие техногенного воздействия на природу, изучение последствий этого взаимодействия диктует само время [45]. Этими вопросами занимается геоэкология – междисциплинарное научное направление, фундаментальной основой которого является экология, изучающая всю живую природу в целом, разные уровни организации жизни в географической оболочке.

Термин «геоэкология» впервые использован немецким ученым К. Троллем в 1939 г., употребив его применительно к изучению ландшафтов, и ознаменовал собой возникновение нового научного направления в естественных науках (Troll C., 1939). Геоэкология, по мнению К. Тролля, соединяет в себе ландшафтный и биолого-экологический подходы и выступает как ландшафтная дисциплина с особой нацеленностью на познание экологических свойств и функций ландшафтов (Тимашев И.Е., 2007). Существуют множество подходов к трактовке этого термина. Например, только геологи в своих публикациях выделили несколько толкований (геобиосферное, литосферное и геосферное) и, соответственно, его применения [164].

В отечественную литературу термин «геоэкология» введен известным советским географом В.Б. Сочавой (Сочава, 1970, 1978), придав ему геологическое содержание [154]: «Геоэкология – это наука о состоянии геологической среды и всех ее компонентов, о происходящих в ней

процессах, активизация которых может отражаться (в том числе и негативно) на состоянии других геосфер Земли». Согласно Н. Реймерсу «геоэкология – это раздел экологии, исследующий экосистемы (геосистемы) высоких иерархических уровней (до биосферы включительно)» [134, 164-165]. Э. Зюсс (1994) определяет геоэкологию с особым акцентом на последствия антропогенного воздействия: «Геоэкология – наука, которая изучает необратимые процессы и явления в природной среде и биосфере, возникающие под интенсивным антропогенным воздействием, а также последствия этих воздействий во времени».

В конце XX столетия было предложено трактовать геоэкологию как новую область знаний, изучающую закономерные связи между живыми организмами (Козловский и др., 1989). Более современные толкования понятия указывают на признание междисциплинарной связи данного научного направления (на стыке экологии и географии, экологии и геологии и т.д.) и в качестве подсистем в структуру геоэкологии включают следующие научные направления [100, 166]: экологическая география, экологическая геология, экологическая геохимия, экологическая геофизика, геоэкологический мониторинг, геоэкологическое картографирование, экогеоинформатика; по мнению других – глобальную экологию, экологическую геологию, экологию водных экосистем, экологию воздушной среды, географическую экологию и экологическое почвоведение [110].

Более современные толкования понятия «геоэкология» выглядят следующим образом [89]:

- геоэкология – направление экологии, рассматривающее и оценивающее все виды влияния организмов, и прежде всего человека, на природную среду [148];
- геоэкология – сравнительно новая отрасль знаний, одно из передовых междисциплинарных научных направлений в области природопользования [129];

- геоэкология – междисциплинарная наука, изучающая экологические функции абиотических сфер Земли, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты, и прежде всего человека [154, 165-166];
- геоэкология – формирующаяся междисциплинарная наука о современном и будущем состоянии окружающей среды, сохранении ее жизнеобеспечивающих ресурсов для нынешних и будущих поколений людей [135];
- геоэкология – комплексная дисциплина, изучающая экологические аспекты функционирования, динамики и эволюции природных и природно-технических геосистем различного иерархического уровня [89].

В зарубежной литературе в близком значении чаще используется термин «ландшафтная экология», подчеркивая его междисциплинарность [11, 89]. На основании синтеза рассмотренных подходов можно сделать следующий вывод: геоэкология – это наука о взаимоотношениях человека с ОС, человеческого общества с природой, при этом не всегда конкретно формулируются предмет ее исследования, цели и задачи.

Трактовка терминов и понятий в области изучения экологических проблем в разных научных школах крайне неоднозначна. Фундаментальные работы В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере в переводах за рубежом появились только 10 лет назад. Недостаточно глубоко трактуются и понимаются они и в отечественной литературе. Геоэкологию относят к географическим, геологическим или собственно экологическим (биологическим) наукам. В понимании К. Тролля современная геоэкология – это часть географической науки, а именно – экологическое ландшафтоведение. Его воззрения как бы развивают идеи эколого-ландшафтного подхода к природопользованию, изложенные в трудах В.В. Докучаева еще в конце XIX века [39].

Геоэкология – это основа рационального природопользования. Её главные задачи: изучение геосистем (природных и техногенных) различной иерархии с целью оптимизации их функционирования; изучение источников антропогенного воздействия на ОС; изучение проблем организации и проведения мониторинга ОС; оценка, прогноз последствий антропогенных воздействий на разных уровнях (от локального до глобального); геоэкологическое исследование устойчивости среды антропогенному воздействию; разработка рекомендаций конструктивных решений по сохранению целостности среды обитания всех живых организмов путем оптимизации хозяйственной деятельности человека и др. Таким образом, независимо от подхода к трактовке термина (географическая экология, геологическая экология, геолого-географическая экология), геоэкология призвана решать проблемы создания и сохранения оптимальной среды обитания человека и общества при минимуме изменений ОС [45].

О значимости геоэкологии для научно-образовательной среды свидетельствует включение геоэкологии в число дисциплин высшего профессионального образования, а также в перечень специальностей, по которым защищаются диссертации в РФ. В системе Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации геоэкология определена как междисциплинарное научное направление, которое объединяет исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов [8, 89].

Антропогенное воздействие со временем усугубляет противоречия между человеком и ОС, изменяя природные условия на больших географических пространствах. Виды антропогенной деятельности могут отличаться по характеру, масштабу, скорости, продолжительности воздействия на природу: эмиссионные антропогенные воздействия (в качестве загрязнителей выступают газообразные, жидкие и твердые вещества в измельченном состоянии); фоновые-параметрические антропогенные

воздействия; ландшафтно-деструктивные антропогенные воздействия и др. [45].

Многочисленные кризисные явления в природе и мировом хозяйстве возникают из-за недооценки или игнорирования принципов научно обоснованного природопользования. Это совокупность всех форм эксплуатации ПРП и мер по его сохранению. Оно может быть нерациональным (деятельность человека не обуславливает сохранение ПРП) и рациональным (деятельность человека обеспечивает экономную эксплуатацию ПР и эффективный режим их воспроизводства с учетом перспектив и сохранения здоровья людей) [45].

Анализ природных ресурсов и разработка рекомендаций по их рациональному использованию в целях устойчивого развития той или иной территории предполагает: изучение отдельных видов ПР в исследуемом регионе, их качественный и количественный учет на основе новейших методов оценки; картографирование выявленных ПР; экономическую оценку ПРП; установление приоритетных направлений в освоении ПРП территории; разработку схемы наиболее рационального их использования и др. [10, 45].

Незнание законов природы окружающего мира, нарушение связей, установившихся за миллионы лет развития ПС, грозят катастрофическими последствиями, а геоэкология ищет пути выхода из этого тупика. Нельзя остановить процессы прогрессирующего развития человеческого общества, как нельзя остановить и хозяйственную деятельность. В развитии человечества энергия является движущей силой. Меняются виды энергии, методы ее преобразования, способы использования. Меняется уровень энерговооруженности и для научно-технического прогресса (НТП) человеческого общества необходим переход на более высокий уровень, иначе остановится общее развитие. Не зря энергетику отнесли к одной из отраслей авангардной тройки. На пороге XXI века человечество вступило в переходный период: от энергетики, основанной на невозобновляемых ПР



органического происхождения, к энергетике, базирующейся на ВИЭ: ядерная, солнечная, ветровая, геотермальная и др.

Научно обоснованное решение проблемы рационального использования природно-ресурсного потенциала (ПРП) территории возможно лишь на основе комплексных геоэкологических работ. ПРП – это та часть реальных запасов ПР, которая может быть вовлечена в хозяйство на данном этапе его развития с учетом технических и социально-экономических составляющих. В нашем случае под ПРП выступают геотермальные ресурсы (ГР). Это – глубинное тепло Земли – потенциальный источник электро- и теплоснабжения. Оно подразделяется на три вида:

1. термальные воды, пароводяные смеси, сухой пар, содержащиеся в подземных трещинно-жильных коллекторах и пористых пластовых системах (парогидротермы);
2. тепло, аккумулированное в горных породах;
3. тепло магматических очагов вулканов и лакколлитов (внедренной в осадочные породы магмой) [146-147].

Под геотермальной энергией подразумевается физическое тепло глубинных слоев Земли с температурой выше средней температуры воздуха на поверхности. В качестве носителей этой энергии могут выступать жидкие флюиды и сухие горные породы. ГР подразделяются на гидрогеотермальные и петрогеотермальные. Гидрогеотермальные ресурсы – это часть ГЭ, заключенная в естественных коллекторах и представленная геотермальными водами (вода, пар, пароводяные смеси). Петрогеотермальные ресурсы – часть тепловой энергии, заключенная в скелетах водовмещающих пород и в практически водонепроницаемых сухих горных породах [22, 172].

По классификации Международного энергетического агентства, в качестве источников ГЭ могут использоваться:

1. Магма (нагретые до  $1300^{\circ}\text{C}$  расплавленные горные породы);
2. сухие горячие скальные породы;
3. месторождения геотермального сухого пара;

4. источники влажного пара (смеси горячей воды и пара);
5. месторождения теплоэнергетических или термальных вод (они представляют собой так называемые геотермальные резервуары) [172].

Термальными обычно считаются воды, температура которых выше среднегодовой температуры воздуха над поверхностью Земли (т.е. выше 34 °С). Температуры подземных вод изменяются в широком диапазоне: от отрицательных значений в зоне вечной мерзлоты до несколько сот градусов тепла в районах современного вулканизма [93, 108].

Существуют различные классификации термальных вод по температуре и наиболее распространенной является классификация К.Ф. Богородицкого: переохлажденные (ниже 0 °С), холодные (0-20 °С), теплые (20-37 °С), горячие (37-50 °С), очень горячие (50-100 °С), перегретые (выше 100 °С). С энергетической точки зрения к термальным водам относятся воды с температурой выше 20 °С [84-85].

Следует отметить, что районы, перспективные ТВ, в то же время известны как нефтегазоносные (например, территории Чеченской Республики, Дагестана и др.). Перспективными в гидрогеотермическом отношении, по мнению многих исследователей, являются МТВ в межгорных впадинах, краевых прогибах и т.д., которые по своей природе относятся к пластовому типу.

Любая природная вода – это природное тело, находящееся в совершенно определенных геологических, а для земной поверхности и географических условиях. Эти условия (вся природная обстановка нахождения воды) и предопределяет все особенности её химического состава. Миграция водных масс из одной природной обстановки в другую или видоизменение самой обстановки во времени преобразует состав природных вод в соответствии с характерными особенностями новой обстановки их существования [165].

По классификации В.И. Вернадского по степени минерализации воды подразделяются на: пресные (до 1,0 г/л), очень слабосоленые (1,0-10,0 г/л),

слабосоленые (10,0-35,0 г/л), соленые (35,0-50,0 г/л), рассолы (более 50,0 г/л) [22-24].

При разработке технологических систем с использованием геотермальных теплоносителей более удобно использовать следующую классификацию

- геотермальные воды с низкой минерализацией (до 10 г/л), которые могут быть использованы без предварительной водоподготовки;
- геотермальные воды со средней минерализацией (10-35 г/л), для которых требуется предварительная водоподготовка, и могут использоваться только в двухконтурных системах;
- геотермальные воды с высокой минерализацией (от 35 г/л и более), которые могут использоваться только в двухконтурных системах [22-24].

Для использования ГВ как источника тепла необходимо изучение тепловой и энергетической мощности месторождения: какое количество тепла или электроэнергии можно получить при его эксплуатации. МТВ в районах современного вулканизма в этом плане характеризуются максимальными значениями вышеуказанных величин на незначительных глубинах [93].

МТВ пластового типа, как правило, имеют большие размеры, но их полезная тепловая мощность ограничивается гидродинамическими особенностями. К наиболее перспективным следует относить такие месторождения, где геотермический градиент не ниже  $3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ , в которых можно получить самоизливающиеся воды с температурой  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выше с глубин до 2500-3000 м. Такие месторождения могут обеспечить потребности в тепле крупных сельскохозяйственных объектов, микрорайонов и других населенных пунктов [115].

Руководствуясь соображениями практического использования ГВ в хозяйстве, целесообразно провести классификацию и по другим признакам, а именно:

- по жесткости, мг-экв/л (классификация может быть принята обычная для вод питьевого качества с небольшими поправками), которая определяется по содержанию в воде ионов кальция и магния: очень мягкие (0-1,5), мягкие (1,2-2,8), средней жесткости (2,8-5,7), жесткие (5,7-11,7), очень жесткие (более 11,7);
- по газонасыщенности, % (по массе, для теплотехнического использования): слабые (до 100 мг/л), средние (100-1000 мг/л), высокие (более 1000 мг/л);
- по газовому составу: сероводородные, сероводородно-углекислые, углекислые, азотно-углекислые, метановые, азотно-метановые, азотные;
- по кислотности (рН): сильнокислые (до 3,5), кислые (3,5-5,5), слабокислые (5,5-6,8), нейтральные (6,8-7,2), слабощелочные (7,2-8,5), щелочные (более 8,5) [163].

Также одним из основных показателей геотермальных вод является их стабильность, т.е. наличие углекислотного равновесия. Следует учитывать, что углекислотное равновесие ГВ в процессе их использования может нарушаться, так как технологические процессы, как правило, должны предусматривать дегазацию вод. Кроме того, при отдаче тепла в систему отопления снижается их температура [25, 52]. ГВ, склонные к солеотложению, после выхода из скважины и до введения их в теплосеть необходимо очищать от взаимоосаждаемых компонентов.

В пределах Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (и в частности Чеченской Республики) для использования в теплоэнергетических целях (от горячего водоснабжения до производства электроэнергии) могут быть выделены слаботермальные (20-50 °С), термальные (51-75 °С), высокотермальные (76-100 °С), слабо перегретые (101-150 °С) и значительно перегретые (151-250 °С) [108, 163]. В целом принято считать, что при температуре геотермального теплоносителя ниже 100 °С целесообразно его использование в теплоснабжении зданий и сооружений или же для

предварительного подогрева рабочих тел обычных высокотемпературных установок, а более высокие температуры (выше 100 °С и более) пригодны для производства электроэнергии.

*Рациональное использование ПР* подразумевает соответствие характера и способов их использования конкретным местным условиям; предвидение и предотвращение возможных негативных последствий природопользования; учет законов природы, которые являются объективными, и потенциальных возможностей ОС; комплексное использование; экологизация производственных процессов. И только в этом случае может быть достигнуто устойчивое развитие региона.

Рационализм природопользования заключается в том, чтобы постоянно поддерживать такое состояние, когда возможно оптимальное воспроизводство природных ресурсов, не допускаются необратимые последствия для ОС в виде исчезновения видов животного и растительного мира, усыхания моря или озера, наводнений и т.д.

Понятие «устойчивое развитие» также имеет огромное количество дефиниций (по разным данным – более 50). Приведем наиболее содержательные из них: Урсул А.Д. [168] («управляемое системно-сбалансированное социоприродное развитие, не разрушающее окружающую природную среду и обеспечивающее выживание и безопасное неопределенно долгое существование цивилизации»), Н. Давыдова, О. Тимофеева [76] («такое развитие, которое не влечет за собой необратимого изменения среды обитания человека»).

В 1987 г. в докладе Международной комиссии ООН по окружающей среде и развитию (МКОСР) «Наше общее будущее» был использован термин «sustainable development», который был переведен как «устойчивое развитие». Понимался как модель движения вперед, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения будущих поколений такой возможности [126].

Основная задача устойчивого развития – это удовлетворение человеческих потребностей и стремлений. Более того, устойчивое развитие требует удовлетворения наиболее важных для жизни потребностей всех людей и предоставления всем возможности удовлетворять свои стремления к лучшей жизни в равной степени [32, 76].

Геоэкологические проблемы – это фокус глобальных проблем человечества (экономические, политические, социальные и экологические). Они возникают при нарушении равновесного состояния в системе «живые организмы – окружающая среда». Как правило, эти проблемы носят комплексный характер, и требуют интеграции различных предметных областей (геология, география, почвоведение, геофизика, геохимия и др.) в единую систему знаний о геологической среде. Геоэкология исследует структуру и функции геоэкосистем разных иерархических уровней [148].

Что станет с человеком – с главным составляющим живой природы – если живая природа будет разрушена в результате мощного антропогенного воздействия?! Геоэкология, став основой рационального ведения хозяйства, в результате грамотно осуществленной стратегии взаимодействия человека с природой, позволит избежать нерациональное использование ПР, экологические просчеты, тем самым не ставя под угрозу будущее всего живого на Земле.

## **1.2. Ретроспективный анализ**

Тепло Земли для своих повседневных нужд используется человеком с незапамятных времен. Остатки ванн, посуды и другие примитивные сооружения быта, обнаруженные на территории Грузии, Армении, Ирана, Новой Зеландии, России, свидетельствуют об использовании парогидротерм для приготовления пищи, в бальнеологии, для бытовых и других нужд еще в бронзовом веке [60]. В глубокой древности люди научились добывать поваренную соль из солеродных озер, а где не было таких озер, но имелись

рассольные источники, она выпаривалась Солнцем в специально вырытых углублениях [57].

Одной из первых научных работ о геотермальных источниках можно считать сочинения Тита Лукреция Кара «DeRerumNaturae» («О природе вещей» (I век до н.э.)), в которых описаны геотермальные месторождения района Тоскана и изложены технологии получения борной кислоты с использованием минерализации и энергии тосканских парогидротерм, которыми владели ещё древние этруски, населявшие северные районы Италии в VII веке до н.э. Считается, что практическое использование ТВ началось тоже в Италии, когда из химических соединений, выносимых на поверхность горячими источниками, производили лак, которым древние этруски покрывали глиняные изделия [57, 60]. В период процветания Флорентийской Республики в шерстяной промышленности применялись квасцы, купорос, сера, добываемые из естественных горячих источников. Опыт, накопленный римлянами по использованию геотермальных теплоносителей для лечебных целей, отопления и бытовых нужд (термы и акведуки Караколлы, Римские бани), распространился на многие завоёванные ими районы Европы и Азии, и сохранился как наследие римской культуры после распада огромной империи [46, 60].

Использование геотермальных источников в бальнеологических целях получило некоторое развитие в средние века. Свидетельством тому являются изданные работы итальянского монаха Савинаролла («Трактат об использовании минеральных вод», XV в.), Фаллопия («Семь книг о тёплых водах»). При археологических раскопках в Греции был обнаружен город-курорт, в центре которого в специальном здании находился каптированный минеральный источник с бассейнами. Этот курорт возник в VI в. до н.э., что свидетельствует о применении минеральных вод для лечения ещё в глубокой древности.

Изучение тепла земной коры стало возможным в конце XVI в. благодаря изобретению термометра. Первые наблюдения за температурой

воздуха проводились в одном из рудников Венгрии (XVII в.). Значительный вклад в развитие геотермальных измерений внесли и экспедиции С.П. Крашенникова на Камчатку (1737-1741 гг.), И.Г. Гмелина в северные и восточные районы Сибири (1733-1735 гг.) [35, 57, 80].

В XVIII-XIX вв. в России начинаются исследования термальных вод в бальнеологических целях. В 1714 г. был открыт первый курорт на железистых Марциальных водах Карелии. Приблизительно в это же время была организована экспедиция А.Ф. Миддендорфа, которая на севере и востоке Сибири проводила геотермические исследования в горных выработках и колодцах. По результатам температурных измерений удалось оценить среднюю величину геотермального градиента ( $30^{\circ}\text{C}$  на 1 км) и определить мощность вечной мерзлоты. В 1766 г. температурные измерения были проведены Э. Лаксманом на источниках в районе о. Байкал, а в 1768 г. – П.С. Палласом на нефтяных источниках Поволжья. По результатам исследований П.С. Паллас указал на связь между распределением подземного тепла и составом горных пород. Закономерность роста температуры с глубиной подтвердили и более поздние температурные измерения на рудниках Урала (А.Я. Курффер, 1826 г.), в глубоких шахтах Пруссии и Саксонии (по инициативе А. Гумбольдта с 1828 г.). В 1825 г. была опубликована работа русского врача Г.И. Гесса, изучавшего химический состав и лечебные свойства термальных вод Северного Кавказа.

В 1882 г. А. Эврет вывел среднюю геотермическую ступень для земной коры ( $33 \text{ м}^{\circ}\text{C}$ ), а в 1898 г. геолог Н. Дартон построил первую карту изотерм для артезианского бассейна Дакоты, положив тем самым начало региональной геотермии.

Начало современной ГЭ и теплоснабжению положено в Италии. Большой интерес к горячим источникам вызвало открытие У. Хэффером в парогидротермах Тосканы борной кислоты. Вскоре были проведены опыты по её получению методом упаривания. Это послужило толчком для широкого использования природного тепла, хотя её промышленная добыча началась



только в 1827 г., когда Ф. Лардерелл использовал пар, выходящий из-под земли, для сгущения борной кислоты из водяного пара [46].

Для расширения геотермального производства в 1828 г. в Лардерелло впервые начали бурить ГС и к 1851 г. их количество достигло более 160 единиц с общей глубиной 35000 м и паропроизводительностью до 2700 т/ч. Однако за пределами Италии некоторое развитие в ту пору получило лишь бальнеологическое использование ГВ.

В 1822 г. шведский химик Берцеллиус (1779-1848 гг.) исследовал воды чешского источника Карловы Вары, впоследствии ставшей базой всемирно известного бальнеологического курорта. Кроме того, из горячих источников здесь ежегодно добывается фтористый кальций (6 т), углекислый натрий (800 т), глауберова соль (1300 т).

В 1897 г. П. Конти была предпринята попытка по использованию кинетической энергии струи природного пара для получения механической энергии с помощью гребного колеса с диаметром 1525 мм, но оно быстро покрылось окислами и борной кислотой и стало непригодным для дальнейшего использования. Большим прорывом в ГЭ был первый в мире эксперимент П. Конти по производству электроэнергии из геотермального пара, который провел 4 июля 1904 г. в Лардерелло (рис. 1.1) [16, 38, 139-140].

Следующим большим прорывом в развитии ГЭ стал эксперимент П. Конти (1913 г.), который удачно направил подземный пар в небольшой паровой двигатель и запустил турбину на 150 кВт, приводившую в действие генератор напряженностью 4000 В/м и частотой 50 Гц. Высокая надежность и экономичность работы этой установки послужили основанием для установки более мощных турбогенераторов [57, 60].

В 1916 г. в Италии построена первая геотермальная электростанция «Лардерелло-I» мощностью 12 МВт, которая и по сегодняшний день вырабатывает самую дешевую электроэнергию в мире. В 1924 г. в Японии на месторождении Беппу была создана небольшая опытная установка, но первая промышленная ГеоТЭС «Юносава» (8 МВт) здесь построена только в 1948 г.

В 1925 г. на геотермальном месторождении Гейзеры (недалеко от Сан-Франциско) была испытана паровая турбина, изобретенная английским инженером Ч. Парсонс, а первая американская ГеоТЭС на этом крупнейшем в мире месторождении сухого пара пущена в эксплуатацию в 1960 г. Эти факты свидетельствуют о том, насколько тяжело геотермальные теплоносители находили свою нишу в ТЭК этих стран.



Рис. 1.1. П. Конти и устройство, использованное в первом в мире эксперименте по производству электроэнергии из геотермального пара (Лардерелло, 1904 г.) [140]

В последние годы выработка электроэнергии всеми геотермальными электростанциями Италии превышает 790 МВт. Вслед за Италией по объему использования тепла Земли долгое время шла Исландия, которая первой перешла на геотермальное теплоснабжение городов и сел. В 1930 г. в Рейкьявике была построена первая геотермальная система теплоснабжения, которая в дальнейшем только развивалась, а уже в 1974 г. более 98% жилых зданий столицы (85 тыс. жителей) были подключены к централизованной системе теплоснабжения [46, 57].

На Северном острове Новой Зеландии использование ГВ местным населением известно уже давно, но возможность их энергетического использования в районе Вайракей стали рассматривать в 30-ые годы прошлого столетия, когда здесь появился дефицит электроэнергии. При сравнении технико-экономических показателей электроснабжения с Южного

острова, сооружения ТЭС, АЭС, ГеоТЭС, предпочтение было отдано последней, и первая крупная ГеоТЭС мощностью 160 МВт была построена в 1950 г. В экономике Новой Зеландии природному пару нашли широкое применение. С целью получения сухого пара для дробильных агрегатов производилась подача пара в бойлерную, для сушки древесины, для привода машин, транспортирующих бревна, для обогрева домов, больниц, отелей, для кондиционирования воздуха и для выработки электроэнергии. Кроме того, экспериментальное лесничество использовало пар для сушки семян и пиломатериалов, а также для обогрева грядок и парников. При этом средняя глубина скважин составляла 10-250 м, температура на таких незначительных глубинах 120-175 °С, и издержки по сооружению и эксплуатации геотермальных систем оказались не выше обычно применяемых систем. Особый вклад Новой Зеландии в историю ГЭ заключается в том, что в этой стране построена крупная ГеоТЭС, работающая не на сухом, а на влажном паре.

Долгое время ГР в теплоснабжении США занимали подчиненное значение, но с 1973 г. в работах по изучению этих ресурсов страна занимает лидирующее положение в мире. Наиболее успешно геотермальные теплоносители используются для теплоснабжения домов, теплиц, бассейнов, ферм, школ и других административных зданий в штатах Орегон, Айдахо, Калифорния, Юта, Массачусетс и т.д., значительные запасы ГР есть и на Гавайских островах. Геотермальная ресурсная база для верхних 3 км недр США по оценкам ЭПРИ составляет 165,6 трлн. т.у.т. и наиболее благоприятные для освоения из этих ресурсов сосредоточены на западе страны [46, 57].

Мощнейшая в мире ГеоТЭС построена тоже в США (ГеоТЭС «Хебер» (50 МВт)). Соответственно национальной программе развития ГЭ США в ближайшие 15-20 лет можно ждать удвоения их мощности каждые 5 лет. Удельные затраты на построение ГеоТЭС в этой стране в среднем на 38 %

ниже, чем на сооружение АЭС, и на 50 % ниже, чем на строительство угольных ТЭС.

В Японии при остром дефиците собственных ресурсов органического топлива геотермальная энергетика представляет генеральное направление развития энергетики. В двадцати трех геотермальных районах выявлено 130 источников, 10 крупных геотермальных месторождений. Геотермальные воды используются на фермах и опытных сельскохозяйственных станциях для выращивания овощей, фруктов и др. культур, цыплят, в водоемах разводят рыбу, аллигаторов, а также на специальных промышленных предприятиях производится сера и т.д. На о. Хоккайдо методом выпаривания с применением ГЭ из морской воды организована добыча солей. Кроме того, страна достигла больших успехов в создании геотермальной техники (более 80 % ГеоТЭС мира оснащены оборудованием японских компаний).

В Мексике геотермальная разведка в районе Патэ началась в 1951 г., первая опытная установка построена в 1955 г., а создание промышленной ГеоТЭС на месторождении Сьерро Прието началось в 1973 г.

Уникальный пример весьма быстрого и эффективного освоения энергии недр, играющей ведущую роль в энергетике страны – это ГеоТЭС Филиппин. Здесь в 1962 г. началась разведка геотермального района Тиви на о. Лузон, а в 1980 г. Филиппины обогнали Италию, и вышли на 2 место в мире по производству энергии (446 МВт). И прибыли от освоения ГЭ здесь достигли 176 млн. долларов.

Старейшим ГС Венгрии более 100 лет, но широкое освоение Верхне-Паннонского артезианского бассейна для теплоснабжения началось в 1958 г. и энергия недр используется в наибольшем масштабе. Геотермальным теплоснабжением здесь охвачено десятки животноводческих ферм, ТПК, рыбные хозяйства, жилые кварталы и плавательные бассейны и т.д. По развитию геотермального теплоснабжения в сельском хозяйстве Венгрия уверенно опережает все страны мира, да и перспективы у этой страны в развитии геотермального производства велики, так как на значительной

территории распространены ГВ с температурой 70-100 °С на глубине 1,6-2,5 км.

Геотермальное теплоснабжение довольно быстро развивается во Франции, в Турции, Румынии, Польше, Чехии, Швеции. Во Франции, где достигнуты значительные успехи в реализации геотермальных циркуляционных систем (ГЦС), ГВ используются в теплоснабжении административных зданий, теплиц и т.д.

В разных масштабах ГЭ используется в теплоснабжении более 65 стран мира, и их число, по прогнозам экспертов, будет увеличиваться. Мировая практика показывает, что большая часть ГЭ (более 70%) идет на обогрев помещений, купален, рыбоводства и теплиц [37-38].

Создание ГЦС в горячих гранитах, широко распространенных на больших глубинах (практически было реализовано в США, во Франции) – это реализация идеи В.А. Обручева, которая открывает перспективы крупномасштабного освоения ГЭ. Гораздо проще выглядит создание ГЦС на основе коллекторов – естественных проницаемых пластов и зон, которые повсеместно встречаются в верхних слоях земной коры. В СССР эти идеи выдвинуты профессором С.Н. Назаровым (Ташкентский политехнический институт), академиком АН УССР О.А. Кремневым и были реализованы на территории ЧИАССР: в 1981 г. на Ханкальском месторождении начала функционировать первая в СССР ГЦС с естественным коллектором (в качестве коллектора использовались среднезернистые песчаники XIII пласта карагана). Переход к ГЦС здесь стал неизбежен, так как в эксплуатируемых фонтанным способом скважинах произошло падение пластового давления и дебитов [59].

В 1963 г. во Франции начала работать первая ГЦС с «непродуктивным» пластом: в качестве теплоносителя в этой системе использована вода, нагретая до температуры 27 °С при фильтрации в пласте песчаников альба между нагнетательными и добычными скважинами на глубине 600 м. Она обеспечивала низкопотенциальной энергией комплекс кондиционирования

воздуха в парижском Доме радио. Он состоял из шести компрессоров, работавших в зимнее время в режиме теплового насоса общей тепловой мощностью 21 МДж/ч, летом – по циклу обычной холодильной машины. Получаемый от ГЦС первичный теплоноситель охлаждался до 7 °С. Рабочий энергоноситель нагревался в конденсаторах, а в летнее время охлаждался в испарителях компрессорного комплекса [37-38].

Промышленное освоение ГЦС во Франции получили ускоренное развитие, так как на цели планомерно выделяются средства из бюджета. Также здесь налажено серийное производство отопительных радиаторов для геотермального теплоснабжения с расчетной температурой 50 °С, опытные конвекторы со встроенными вентиляторами на 40-45 °С. Развиваются технологии теплонасосных установок, пикового догрева теплоносителя в наиболее холодные периоды года за счет УВ-топлива или электроэнергии. Третья часть потребностей Франции в энергоносителях может быть удовлетворена теплоносителями с температурой ниже 100 °С. Пригодные для покрытия тепловых нагрузок геотермальные ресурсы страны оцениваются  $16 \cdot 10^{11}$  ГДж (или 54,3 млрд. т.у.т.) [35, 37, 111, 133].

В 1977 г. в штате Нью-Мексико (США) была создана первая в мире ГЦС с искусственным коллектором (гидроразрыв непроницаемых горячих гранодиоритов). В 1975 г. в США сотрудниками лаборатории «Сандия» выдвинута идея извлечения ГЭ магматического расплава. Они же провели первые серии экспериментов на семи скважинах, пробуренных через затвердевшую кору лавового озера, образовавшегося при извержении гавайского вулкана Килауэа-ики в 1959 г., при температуре 1064 °С на глубине 6,2 м (следует отметить, что это максимальная измеренная температура в недрах Земли).

Эти и другие примеры достаточно красноречиво говорят о долгом и далеко не законченном пути человека к энергетическим ресурсам земных недр.

В использовании ГЭ в СССР наблюдалось некоторое отставание, что объяснялось, во-первых, наличием больших запасов топливно-энергетических и водных ресурсов для развития энергетики страны. Широкий комплекс геотермических исследований в бывшем СССР выполнен в начале XX столетия под руководством Л.Я. Ячевского, а в 30-ые гг. значительное распространение получили региональные геотермические исследования под руководством С.А. Красковского [101-102]. Начало изучению геотермических условий формирования нефтяных месторождений положено работами И.М. Губкина. Результатом больших исследований в области геотермии была опубликованная в 1972 г. «Геотермическая карта СССР» под редакцией Макаренко Ф.А. Наиболее перспективными в геотермическом отношении районами являлись: Камчатка, Курильские острова, Сахалин, Кавказ и Предкавказье, Западная Сибирь, бассейны территорий Таджикской, Киргизской, Узбекской, Казахской, Украинской ССР и т.д. Выявленные запасы ГР на территории страны распределялись неравномерно, в основном они приходились на территорию Центрального и Северного Кавказа (Ставропольский край, Дагестанская, Кабардино-Балкарская, Чечено-Ингушская, Северо-Осетинская АССР), Поволжья, Коми АССР, Закавказья (Армянская, Азербайджанская, Грузинская ССР), Дальнего Востока, Украинской ССР, Средней Азии и в некоторых из них использовались для различных целей. Добыча термальных вод в СССР на 1988 г. составляла 60,8 млн. м<sup>3</sup> в год [20, 79, 85].

Значительная часть месторождений термальных вод (МТВ) высокоминерализованы и представляют собой рассолы, содержащие соли (35-400 г/л). Это и есть минеральное сырье – руда на многие химические элементы (помимо хлоридов калия, натрия, магния, кальция воды содержат огромный комплекс металлических и неметаллических микрокомпонентов). Есть химические элементы, которые можно извлекать только из подземных вод (например, йод). Йод и бром из термальных рассолов в нашей стране начали добывать в начале XX столетия: на полуострове Челекен (Туркмения)

было организовано небольшое кустарное производство по извлечению йода, а потом и брома.

Ещё в глубокой древности из термального рассола люди научились добывать поваренную соль. Этот опыт использовался москвичами во время Великой Отечественной войны, когда начались проблемы по солеобеспечению: на юго-востоке города была пробурена скважина, которая вывела на поверхность термальный рассол, ставший сырьем для соледобычи [46].

В 1954 г. Институт геохимии академии наук СССР провел два межведомственных совещания по вопросу комплексного изучения теплового поля в районах развития четвертичного вулканизма и с этого времени положение на рынке геотермальной энергетики немного изменилось: начинаются работы по исследованию теплового поля Земли в районе Большого и Малого Кавказа. В 1961 г. при Отделении геолого-географических наук АН СССР создается комиссия по гидрогеологии и геотермии для координации работ по перспективным направлениям. Были приняты два постановления [23-25, 65, 85, 105, 115]:

1. О развитии работ по использованию в народном хозяйстве глубинного тепла Земли.
2. Об использовании геотермальной воды для электрификации и теплофикации г. Петропавловск-Камчатский и прилегающих к нему районов.

Специальные работы по изучению термальных вод и геотермии Предкавказья начинаются тоже с этого времени. В 1964-65 гг. в СКГУ А.Н. Хребтовым, Д.Г. Гонсировским и др. были составлены карты термальных вод Северного Кавказа в масштабе 1:2000000 и гидротермальные карты масштаба 1:500000 наиболее перспективных районов Северного Кавказа с целью использования ГВ в народном хозяйстве. Терско-Сунженская область в этих работах рассматривается как одна из наиболее перспективных [65, 77, 85, 173].



Первый опыт получения электроэнергии с помощью геотермальных теплоносителей в России проведен в 1966 г., когда на Камчатке была пущена в эксплуатацию первая геотермальная электростанция мощностью 5 МВт. В 1967 г. на Паратунском месторождении заработала опытно-промышленная геотермальная электростанция (она также первая в мире электростанция с бинарным циклом) мощностью около 500 кВт. С этого времени началась промышленная выработка электроэнергии в этом районе, которая до сих пор дает самую дешевую электроэнергию на Камчатке [57-58].

ГЭ России сосредоточена в одном месте – на Камчатке, и потребность в энергоносителях для этого района до 25 % от общего энергопотребления обеспечивается за счет геотермальных теплоносителей. Существующие здесь все три геотермальные электростанции (Мутновская, Верхне-Мутновская, Паужетская), имеют суммарный электропотенциал, оцениваемый в 1 ГВт рабочей электрической мощности, однако реализован только 76,5 МВт установленной мощности и около 470 млн. кВт/час годовой выработки [58, 60, 85, 98].

На Паужетской ГеоТЭС на паровых турбинах используется только отсепарированный геотермальный пар из пароводяной смеси, получаемый из ГС. Все производство природного пара сконцентрировано на Камчатке, обладающей исключительными запасами тепла Земли, сосредоточенного почти у поверхности Земли.

К 1947 г. относятся первые шаги в развитии геотермального теплоснабжения в Дагестане: фонтаны горячей воды получены из разведочных нефтяных скважин с караганских и чокракских песчаных пластов. В 1954 г. Дагестанский филиал АН СССР, используя имеющийся опыт и результаты проведенных к тому времени геотермических исследований, возглавил реализацию проекта геотермального теплоснабжения г. Махачкалы. Основные технические решения были разработаны в содружестве с «ГИПРОКоммунЭнерго» с участием с Академией коммунального хозяйства СССР [22-23, 117]. На сегодняшний

день в Дагестане геотермальным теплоснабжением пользуются более 100 тыс. чел. и наиболее интенсивно эксплуатируются Махачкала-Тернаирское, Кизлярское и Избербашское МТВ. Тепловой потенциал разведанных МТВ Краснодарского края и Республики Адыгея превышает 3800 ГДж в год, что составляет более 70 % объема тепловой энергии, вырабатываемой «Кубаньэнерго».

В целом на Северном Кавказе на сегодняшний день около 500 тыс. чел. используют ГР для теплоснабжения объектов промышленности и сельского хозяйства. При этом 49 изученных МТВ Северного Кавказа способны обеспечить получение до 10000 МВт тепловой и 200 МВт электрической мощности [25-26, 108].

В 70-80-ые гг. прошлого столетия из-за роста цен на ископаемое топливо многие энергозависимые страны стали развивать ГЭ и добились в этом направлении неплохих результатов. Глобальность развития этого сегмента энергетики сегодня подтверждается заявлением Евросоюза, что к 2040 г. до 50 % тепло- и электроэнергии будет вырабатываться за счет ВИЭ.

Заметную долю в суммарном производстве электроэнергии именно ГЭ составляет в Филиппинах, Сальвадоре, Никарагуа, Исландии, Коста-Рике, Новой Зеландии, Индонезии [20, 33]. Развитие ГЭ России существенно отстает от этих стран и это заметно даже больше, чем в бытность СССР. Наша страна не входит даже в первую десятку производителей электрической и тепловой энергии из геотермальных источников, в то время как ее значительные запасы есть практически на всей территории России (рис. 1.2). Наиболее перспективными регионами в этом отношении являются Северный Кавказ, Западная Сибирь и Дальний Восток. Общий тепловой потенциал ресурсов геотермальной энергии России эквивалентен 1702 трлн. т у.т. Технически доступные ресурсы геотермальной энергии для нужд теплоснабжения составили  $70/20^{\circ}\text{C}$  – 56,9 трлн. т.у.т., в том числе для нужд отопления – 30,5 трлн. т.у.т. Энергетический потенциал благоприятного во всех отношениях (технически доступного, экономически целесообразного и

экологически чистого) источника энергии для России составляет 44,6 трлн. т. для нужд теплоснабжения ( $70/20^{\circ}\text{C}$ , в том числе для отопления – 16,4 трлн. т. у.т.) [22, 37, 43, 130, 146-147].

К сожалению, при имеющихся огромных запасах ГР и большого фонда бездействующих скважин, которые позволяют минимизировать затраты по их добыче, мы не торопимся к широкомасштабному внедрению геотермальных теплоносителей для локального теплоснабжения.

К 2002 г. в России добывалось около 30 млн.  $\text{м}^3$  геотермальных теплоносителей, которая осуществлялась на территориях Краснодарского и Ставропольского краев, Камчатки, республик Кабардино-Балкарской и Дагестан. На 2006 г. в России было разведано 66 МТВ с производительностью более 240 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут. ГВ}$  и более 105 тыс. т/сут парогидротерм, но промышленная эксплуатация ведется на 20 месторождениях (Паратунское (Камчатка), Казьминское (Ставропольский край), Черкесское (КЧР), Кизлярское и Махачкалинское (Дагестан), Мостовское и Вознесенское (Краснодарский край)). Пробурено свыше 4000 скважин для использования ГР [20, 22, 60, 105].

Какие перспективы у российской геотермальной энергетики?! Существует проект Океанской ГеоТЭС мощностью 34,5 МВт и годовой выработкой электроэнергии 107 млн. кВт·ч. [105]. Запасы высокопотенциальных геотермальных источников энергии, которые к тому же в основном уже разведаны, могут решить проблему энергоснабжения г. Курильск и близлежащих населенных пунктов. Стоимость электроэнергии на ГеоТЭС в этих условиях в два с лишним раза ниже, чем на ДЭС. Привозное топливо будет вытеснено из расчета 2,5-3 тыс. т.у.т /год. Улучшится экологическая обстановка.

На о. Кунашир действует ГеоТЭС мощностью 2,6 МВт (в проекте несколько ГеоТЭС суммарной мощностью 12-17 МВт) [23, 80, 84].

Большие перспективы в расширении объемов использования ГВ связывают, прежде всего, с республиками Северного Кавказа, со Ставрополем, с

Краснодарским краем. Чеченская Республика обладает большим потенциалом ГВ, использование которых позволит повысить энергообеспеченность региона и, соответственно, снизить потребность в УВ-сырье. До 90-ых годов XX столетия добыча ГВ составляла 8,8 млн.м<sup>3</sup> [78, 97]. В свое время в окрестностях г. Грозный ими отапливалась теплица с площадью более 10 га (рис. 1.3 и 1.4) [57, 84-85].



Рис.1.2. Геотермическое районирование России [155]

**Условные обозначения:** *a* - районы пригодные для теплоснабжения зданий с помощью тепловых насосов; *b* - перспективные для «прямого» использования; *c* - районы современного вулканизма наиболее перспективные для «прямого» использования, выработки тепла и электроэнергии на бинарных установках, а также создания крупных ГеоЭС на парогидротермальных месторождениях. 1 - Северный Кавказ (платформенная провинция), 2 - Северный Кавказ (альпийская провинция), 3 - Западная Сибирь, 4 - Прибайкалье, 5 - Курило-Камчатский регион, 6 - Приморье, 7 - 8 - Охотско-Чукотский вулканический пояс.

С 2010 г. специалистами различных производственных и научных организаций республики ведутся работы по изучению возможностей использования геотермального потенциала МТВ Чеченской Республики [52, 99]. В 2015 году на Ханкальском месторождении для теплоснабжения теплиц с площадью 3 га была построена геотермальная система теплоснабжения мощностью 8,7 МВт с реинжекцией отработанного теплоносителя (рис. 1.5).

В настоящее время проект успешно реализуется, чему способствовало математическое моделирование разработки месторождения, оптимальное проектирование скважин, обустройство месторождения и центрального геотермального теплового пункта. На расстоянии 10 м от устья добычной скважины методом наклонного бурения на глубину около 1000 м пробурена реинжекционная скважина, приемистость которой составила без насоса 15-22 м<sup>3</sup>/ч, при работе насоса – 201 м<sup>3</sup>/ч. А расстояние между забоями дуплета скважин равно 500 м. [40, 60, 90, 117].

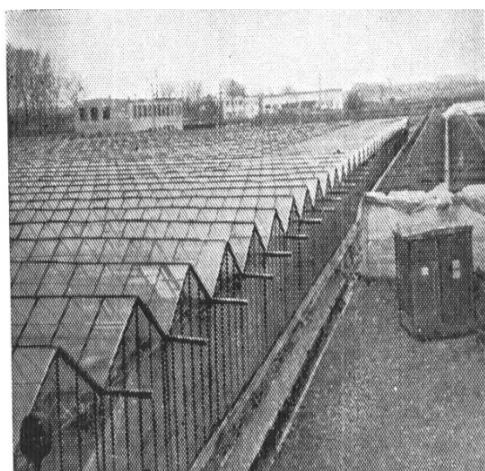


Рис.1.3. Грозненский теплично-парниковый комбинат

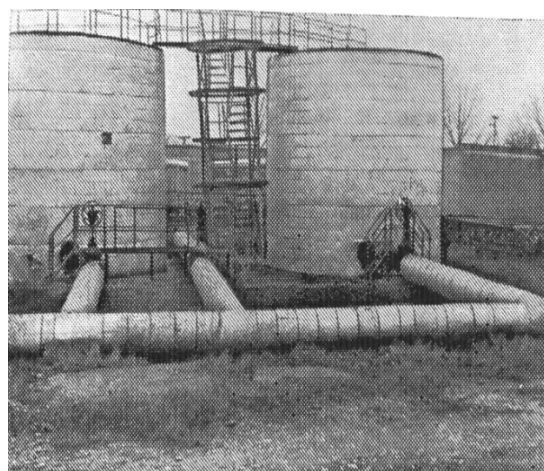


Рис.1.4. Накопительные баки термальных вод в Грозном

Таким образом, состояние использования ГР в России и за рубежом показывает, что они представляют собой важный, в некоторых случаях – выгодный, экологически чистый, но в настоящее время в недостаточной степени используемый вид ВИЭ. На современном уровне развития НТП ГР не всегда конкурентоспособны с традиционными источниками энергии, хотя очевидны преимущества. Для увеличения доли ГР в ТЭБ России на государственном уровне необходимо добиться стимулирования развития этого сегмента экономики; развернуть НИОКР, прежде всего, по изучению теплового потенциала геотермальных месторождений; созданию конкурентоспособного оборудования для геотермального производства.



Рис. 1.5. Геотермальная станция (Ханкальское месторождение термальных вод)  
(фото автора)

Вовлечение имеющегося потенциала МТВ Чеченской Республики вполне может открыть серьезные перспективы для развития энергетической безопасности региона и энергетики будущего [59]. Любое направление развития экономики, а особенно освоение и вовлечение новых видов источников энергии в ТЭК, сопряжено с рисками ухудшения качества ОС. Поэтому необходимо научно обосновать перспективы освоения ГР и с точки зрения геоэкологии (т.е. изучить геоэкологические проблемы, которые могут иметь место при освоении геотермальных ресурсов).

### **1.3. Анализ и оценка влияния освоения геотермальных вод на природную среду**

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что очень мало работ, как в отечественной, так и в зарубежной практике, связанных с изучением геоэкологических проблем освоения ГЭ [66]. Большинство проведенных исследований по загрязнению ОС под воздействием ТЭК связаны с нефтегазовым комплексом [50, 88, 95, 100, 122-123]. Отчасти это можно объяснить тем, что масштабное освоение ГР началось не так давно, и проблемы их освоения сводились к изучению возможностей использования,

к разработке техники и технологий освоения. При этом сам ресурс представлялся как неисчерпаемый источник энергии глубоко в недрах Земли, и отбор части этой энергии воспринимался как процесс утилизации расходной части теплового баланса современных геотермальных систем. Предполагалось также, что извлечение геотермального флюида не может изменить процесс естественной разгрузки гидротерм. Но масштабное освоение ГР в Италии, США, Новой Зеландии, СССР (вторая половина XX столетия) стало сопровождаться разрушением локальных экосистем в процессе разведки и извлечения геотермального флюида, проведения исследовательских работ с активными выпусками гидротерм из скважин и др. [65], и в целом эти работы в той или иной степени связаны с воздействием на ОС.

Освоение ГР сопровождается загрязнением воздушного бассейна, засолением почв, изменением растительного покрова, трансформацией химического состава поверхностных и почвенно-грунтовых вод под воздействием техногенных потоков различной минерализации. Вытекая из скважин, минерализованные подземные флюиды разливаются по поверхности рельефа, фильтруются в почвенные горизонты, поступают в гидросеть [99, 156].

Масштабы воздействия ГЭ на природную среду зависят, прежде всего, от направления использования ГР: как энергетический ресурс (производство тепловой и электрической энергии), минерально-сырьевой, бальнеологический и др. [54]. Реализация технологической схемы каждого из этих направлений предполагает геоэкологическую трансформацию ландшафтов, степень которой в каждом конкретном случае зависит от используемых технологий. Немаловажное значение имеют и местные условия той территории, где выполняется проект.

Факторы воздействия ГЭ на ОС можно разделить на две группы, в зависимости от последовательности их проявления [44]: при строительстве геотермального комплекса и при эксплуатации геотермальных



месторождений (рис. 1.6). Первая группа факторов, как правило, перестает оказывать воздействие при завершении строительства геотермального объекта.



Рис. 1.6. Факторы воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на ОС

### 1.3.1. Влияние на гидросферу

По своей природе ГВ имеют специфические физико-химические особенности, контрастность которых увеличивается с глубиной. За редким исключением, для глубоко залегающих ГВ характерны высокая минерализация, повышенные значения содержания фенолов, нефтепродуктов, сероводорода (СВ), УВ-газов, ртути, мышьяка и др., что не позволяет их сбрасывать на дневную поверхность без предварительной очистки [99]. Однако есть технология прямого использования ГР, которая предусматривает сброс отработанных вод без какой-либо водоподготовки. Например, на ГеоТЭС с непосредственным использованием природного пара он из скважины поступает прямо в турбину с последующим выходом в атмосферу или устройство, улавливающее ценные химические компоненты.



До последнего времени основная масса добываемых из нефтегазовых скважин попутных вод тоже сливалась на дневную поверхность. А они считаются одним из серьезных источников загрязнения ОС, так как содержат в себе большое количество токсичных элементов (бор, стронций, рубидий и др., а также остатки нефти и реагенты, используемых при нефтедобыче) [99, 109].

В своем большинстве минерализация и энтальпия этих жидких потоков отличаются от физико-химических свойств поверхностных источников воды и приводят, прежде всего, к тепловому загрязнению, а также к заболачиванию и засолению.

В России до недавнего времени ежегодно в ОС сбрасывалось свыше 60 млн. м<sup>3</sup> ГВ и 400 млн. м<sup>3</sup> попутных нефтяных вод [108]. При таком подходе к использованию подземных вод рост их добычи может наносить огромный ущерб ОС. В Дагестане, например, за период с 1966-1989 года после использования в геотермальном производстве сброшено на дневную поверхность свыше 160 млн. м<sup>3</sup> отработанного геотермального флюида с минерализацией от 2-62 г/л (в среднем – 10 г/л), то есть за этот период произведен сброс 160 тыс. т. минеральных солей. Но главная экологическая проблема ГЭ на территории ВПАБ, в целом, заключается даже не в минерализации, а в высоких концентрациях фенолов, значительно превышающие ПДК в водах отдельных скважин и месторождений. Например, содержание фенолов в водах Новошедринского МТВ – до 2,4 мг/л, Терекли-Мектебского МТВ – до 2,85 мг/л, Тернаирского – до 10-22,5 мг/л и т.д., а на практике (по данным ВОЗ) ПДК фенолов для питьевых вод и рыбопродуктивных водоемов не должны превышать 0,001-0,002 мг/л [99].

Сброс попутных вод нефтегазовых месторождений также наносит заметный ущерб ОС. На Сухокумском месторождении (Дагестан) при добыче 1,0-1,3 млн. м<sup>3</sup> /год попутных вод для ППД и повышения нефтеотдачи обратно закачивается 0,5-0,6 млн. м<sup>3</sup>, а оставшаяся часть сильноминерализованных вод после поверхностной очистки сбрасывается на

поля фильтрации. Такая картина эпизодически происходит на многих месторождениях данного региона (Таркинском, Димитровском, Манасском, Талгинском, Каякентском, Берикейском и др.), что приводит к химическому и тепловому загрязнению ОС. Согласно [25, 108] на Берикейском месторождении функционирует проточное озеро редкометальных гидротерм. В него разгружаются более сотни грифонов, которые образовались на месте скважины № 20: после аварии она стала фонтанировать с дебитом приблизительно 40-70 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Воды грифонов сильно минерализованы (70-75 г/л) и содержат до 7-8 мг/л фенолов, в том числе 0,3-0,6 мг/летучих компонентов, растворенных нефтепродуктов, что превосходит ПДК в 400-800 раз. После ликвидации многочисленных скважин в 1979-1980 гг. суммарный дебит Берикейских грифонов упал до 800-1000 м<sup>3</sup>/сут. и сохраняется в этих пределах до сих пор. За период с 1954 по 1980 годы эти грифоны вынесли в Каспийское море более 100 тонн цезия, 400 тонн рубидия, 3 тыс. тонн лития, 27 тыс. тонн стронция, 8 тыс. тонн бора, 22 тыс. тонн брома, 1600 тыс. тонн йода, более 3 млн. тонн поваренной соли. С одной стороны, эти вещества представляют большую ценность (если рассматривать их как промышленные воды), а в данном случае являются большими загрязнителями ОС, нанося вред курортному району, рыбному хозяйству, экологии Каспия. Ситуация в этом районе усугубляется еще и тем, что в ОС разгружаются еще более 200 скважин, пробуренных здесь за время разработки Берикейского нефтяного месторождения [99]. Источниками загрязнения являются минерализованная вода, нефтепродукты, углекислый газ.

Как известно, ЧР является старейшим нефтегазодобывающим регионом. Производственная деятельность нефтедобывающего комплекса республики оказало и оказывает сильное воздействие на все компоненты геосферы. Изношенность оборудования, нестабильная политическая обстановка, открытое фонтанирование нефтяных скважин (например, в период с 01.01.99 г. по 01.01.03 г. фонтанировало 148 скважин), аварии на

нефтяных скважинах усугубили и обострили и без того сложную экологическую обстановку в регионе. Многие месторождения находятся на стадии истощения (Старогрозненское, Октябрьское и др.) и вместе с нефтью на дневную поверхность извлекается огромное количество попутных вод, объем которых увеличивается с длительностью разработки нефтегазоносных месторождений, достигая 90 и более процентов [3, 94].

Территория Чеченской Республики также богата геотермальными водами и во второй половине XX столетия с целью их освоения пробурено более 80 скважин. На сегодняшний день большинство из них законсервированы, часть находится в состоянии эксплуатации. Но в результате длительного простоя законсервированные скважины потеряли герметичность (коррозия обсадных колонн, разрушение цементных мостов и устьевого оборудования и др.) и изливают на дневную поверхность. В целом, экологические риски с поступлением минерализованных подземных вод на дневную поверхность при разработке и эксплуатации месторождений УВ сырья и геотермальных флюидов связываются со скважинами и сохраняются на всех этапах ее жизни (от сооружения до ликвидации). К примеру, материалы и химические реагенты, используемые при строительстве скважин, обладают различной степени экологической опасности. Высока опасность химического загрязнения ОС из-за утечки подземных флюидов из скважин при бурении: они формируют стойкие площадные загрязнения прискважинной территории [69, 99].

По определению, скважина – это горнотехническое сооружение большой протяженности в недрах, пересекающее различные флюидосодержащие пласты. В ней создаются условия для нисходящего и восходящего потока пластовых вод, а также увеличения латерального притока с околоскважинных участков. Таким образом, скважина может служить каналом связи между пластами, что может привести к загрязнению пресных вод неглубоких горизонтов при фильтрации нефти и высокоминерализованных вод, и с дневной поверхностью [31, 41, 81].

Специфика ГС отличается от нефтяных скважин и определяется технологическими и экономическими особенностями использования геотермального флюида. Температура оказывает огромное влияние на весь цикл строительства и эксплуатации ГС, удорожая стоимость строительных работ или изменяя технико-технологические схемы бурения [21, 41]. Кроме того, геотермальный флюид обладает сравнительно низкой теплотворной способностью и поэтому требует значительного дебита (200-600 м<sup>3</sup>/ч) для увеличения энергопродукции. И, следовательно, важная особенность геотермального производства – достижение оптимального дебита для обеспечения экономической целесообразности разработки месторождения. Другая особенность ГС – глубокое заложение (за исключением районов современного вулканизма). При существующих ценах на энергоносители срок окупаемости ГС может равняться 25-30 лет – это и средний срок службы геотермального месторождения.

ГС считают технологическим элементом своеобразного гидрохимического цикла. Эксплуатация геотермального месторождения связана с нарушением термодинамического равновесия в пластах-коллекторах, что может сопровождаться гидрохимическим взаимодействием геотермального флюида с горными породами [21]. Осадкообразование влияет на фильтрационные свойства пласта-коллектора и определяют надежность работы добывающих ГС (коррозия обсадных труб, солеотложения). Другая особенность ГС заключается в характере антропогенного воздействия на ОС. Помимо общих факторов антропогенного воздействия (рис. 1.6) эксплуатация ГС имеет свои особенности: при замкнутом цикле все извлекаемые и неиспользуемые вещества должны возвращаться в недра, чем обеспечивается экологическая чистота ГЭ. По некоторым данным, в ГеоЭС мощностью 100 МВт за год поступает 100 млн.т воды, которая выносит из недр 100 тыс.т солей хлора, 100-1000 т аммиака, фтора, серной кислоты, 1000-10000 т сероводорода [21, 41].

Пар, добываемый ГС, может содержать до 0,5-5% неконденсируемого газа (обычно это углерод, сероводород, метан, аммиак и др.). Если сероводород собирается в низинах или на ограниченной площади, то он опасен для всего живого. В конденсате обычно находят следы бора, мышьяка и других летучих соединений, которые попадая в ОС, становятся источниками опасности для живых организмов. Более того, конденсат является источником теплового загрязнения, так как выбрасывается при повышенных температурах.

Еще одна проблема: ГЭ обычно получают при сравнительно низких температурах теплоносителя, поэтому ее использование в тепловых машинах малоэффективно. Значительные объемы геотермального теплоносителя рождает проблему сброса тепла, присущую всем другим низкотемпературным энергетическим системам. Но маленькие размеры геотермальных установок позволяет осуществлять распределенный сброс тепла, что облегчает эту проблему. Итак, в ГС в случае негерметичности изоляционного комплекса возникает опасность неконтролируемого проникновения на поверхность, а также межпластовых перетоков геотермального флюида. С точки зрения воздействия на окружающую среду ГЭ вызывает меньше возражений, и, несомненно, считается перспективным [21, 128].

Бурение ГС и ввод их в эксплуатацию может привести к понижению гидростатического уровня водоносных горизонтов, развитию оползней, обвалов горных пород, что в целом чревато исчезновением источников термопроявлений или изменениями в их поверхностном проявлении [5]. В 1991 году в районе геотермального месторождения Зунил 1 (Гватемала), которое расположено в горной местности, сошел оползень размером 800000 м<sup>3</sup> селевой массы. Известны случаи, когда эксплуатация нефтегазовых месторождений привела к резкому падению дебита термоминеральных источников и даже к их полному исчезновению. Например, в ТСНО форсированный отбор попутных вод нефтегазовых месторождений из тех же

пластов привел к уменьшению (Брагунские, Серноводские источники) и даже к полному иссяканию термальных источников (Мамайюртовские, Горячеводские). Впоследствии в связи с сокращением объемов добычи нефти на некоторых из них производительность стала восстанавливаться [3, 58, 160]. Во время испытаний скважин (1955-1958 гг.) перестали дебитировать многие горячие источники в Долине Гейзеров или на ранних стадиях разработки месторождения Вайракей (Северный остров, Новая Зеландия) (1958-1964 гг.) [13, 18].

Длительная эксплуатации месторождения Вайракей с 1954 по 1970 гг. привела к тому, что поверхность земли просела почти на 4 м, а площадь зоны, на которой произошло оседание грунта, составила около 70 км<sup>2</sup>, продолжая ежегодно увеличиваться. На территории Китая (провинции Чжэнхоу и Кайфэн), кроме оседания почвы и образования депрессионных воронок, в ГВ обнаружены высокие концентрации нитратов, что объясняется смешиванием вод с различных глубин. Здесь же из-за длительной эксплуатации в геотермальном резервуаре возник перепад давления и на устье системы поступает холодная вода, так как термальные воды перекрываются по уровню выше лежащими грунтовыми водами с более низкими температурами [7, 99].

Бурение, испытание и стимуляция стволов скважин вызывает шум, уровень которого превышает предельно допустимые показатели (до 70-110 дБА) [17]. Воздействие на ОС, вызванное буровыми и строительными работами, обычно прекращается после окончания строительства всех объектов. Но некоторые факторы (загрязнения атмосферы, поверхностных водотоков) частично повторяются во время эксплуатации геотермального месторождения и негативный эффект даже усиливается за длительное время воздействия.

Природа геотермальных флюидов имеет большое значение при разработке геотермального месторождения, в подходе к разведке, методам эксплуатации, выбору технологического решения при разработке и глубокой

переработке имеющегося теплотенциала. Следует отметить, что теория и методы охраны, освоения подземных вод, детально разработанных в трудах В. Мироненко и др. (1980), Е. Питьевой (1984) и др. могут рассматриваться и применительно к ГВ. Кроме того, добываемые в геотермальном производстве термальные флюиды содержат вещества, очень схожих с потоками попутных вод нефтегазовой промышленности, и поэтому могут учитываться при освоении последних.

Обычно в качестве загрязняющего потенциала в процессе геотермального производства выступают образующиеся стоки. Например, пар, вращающий турбину на ГеоТЭС, должен конденсироваться. Для этого необходим источник охлаждающей воды. В итоге сброса как конденсационной горячей воды, так и охлаждающей, возможно тепловое загрязнение среды. В сбрасываемом теплоносителе присутствуют большие концентрации солей и токсичных элементов (до 20% и более): сероводород ( $H_2S$ ), мышьяк (As), бор (B), ртуть (Hg), тяжелые металлы (свинец (Pb), кадмий (Cd), железо (Fe), цинк (Zn), марганец (Mn), литий (Li) и аммиак ( $NH_3$ ) и др. Эти соединения могут вызвать отравление и массовую гибель организмов, а также постепенно накапливаться в теле животных и растений.

При сбросе в поверхностные водотоки отработанного геотермального флюида с высоким содержанием кремнезема происходит его отложение в русле ручьев. Например, на Вайракейской ГеоТЭС кремнезем образует увеличивающиеся наросты гейзерита [99]. Предприимчивые новозеландцы почти решают проблему очистки этого искусственного термального водотока: отложения аморфного кремнезема продаются в качестве сувениров туристам.

Одним из важных факторов воздействия ГЭ являются тепловое загрязнение и изменение микроклимата в районе работы геотермального комплекса [15]. Повышение температуры в водотоках с нерестилищами и кормовой базой промысловых рыб способствует изменению экосистем водоемов. Особый климатический фон в зоне геотермальных проявлений

формируют специфичный мир флоры и фауны. Падает растворимость кислорода, водоемы зарастают термофильными водорослями. Недостаток кислорода могут привести к гибели рыб и растений водоема. Отмечаются изменения сроков нереста, смещение фаз жизненного цикла, также ускорение роста молоди различных видов. Заметны ярко выраженные нарушения циклов воспроизводства рыб (несоответствие между готовностью к нересту и состоянием нерестилищ, потребностью молоди в пище и состоянием кормовой базы в зонах подогретых вод) [99].

Исследования по проблеме термального загрязнения водоемов различными источниками, выполненные в США, Канаде, Франции, России и других странах дальнего и ближнего зарубежья (Horoszewich, 1969; Krenkel, Parker, 1969; Brett, 1970; Fry, 1971; Reutter, Herdendorf, 1976; Coutant, 1977; Ю.Б. Вирбицкаса, 1988; Ю.Н. Никанорова, 1974, 1977 и др.) выявили, что в районах сброса подогретых вод наблюдается преимущественная концентрация более теплолюбивых рыб (карповых, окуневых и др.). Из состава рыбных скоплений исчезают холодолюбивые виды (лососевые, тресковые и корюшковые) [70, 149]. Но отмечались и положительные моменты: молодь промысловых рыб становилась крупнее и жизнестойкой [7]. Следует также отметить, что подращивание молоди в термальных водах, содержащих мышьяк, приводило к его накоплению в телах рыб. Таким образом, некоторые микроэлементы в составе гидротерм представляют опасность для экосистем, в которые они вторгаются [34].

Сброс высокотемпературного теплоносителя в ОС является более острой проблемой по сравнению с низкотемпературным, так как в них высоки концентрации химических веществ. В высокотемпературном теплоносителе (больше 150 °С) содержание растворенных веществ составляет от 81 мг/л до 2500 мг/л, в теплоносителе умеренной температуры (90-150 °С) – от 1100 мг/л до 8200 мг/л [4]. К примеру, сброс высокотемпературных флюидов с высоким содержанием кремнезема приводит к его отложению в руслах рек и образованию наростов гейзерита.



Минерализация подземных вод тоже является препятствием в их освоении. Доказано, что высокая концентрация фтора ядовита для человека. Например, его концентрация в ГВ некоторых провинций Китая в диапазоне от 10,4 до 24,85 г/л, а в национальном стандарте питьевой воды – 1 г/л. Высокие концентрации фтора вызывают болезни зубов и костей, более того, такая вода не может быть использована повторно (в рыборазведении или в орошении, например). В идеале оросительная вода должна содержать менее 500 мг/л растворенных минералов (Camp, 1963). В воде с высоким содержанием солей начинается процесс ионного обмена, приводящий к засолению почв.

В работах [27, 29, 47-49, 91-92, 103, 109, 122-123, 136, 174] изучена трансформация экосистем различных регионов нашей страны. Например, в Пермском крае под воздействием минерализованных подземных вод наблюдается повышение концентрации хлоридов; в Республике Саха-Якутия – резкое увеличение минерализации до 910 мг/л и смена типа вод; в Татарстане – превышение ПДК хлоридов (до 2455 мг/л); в Республике – Башкортостан – минерализация пресных грунтовых вод повысилась до 1-3 г/л; в Республике Дагестан – бесконтрольный сброс на поверхность минерализованных вод геотермальных месторождений, которые содержат нефтепродукты, фенолы, хлориды и тяжелые металлы в концентрациях, многократно превышающих ПДК, привело к загрязнению некоторых участков прибрежных вод Каспийского моря; в Тюменской области, особенно юга, – повышенное содержание хлорид-ионов до 8,2 мг/л, в ХМАО – содержание хлоридов доходит до 232 мг/л (при фоновых значениях: 1,4-18 мг/л), а минерализация – до 383 мг/л, что превышает фоновый показатель в 2-4 раза); в ЯНАО – повышенное содержание хлоридов и натрия более 100 мг/л (при фоновых значениях 2,5 и 0,5 мг/л соответственно) и т.д. [99].

В последних работах И.А. Коновалова, И.Г. Сванидзе показано воздействие минерализованных вод на водные объекты в результате их непосредственного сброса из скважин на дневную поверхность. Например,

под влиянием пластовых вод из фонтанов Бронниковской 1-Р и Тобольской 8-РГ скважин отмечается увеличение содержания хлоридов в оз. Федькино и р. Ерек (285 мг/л и 116 мг/л, соответственно), что значительно выше фоновых значений для поверхностных вод подзоны южной тайги [104].

И.Г. Сванидзе [141-144] также подтверждает, что минерализованные пластовые воды могут изменить класс и минерализацию поверхностных вод. Например, минерализованные солоноватые хлоридно-натриевого состава воды фонтанирующей скважины Черкашинская 36-РГ за 25-летний период стока сформировали на водосборной территории р. Аремзянка устойчивые во времени солончаки хлоридно-натриевого химизма и минерализованные ручьи-притоки высокого дебита.

При анализе данных по термальным источникам влк. Менделеева выявлено, что кислые гидротермы хлоридносульфатного натриевого состава с минерализацией 2-4 г/л и температурой 55-92 °С (нижняя группа источников руч. Кислый, источники руч. Докторский), попадая в пресные холодные воды ручьев, несколько изменяют их химический состав и увеличивают температуру на 20-30 °С [86].

На полуострове Камчатка до 1996 г. было известно своей природой и пресной водой кальдерное озеро Карымское, в котором водилась рыба-кокани. Теплые и горячие термальные источники сосредоточены в северной и юго-восточной береговой зоне озера. Самыми известными среди них являются источники Академии Наук. Подводное извержение вулкана в северной части озера кардинально изменило химический состав воды в нем (рН=3,2) и спровоцировало исчезновение биоты. Сейчас идет процесс восстановления. За истекшее время в деятельности существовавших термопроявлений произошли значительные преобразования: сократились площади их распространения, снизились температура, минерализация и дебит [125].

### 1.3.2. Влияние на атмосферу

Геотермальное производство может являться источником загрязнения атмосферного воздуха. Поступающий в атмосферу геотермальный пар содержит вещества (углекислый газ, сероводород, кислород, ртуть, бор, аммиак, мышьяк и др.), способствующие росту экологической напряженности. В атмосфере некоторые вещества из них выщелачиваются дождем и попадают в почвы и водоемы [99]. Аэрозоли кремнезема негативно влияют на растительный покров, дыхательную систему живых организмов. Сероводород токсичен. Углекислый газ и метан обладают самым большим озоноразрушающим потенциалом.

Исследованиями последних лет [12] установлено, что при эксплуатации геотермальных месторождений дополнительный приток углекислого газа по сравнению с естественными выбросами геотермальных полей не наблюдается. При одинаковом уровне выработки электроэнергии объемы выбросов  $\text{CO}_2$  от сжигания условного топлива в процессе генерации энергии составляют: уголь – 900 кг/МВт ч, мазут – 750 кг/МВт ч, природный газ – 380 кг/МВт ч, а ГеоТЭС – 0-0,02 кг/МВтч в зависимости от используемых технологий [25-26].

Технологический процесс производства электрической энергии на ГеоТЭС не требует сжигания ископаемого топлива, вследствие чего объем вредных газов, которые поступают в атмосферу, намного меньше, чем на ТЭС, и по химическому составу они отличаются от выбросов станций на газообразном топливе. 80 % газовых примесей – это двуокиси углерода и небольшая часть метана, водорода, азота, аммиака и сероводорода [73].

Самый опасный и вредный газ в составе геотермального флюида – это сероводород, из-за сильного запаха и токсичности который относят к группе тяжелых газов. В больших количествах он ядовит, а в небольших – неприятен из-за запаха серы. Но системы, удаляющие сероводород, эффективны и более действенны, чем системы понижения токсичности выхлопа на электростанциях, работающих на ископаемом топливе.

В районе геотермальных полей Багнор и Пьянкастаньяйо в области Амиата (Италия) [14] в результате выбросов в атмосферу ртути и сероводорода отмечено негативное воздействие на биоразнообразие данной территории. Сероводород, как правило, накапливается на понижениях рельефа и масштаб загрязнения коррелируется с топографическими отметками ландшафта, направлением переноса воздушных масс и др., и образуется в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующих микроорганизмов, в качестве субстрата использующие донные отложения. Широко распространен в парогидротермах Камчатки и Курильских островов и его концентрация в сухом паре достигает 8 % (по объему), а в жидкой фазе – 8-10 мг/л.

Сероводород выделяется также при добыче сульфидной воды, широко используемой в бальнеологии. Загрязнение происходит как при непосредственном использовании воды, так и при ее отведении после использования. К примеру, его содержание в вентиляционных выбросах лечебных и производственных помещений в районе Мацесты (г. Сочи) достигает 15 мг/м<sup>3</sup> (при ПДК 0,008 мг/м<sup>3</sup>). В течение суток объем вентиляционных выбросов составляет до 100 тыс.м<sup>3</sup>. Количество выделяющегося сероводорода (спонтанного) достигает 120 г в одном кубическом метре воды. За год здесь добывается до 200 тыс. м<sup>3</sup> сульфидной воды. Экологическая обстановка в этом районе оценивается как чрезвычайно сложная [99].

Мутновское месторождение (п-ов Камчатка), где доказана экономическая целесообразность использования ГР, может дать до 250 МВт мощности электроэнергии. И только за одни сутки в ОС будет выброшено до 4 тонн сероводорода. При подаче ПГС непосредственно в турбину ГеоТЭС часть сероводорода, не растворившаяся в воде, выпускается в систему газовой выделенной. Из конденсатора раствор направляется в градирню, где сероводород за счет дегазации и выноса водных паров в атмосферу, попадает в ОС. Его присутствие в охлаждающей воде и газовых выбросах вызывает

энергичную коррозию материалов и оборудования станции и ведет к необратимым изменениям в окружающей природной среде.

Освоение геотермальных флюидов сопровождается шумом. Разработка геотермальных месторождений с низкотемпературными гидротермами (на дневной поверхности не больше  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) менее шумная, чем получение сухого геотермального пара с таким же общим расходом теплоносителя. Уровень шумов зависит от характера рельефа, состояния атмосферы и уменьшается по мере удаления от геотермального объекта, а в урбанизированной зоне особо не отличается от нормального шумового фона. По большей части генерация шумов в процессе эксплуатации ГеоТЭС связана с несовершенной схемой утилизации отработанного геотермального флюида.

Неиспользованное тепло, шум, загрязнение воздуха представляют определенную опасность для ОС и требуют постоянного контроля. Для снижения рисков исследователи используют и нетрадиционные методы: например, в Долине Больших Гейзеров (США) существуют бактерии, способных переработать серу, не вызывая коррозию. Там же в лабораторных условиях проделан эксперимент с добавкой в конденсат  $\text{SO}_2$ , благодаря чему можно ускорить процесс превращения сероводорода в серу и воду. И таким образом можно решить проблему сероводорода.

Одним из эффективных способов нейтрализации вредных веществ в составе геотермального флюида – это процесс его закачки обратно в месторождение. Впервые практически закачка была осуществлена в США, Сальвадоре, где сброс конденсата с высокой концентрацией солей аммония, бора и сероводорода в открытые водоемы привела к гибели рыбы. Эксперимент прошел успешно, чему способствовали низкое избыточное давление в эксплуатируемом бассейне ( $3,56\text{ Мпа}$ ), высокая проницаемость пласта [163].

Следует отметить, что на геотермальных полях выброс в атмосферу и в водные объекты большого количества различных веществ происходит и в

естественных условиях. Поэтому работа ГеоТЭС далеко не всегда сопровождается значительным повышением эмиссии углекислого газа, метана и др. В ряде случаев в результате внедрения экологически безопасных технологий (использование бинарных энергоблоков с реинжекцией отработанных геотермальных флюидов) и/или осуществления специальных природоохранных мероприятий (строительство отстойников, использование воздушных фильтров и др.) пуск ГеоТЭС влечет снижение уровня загрязненности ОС. Самый простой способ обеспечения экологической безопасности при прямом сбросе отработанного ресурса – это организация специальных водоемов-охладителей для охлаждения сбрасываемых вод до температуры ОС. Целесообразнее создание энергобиологических комплексов (тепличные и рыбоводческие объекты) [99].

### **1.3.3. Влияние на почвенно-растительный покров**

Растительность и почвенный покров более чувствительны к антропогенному воздействию и по их состоянию можно судить о степени антропогенного пресса. В целом и сама специфика гидротермального процесса отражается на всех компонентах ландшафта и режимах функционирования фитоценозов [137]. Изменяются как прямые, так и косвенные факторы среды фитоценозов (в приземном слое воздуха – тепловой, газовый режим, режим влажности воздуха; в почве – тепловой, водный, режим почвенного раствора, почвенно-воздушный режим; микрорельеф и гранулометрический состав почв и др.). Все эти факторы изменяются в пространстве по мере изменения тепловой интенсивности гидротермального воздействия, составляя комплексный градиент. Наиболее явные изменения претерпевает морфологическое строение почв. По результатам исследований установлено [72], что по мере приближения к осевой зоне термопроявлений сокращается общая мощность почв и мощности отдельных генетических горизонтов, меняются основные диагностические признаки. Происходит утяжеление гранулометрического состава, одновременно изменяются водно-физические свойства почв. Эта

закономерность подтверждается более поздними исследованиями почвенных профилей на Верхнем и Восточно-Паужетском термальных полях [137]. Вулканические почвы в районе Паужетской гидротермальной системы на Камчатке уступают место почвам гидротермальных систем (рис. 1.7) [99].

Реализация любого геотермального проекта оказывает воздействие на ОС (прежде всего, на почвы и растительность), масштабы которого зависят от масштаба самих объектов [24-26]. Первое заметное воздействие на почвенный покров проявляется уже при бурении скважин: установка буровой вышки и вспомогательного оборудования требует строительства подъездных дорог и буровой площадки. Это уже приводит к изменению морфологии ландшафта. Воздействие на почвенно-растительный покров усиливается на следующем этапе производства (при монтаже трубопроводов для транспортировки геотермального флюида и сооружении утилизационных установок). На этом этапе опять неизбежны визуальные изменения ландшафтов. Воздействие на ОС, связанное с бурением, в основном прекращаются с окончанием строительства скважин. Больше всего экологических проблем сопряжено с утилизацией отработанного теплоносителя [99]. За редким исключением геотермальные флюиды характеризуются высокой минерализацией и их сброс оказывает заметное влияние на почвенно-растительный покров. Процесс преобразования почв по причине антропогенного вмешательства носит название техногенный галогенез. Степень галогенеза зависит от состава сбрасываемых вод, повторяемости загрязнения, свойств исходных почв, степени дренированности, водного режима почв и др. В зависимости от механического состава почв загрязнение распространяется по-разному: в тяжелых почвах распространение загрязнения вглубь почвенного слоя происходит достаточно медленно, а в легких – наоборот – благодаря фильтрации в нижележащие слои. И соответственно, площади загрязнений больше в первом случае. Исследования почв в нефтегазоносных районах

выявило, что почвы, загрязненные солями минерализованных вод, встречаются реже, чем нефтезагрязненные [114].



Рис. 1.7. Почвы территории Паужетской гидротермальной системы [137]:

*1 – слоистовулканические (в окрестностях Верхнего термального поля); 2 – почвы на частично преобразованных гидротермальным процессом субстратах (Верхнее термальное поле); 3 – почвы на гидротермальных субстратах (Верхнее термальное поле).*

Химизм техногенного засоления почв может быть различным: хлоридный, гидрокарбонатно-хлоридный, сульфатно-хлоридный и натриевый, кальциево-натриевый, магниевый-кальциево-натриевый [145]. Установлено, что процесс накопления ионов натрия в почвенном профиле является своего рода началом осолонцевания почв, способствующее в дальнейшем к трансформации их физических и морфологических свойств [99]. Вопросы техногенного засоления почв рассмотрены в работах [48, 112, 114, 150-152, 157]. Под воздействием минеральных источников Хангор-Уула (Бурятия) с железистым сульфатно-гидрокарбонатным натриево-кальциево-магниевым составом и минерализацией до 0,2 г/л исследуемые почвы характеризуются наличием железисто-метаморфических горизонтов и слабой дифференциацией гранулометрического состава по профилю.



В работе [112] отмечается тот факт, что в дерново-подзолистых почвах, подвергшихся техногенному засолению, содержание обменного  $\text{Na}^+$  от 2 до 10 раз выше аналогичных концентраций в природных солонцах.

Техногенное засоление почв изучалось различными исследователями, но актуальными по данной проблеме являются труды И.А. Коновалова. Он исследовал более 120 скважин в Свердловской и Тюменской областях, где в результате разгерметизации наблюдается излив пластовых вод на дневную поверхность. И.А. Коновалов разработал методику оценки скважин по степени воздействия минерализованных подземных вод на ОС. Кроме того, результаты его исследований показали, что в более северных районах климат, особенности почв оказывают влияние на более быстрые разрушения и разгерметизацию скважин; во-вторых, наибольшие площади засоленных территорий наблюдаются в одной природно-географической зоне (в поймах рек, где проводилось бурение скважин), меньшие – в лесных и луговых биотопах; в-третьих, воздействие минерализованных подземных вод на ландшафты вызывает оскуднение видового состава растений (или существенную трансформацию) [104].

Исследования, проведенные в северной части Баргузинской котловины показали, что в пределах термального поля разгрузки Кучигерских гидротерм формируются болота и заболоченные понижения с произрастанием водно-болотных, луговых, галофитных и галотолерантных растений на сильно засоленных почвах сульфатно-натриевого химизма. Поступление теплых слабоминерализованных (0,4-0,6 г/л) гидрокарбонатно-сульфатно-натриевых подземных вод и восстановительные условия болота способствуют активной сульфатредукции за счет микробиологической деятельности с образованием сероводорода [28, 167]. Прилегающие к болоту светлогумусовые газогидротермально турбированные почвы характеризуются сильно турбированным профилем, наличием импрегнированных горизонтов, слоев и линз, вызванных действием газогидротермальных флюидов. Почвы имеют

сильнощелочную реакцию среды ( $\text{pH} > 8,5$ ), солевые корочки на поверхности и засолены по всему профилю [99].

Важную роль в формировании почвенного покрова на территории термального урочища Пым-Ва-Шор в НАО играет гидротермальный процесс, под воздействием которого происходит преобразование механизмов формирования почв, приводящее к трансформации почвенных тел с уникальным сочетанием морфологических, минералогических, физико-химических и химических особенностей, отличающихся от фоновых значений. Почвы термальной зоны формируются в условиях избыточного грунтового увлажнения, что приводит к развитию в нижних горизонтах оглеения. Причем в нижней части профиля почв прогретого участка дополнительно возможно формирование восстановительных условий в результате выноса гидротермальными водами сероводорода [136].

В работах [153, 162] дан анализ дифференциации и динамике сезонных аспектов растительности в зоне воздействия Каякентской группы термальных вод (Дагестан): снижены основные интегральные показатели растительного покрова. При этом характер и глубина наблюдаемых изменений зависят от степени засоления и геоморфологического ландшафта: максимальное снижение видового разнообразия (в 2,5 раза) наблюдается на сильнозасоленных участках более высоких гипсометрических уровней и в 6,6 раза – при сильном засолении низких гипсометрических уровней проективного покрытия. В растительном покрове появляются галофиты, несвойственные для района исследований. Они при доминировании взамен исходных формируют новые растительные сообщества. В фитоценозах всех геоморфологических уровней увеличивается доля эвривалентных видов, способных расти в широком диапазоне засоления почв [99].

Одним из специфических факторов на территории Камчатки является гидротермальная деятельность. Почвы, подверженные воздействию термоминеральных растворов, занимают незначительные территории по сравнению с другими типами почв [92]. Основной почвой юга Камчатки

являются слоистопепловые вулканические и слоисто-охристые вулканические почвы, сформированные в результате извержения вулканов и их пеплопадов, а непосредственно возле выходов термальных источников развиваются специфические почвы, относящиеся к стволу синлитогенных, отделу гидротермальных (термоземов) [72]. Обычная кислотность почв поверхностных горизонтов колеблется в пределах 5,07-7,0 (рН солевой вытяжки) (почвы слабокислые или нейтральные), а для почв, подверженных влиянию термальных вод, кислотность оценивается как слабощелочная и щелочная (рН<sub>KCl</sub> – 7,55-7,83; рН<sub>H<sub>2</sub>O</sub> – 8,10). Изливающаяся из скважины «Грифон Иванова» ТВ растекалась по рельефу в южном направлении в сторону р. Горячая и, подтопляя березовый лес к юго-востоку от скважины, вызвала его усыхание, образуя отложения травертинов серо-охристого цвета различной мощности. С течением времени изливание аварийной скважины на рельеф привело к образованию новой травертиновой площадки, сохранившейся и расширяющейся до настоящего времени. Первоначально термальная вода изливалась в соответствии с рельефом поверхности почвы, но по мере отложения свежих, все более толстых слоев травертина, направление истечения ламинарно изменялось, образовав вытянутый в юго-восточном направлении от устья скважины ареал отложений. В результате изменения гидрологического режима территории и погребения существующей почвы слоями хемогенных отложений произошло изменение направления почвообразовательного процесса – накопление органических веществ заменено на накопление травертинов. На поверхности новой травертиновой площадки отсутствует растительность, поступление органических веществ по сравнению с лесными и тундровыми территориями резко уменьшено, что привело к практическому прекращению почвообразования [92].

В работах [143-144] исследованы бесхозные геотермальные скважины, находящиеся в аварийном состоянии, в пределах Тобольского района. Многие из них изливают свои минерализованные воды на террасы и поймы

рек. Затопление участков пойм и речных террас хлоридно-натриевыми водами ГС приводит к процессам интенсивного засоления почв: на местах разливов возникают техногенные солончаки, полностью погибает древесная и травянистая растительность. В сухой период в почвах близ скважин накапливаются хлориды в очень высоких концентрациях (до 7277 мг/кг), площадь солончака достигает 1,5 га.

Есть мнение, что повышенная сейсмическая активность может быть признаком наличия термальных месторождений. Часто этот факт используют при разведке месторождений. Однако нет оснований считать, что добыча ГР может привести к увеличению сейсмоактивности в регионе, так как количество землетрясений в зоне разработки геотермальных месторождений, вызванных действием вулканов, значительно меньше интенсивности землетрясений, которые происходят в результате движений земной коры по разломам [113]. Экспериментально доказано, что отбор гидротерм из водоносного комплекса может снизить опасный уровень сейсмоактивности. В Италии в течение 40 дней производились сейсмические и микросейсмические измерения «до» и «во» время реинжекции отработанных гидротерм и никаких страховых событий не наблюдалось. А в случае, когда извлекалось тепло горных пород путем закачки холодной воды в искусственные трещины, сейсмические события активизировались.

В практике эксплуатации ГеоТЭС с охлаждающими градирнями из-за них отмечается образование туманов. Серьезное воздействие могут оказывать большие объемы выбросов паров и воды из глушителей и из регуляторов расхода пара (таковы установлены на Камчатке). В процессе выброса издается раздражающий шум, а в результате выбросов может образоваться туман [99].

Анализ результатов работ по вопросам воздействия геотермальной энергетики на окружающую среду выявил несколько экологических характеристик, важных в геотермальном производстве [1-2]: образование загрязняющих веществ не зависит от мощности производства при

использовании последних технических решений (например, ГЦС-технология); направление движения изливающихся вод могут резко измениться в зависимости от режима излива скважины и поверхностных условий (рельеф, проницаемые свойства почв и т.д.), создавая непредвиденные проблемы; необходимость более глубокого использования энтальпии отработанного теплоносителя (при минимальной энтальпии значительно возрастает ущерб от теплового воздействия).

#### **1.4. Эколого-географические методы анализа воздействия геотермальных скважин на природную среду**

Геоэкологическая оценка любой территории дается с целью определения степени пригодности природно-территориальных условий для жизнедеятельности человека. Более того, она показывает степень антропогенного воздействия на ландшафт и его способность противостоять этому воздействию.

Геоэкологический анализ – это выявление признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние ОС. Он призван учитывать пространственно-временные закономерности происходящих процессов и явлений, нацелен на получение достоверной информации об антропогенных изменениях и их последствиях, влияющих на жизнедеятельность населения, геоэкологическом состоянии ПС; направлен на создание научных основ решения проблем оздоровления экологической ситуации, оптимизации природопользования и включает следующие методы: сравнительно-географический, геосистемный, геохимический, статистический, картографический, геоинформационный [138].

Основные методы геоэкологических исследований включают широкий спектр полевых и камеральных методов для изучения разнообразных свойств, пространственного размещения, строения, развития и становления, функционирования природно-территориальных комплексов (ПТК),

определения их пригодности для каких-либо прикладных целей. При этом каждый элемент ПТК изучается с помощью специально разработанных для этого методов соответствующих наук [45, 138, 148]:

- *картографический метод*: позволяет воспроизвести основные геоэкологические объекты и явления в естественной пространственной последовательности. В целом метод исследования заключается в использовании карт с целью познания отраженных на них объектов и явлений;
- *математические методы*: носят вспомогательный характер; проблемы внедрения математических методов в геоэкологию в первую очередь связаны со сложностью объекта изучения и недостаточностью собранного по единой программе материала;
- *геохимический метод*: является одним из важнейших методов по определению уровня и возможностей загрязнения геосистем антропогенными воздействиями (различными выбросами, результаты мелиоративных работ);
- *геофизический метод*: с помощью применения сложных приборов позволяет определять радиационные и тепловые условия подстилающей поверхности, условия увлажнения, термический и водный режим почв, продуктивность биоценозов и т. д.;
- *географические информационные системы (ГИС)* – системы автоматизированного сбора, хранения, преобразования и предоставления географической информации, реализованные на персональных ЭВМ;
- *геоэкологическое прогнозирование*: научно обоснованное суждение о будущем географической среды на основе оценок ее прошлого и настоящего состояний в целях принятия практических решений по ее рациональному использованию;
- *мониторинг* – система наблюдений, оценки и контроля за состоянием окружающей человека ПС с целью разработки мероприятий по ее

охране, рациональному использованию ПР и предупреждению о критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и всех живых организмов, прогнозирования масштабов неизбежных изменений [10, 45].

Кроме рассмотренных, при геоэкологическом анализе используются методы *балансов, ключей, аналитические, описательный, экспедиционный, палеогеографический, ареалов, дендрохронологический, экспертных оценок, анкетирования* и др.

Ниже более подробно рассматриваются методы, которые легли в основу проведенных исследований.

*Метод ландшафтного профилирования.* Один из основных методов комплексных физико-географических исследований. На комплексных профилях особенно ярко выявляются ландшафтные катены (сопряженные фации и урочища, составляющих морфологическую структуру ландшафтов), определяются доминирующие, субдоминантные и дополняющие урочища и их приуроченность к формам рельефа, литологии, уровню залегания грунтовых вод и т.д. По конкретным наблюдениям на профиле возможно выявить закономерности, присущие более крупным ПТК [138]. По существу ландшафтное изучение той или иной территории почти всегда проводится методом профилирования. Значение метода особенно велико, если у исследователя в распоряжении нет данных аэрофотосъемки. В последнем случае необходимы топографические карты.

Линия профиля прокладывается с учетом наиболее характерных для исследуемой территории особенностей рельефа, геологического строения, растительного покрова. При заложении традиционных ландшафтных профилей рекомендуется заложение необходимого и достаточного минимума точек, в которых кроме комплексных описаний можно отобрать образцы для сопряженного геохимического анализа (количество точек на профиле зависит от сложности его строения). Профиль может

включать не одну, а несколько катен, и тогда для геохимических исследований надо будет выбрать наиболее типичную для данной местности точку, а на других ограничиться комплексным описанием и на некоторых из точек отбором почвенных образцов [138].

Гипсометрическая кривая профиля, к которой привязывают все данные наблюдений, в зависимости от заданной точности может быть составлена по топографической карте (с полевым уточнением) или получена путем инструментальной съемки (GPS-навигатора). Точки комплексных описаний закладывают на основных элементах рельефа, полученные на них данные записывают в бланки и наносят условными обозначениями на гипсометрическую кривую профиля. При прохождении профиля важно не только произвести описания на точках, но и выявить все природные территориальные комплексы в их иерархическом соподчинении. Описание комплексов, более сложных, чем фация, и характера границ производят в полевом дневнике как дополнение к бланковым описаниям фаций.

Сам профиль изображают в дневнике схематически, но непременно наносят на него все точки комплексных описаний, данные о геологическом строении, почвах и почвообразующих породах, растительности, грунтовых водах, а также границы ПТК. При камеральной обработке материалов линию профиля вычерчивают в избранном масштабе на миллиметровке и наносят все имеющиеся данные. Профиль может быть дополнен плановой полосой с изображением на ней ПТК. На комплексном профиле могут быть произведены микроклиматические наблюдения, являющиеся одним из традиционных видов геофизических исследований. Нанесенные в соответствующем порядке над линией профиля метеоданные помогут выявить закономерности изменения ПТК, связанные с экспозицией и крутизной склонов, относительными превышениями.



В зависимости от масштаба работ меняется и характер профиля, его протяженность, частота расположения точек описания и взятия образцов на анализы. При мелком и среднем масштабах исследования профиль может сопровождаться на отдельных участках фрагментами более крупного масштаба, более детально вскрывающими связи между компонентами природы и более мелкими комплексами. Крупномасштабные профили сами по себе достаточно детальны, но при необходимости и они могут «раскрываться» более подробно на отдельных характерных участках. Метод профилирования применяется не только для изучения структуры ПТК и картографирования, но и для прослеживания процессов функционирования и динамики природных комплексов. Применение компьютерной технологии для математической обработки материалов профилирования потребовало регулярного шага обследования большой частоты, что и осуществляется в настоящее время на ряде стационаров. Главная цель составления профилей выявление взаимосвязей внутри природных территориальных комплексов и сопряженности комплексов друг с другом. Эти задачи наиболее успешно могут быть решены с применением геофизических, геохимических и математических методов исследований. Окончательные ответы зачастую зависят от результатов обработки полевых данных.

*Эколого-топографические профили (трансекты).* Одним из способов изучения растительного покрова являются эколого-топографические профили – трансекты – учетные полосы различной длины и ширины, проходящие через одно или несколько растительных сообществ. В заданном направлении на исследуемой территории протягивается шнур (служит для сохранения общего направления) и рулетка. Продвигаясь вперед по трансектам и глядя строго под прямым углом вниз, отмечают растения, основания которых находятся в пределах профиля/трансекты. Данные заносятся в таблицу и графически могут быть изображены на профиле [10, 45, 138]. Высота местности над уровнем моря и

географические координаты определяются с помощью персонального GPS-навигатора или данных аэрофотосъемки.

Всего заложено и охарактеризовано 4 эколого-топографических профиля (по 2 профиля (профиль I в зоне воздействия термальных вод, и II – контрольный (вне зоны воздействия)). На каждом профиле заложено по 8 трансект размером 1x1 м на расстоянии 40-60 м друг от друга). Трансекты закладывались на участках, испытывающих различное воздействие: прогонные тропы, термальные площадки и др., где уже визуально отслеживается изменение растительных сообществ. Фиксировались все растения (доминирующие ассоциации, количество доминантов), с помощью палетки Раменского определялась площадь проективного покрытия. Данные заносились в таблицу.

*Методы дистанционных исследований.* Космические средства наблюдения Земли являются одним из наиболее эффективных методов получения информации о состоянии земного покрова, океана и атмосферы, что подтверждается многолетними успешными работами в данной области. Эти работы привели к значительному прогрессу в развитии методов и технологий дистанционного зондирования, усилению их роли в информационном обеспечении фундаментальных исследований и решении прикладных задач. В настоящее время в мире разворачиваются масштабные, поддерживаемые на государственном уровне программы глобального мониторинга биологических ресурсов, и прежде всего лесов, на основе принципиально новых технологий дистанционного зондирования Земли из космоса.

Суть метода дистанционных исследований заключается в том, что границы геосистем различного ранга, их характеристики, степень антропогенной преобразованности и другую информацию получают посредством регистрации собственного или отраженного электромагнитного излучения от этих объектов. По космоснимкам выделяют границы ландшафтов, определяют контрольные участки для

полевых наблюдений. При помощи аэрокосмического мониторинга можно оценить современное состояние геосистем различного уровня, проследить динамику их изменения и наметить необходимые мероприятия по ликвидации негативных последствий [10, 129, 138].

С помощью программного продукта Google Earth Engine (вычислительная платформа, позволяющая выполнение геопространственного анализа инфраструктуры Google) [6] в банке данных были найдены наиболее качественные космоснимки района исследования и по ним прослежено изменение растительного покрова во временном диапазоне (2017-2022 гг.).

## ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

### 2.1. Географическое положение

Восточное Предкавказье, в пределах которого расположена территория ЧР, входит в состав Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (ВПАБ) (рис.2.1). Это северо-восточный фланг альпийского мегантиклинория Большого Кавказа, обрамляющий его молодые предгорные прогибы и прилегающие части эпигерцинской Скифской плиты с палеозойским складчатым фундаментом и мощным чехлом мезокайнозойских отложений [23, 108].

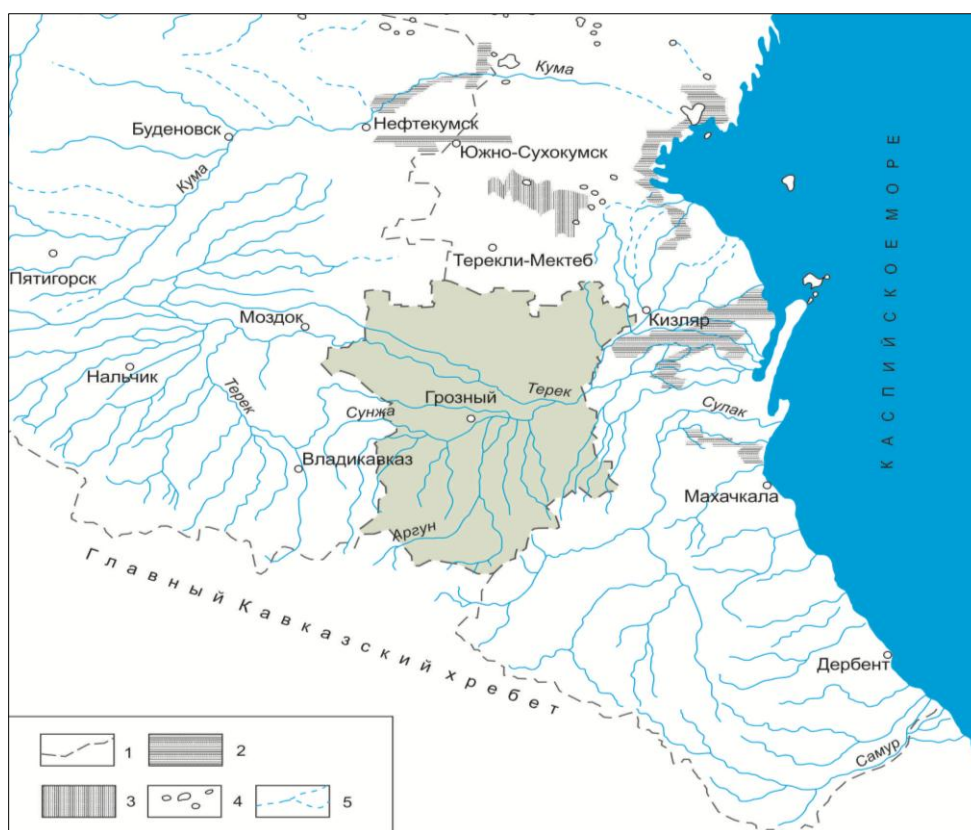


Рис. 2.1. Обзорная карта Восточно-Предкавказского артезианского бассейна

**Условные обозначения:** 1 – границы субъекта; 2 – территории с постоянной заболоченностью; 3 – территории с временной заболоченностью; 4 – временные озера; 5 – временные водотоки.

Область питания бассейна – северные склоны Главного Кавказского хребта (Черные горы), а к северу от них на расстоянии 35 км (местами и 50

км) в Передовых хребтах выявлены участки дренажа для караган-чокракских отложений в виде многочисленных термальных источников.

В гидрогеологическом отношении бассейн представляет собой сложно построенную пластовую водонапорную систему, включающую ряд взаимосвязанных артезианских бассейнов третьего и последующего порядков: Терско-Кумский, Терско-Сунженский и Восточно-Дагестанский.

В административном отношении к данной территории относятся Краснодарский и Ставропольский края, республики: Ингушетия, Адыгея, Дагестан, Кабардино-Балкарская, Северная Осетия-Алания и Карачаево-Черкесская.

Территория ЧР расположена в центральной части северного склона Большого Кавказа и прилегающих к нему Чеченской равнины и Терско-Кумской низменности. Граничит: на юго-востоке, востоке и северо-востоке с Республикой Дагестан (самая протяженная граница), на северо-западе – со Ставропольским краем, на западе – с Республикой Ингушетия, на юге – с Республикой Грузия. Площадь территории составляет более 16 тыс.км<sup>2</sup> (существуют расхождения в определении площади, так как граница с Ингушетией до сих пор не демаркирована) и располагается в пределах 42<sup>0</sup>28'-44<sup>0</sup>07' с. ш. и 44<sup>0</sup>50'-46<sup>0</sup>40' в. д. (почти на равноудалении от экватора и Северного полюса). В административно-территориальном отношении в состав ЧР входит 15 (17) муниципальных районов. Общее число населенных пунктов составляет 266 единиц (6 городов и 260 сельских населенных пунктов). Административный центр – г. Грозный.

## **2.2. Особенности орографии и геологического строения**

В орографическом отношении территория ЧР делится на четыре зоны (рис. 2.2): Большой Кавказ (параллельные друг другу горные хребты: Боковой, Скалистый, Пастбищный и Черные горы), Терско-Сунженская возвышенность, Чеченская равнина, южная часть Терско-Кумской низменности, причем 2/3 площади – равнинная территория, а 1/3 – горная.

По некоторым данным [36, 169] 13 вершин в пределах республики имеют высоту более 4000 м. Максимальная высота – г. Тебулосмта (4493 м). Затеречная часть имеет слабый уклон в сторону Каспийского моря: на крайнем северо-востоке (в районе ст. Дубовская) уже наблюдается понижение абсолютных отметок рельефа ниже нуля над уровнем моря.

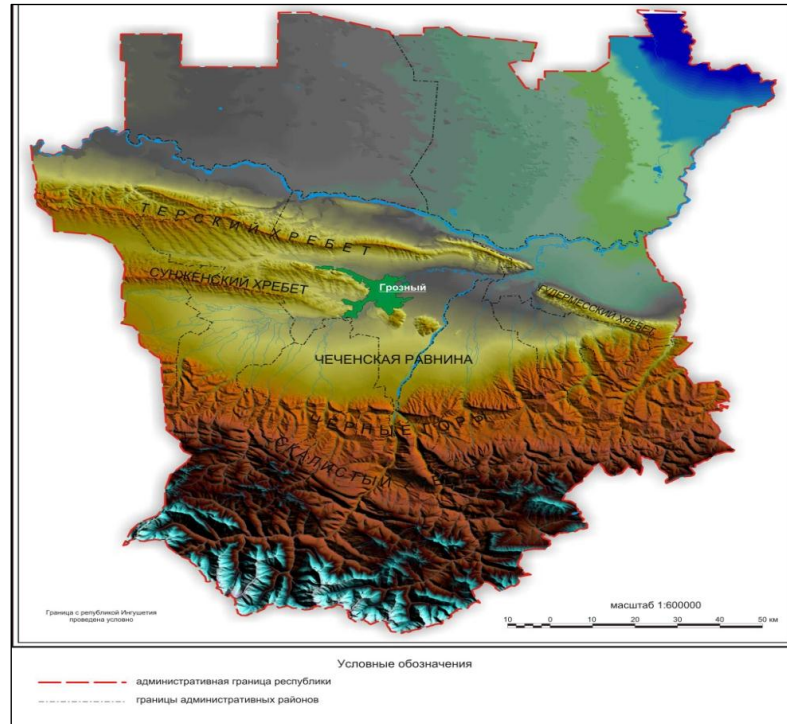


Рис. 2.2. Рельеф Чеченской Республики [68]

В геологическом строении исследуемой территории, как и всего ВПАБ, принимают участие мезо-кайнозойские отложения (рис. 2.3). Мощность и литологическая характеристика отдельных стратиграфических комплексов подвержена весьма значительным колебаниям, что связано с различной геологической историей развития территории. Наиболее приподнятая часть является и наиболее древней по своему геологическому строению, а равнинная территория – это значительно более молодые образования

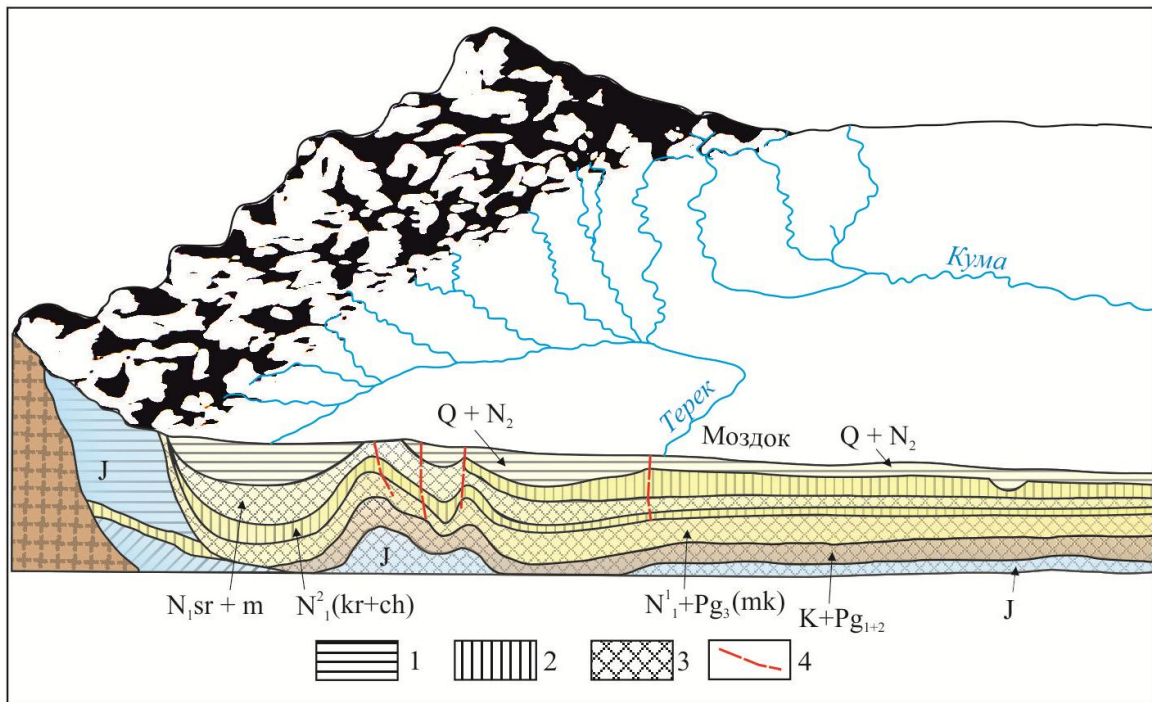


Рис. 2.3. Геологическое строение и рельеф с гидрогеологическими данными по профилю Центральный Кавказ, Передовые хребты, Затеречная равнина (по материалам Сухарева Г.М, 1961 г.)

**Условные обозначения:**

1 – сульфатнонатриевый, 2 – гидрокарбонатнонатриевый, 3 – хлоркальциевый.

От подножья Большого Кавказа простираются полого опускающиеся к северу плоские наклонные равнины, которые сложены аллювиальными и флювиогляциальными галечниками и покрыты лёссовидными суглинками.

В Терско-Сунженской области развиты крупные складки антиклинального типа. К ним приурочены Терский и Сунженский передовые хребты (максимальная высота 926 м), разделенные Алханчуртской долиной. Они ориентированы параллельно друг другу в широтном направлении и сложены третичными глинистыми породами.

Связь геологического строения с современным рельефом четко проявляется в горной части республики, где основные черты рельефа predeterminedены, с одной стороны, тектоникой, и чередованием в разрезе мезокайнозойских отложений пород различной устойчивости к процессам разрушения, с другой. Выходы на дневную поверхность более прочных пород (известняки, доломиты и др.) образуют, как правило, положительные формы рельефа, а мягкие и рыхлые породы (глины, глинистые сланцы) –

отрицательные. В южной части территории ЧР выделяется зона мезозойских складок, приуроченных к полосе Скалистых гор. К северу от Черных гор прослеживаются синклинальные прогибы, а также Терская и Сунженская антиклинали. К северу от Терского, Брагунского и Гудермесского хребтов раскинулась Затеречная равнина, которая представляет собой платформенный склон Предкавказского прогиба.

### **2.2.1. Гидрогеология**

Основными термоводоносными горизонтами и комплексами, распространенными на территории ЧР и представляющих практический интерес, являются караган-чокракские отложения, которые рассматриваются как единый водонапорный комплекс, характеризующийся общими условиями залегания, питания, разгрузки и формирования химического состава вод. Вскрыты ГВ также в мезозое и в плейстоцене [93].

Пьезометрическая поверхность всех водоносных комплексов (при отдельных аномалиях) снижается по мере движения подземных вод от области питания к областям разгрузки. С юга на север меняется и качественный состав вод: от пресных и слабоминерализованных до высокоминерализованных [170]. Гидрохимическая зональность также подчиняется тектонике. Например, XVI пласт – основной продуктивный горизонт на территории Терской антиклинальной зоны. При движении вод из областей питания один из потоков слабоминерализованной воды внедряется вплоть до Червленной структуры, снижая здесь и минерализацию, и температуру пластовой воды. Такое же действие, по-видимому, оказывает и подпитывание пластовых вод инфильтрационными водами с Брагунского хребта, где отложения чокрака выходят на поверхность. Площади Ново-Щедринская и Шелковская, расположенные восточнее Червленной, находятся в стороне от зоны активного гидродинамического режима. Здесь в XVI пласте наблюдается застойный режим, на что указывает гидродинамическая характеристика пластовых вод. Это обстоятельство



также способствует наличию в этом районе высокотермальных вод и получение на Ново-Щедринской площади термальной воды с температурой больше, чем на Червленской, вполне закономерно.

Караган-чокракские отложения широкой полосой выходят на дневную поверхность на северном склоне Большого Кавказа в Черных горах, а также повсеместно в Передовых хребтах. Водоносными являются пласты песчаников толщиной до 40 м. Общее уменьшение толщины и выклинивание песчаных пластов происходит в направлении с запада на восток и с юга на север, причем с уменьшением в тех же направлениях песчаности отложений, ухудшаются и коллекторские свойства [170].

В зоне раскрытого залегания пород комплекса (значительно природнятой над уровнем моря) водоносность караган-чокракских отложений проявляется сравнительно слабо и воды слабоминерализованы (песчаники здесь играют роль поглощающих горизонтов). По мере погружения отложений воды меняют свой химический состав, но почти не увеличивают минерализацию на участке Черные горы-Передовые хребты, что объясняется увеличением мощности и высокими коллекторскими свойствами песчаных пластов. В зоне синклинальных прогибов (Сунженский, Петропавловский) караган-чокракский термоводоносный комплекс не вскрыт.

Движение вод караган-чокракских отложений идет с юга на север. Достигая дна синклинальных прогибов и прогреваясь до высоких температур в районе Передовых хребтов, дополнительногреваются за счет термоаномалий в антиклинальных структурах и поднимаются на поверхность в виде термальных минеральных источников (Серноводские, Брагунские, Горячеводские и др.). Скважины, пробуренные на эти отложения, отличаются высокой водообильностью (например, Ханкальский участок, дебит – 3-4 тыс. м<sup>3</sup>/сут.).

***Подземные воды караганских отложений.*** Караганский горизонт в пределах ЧР распространен на значительной территории и характеризуется

довольно однообразным литологическим составом. Разрез сложен глинами и тонкими прослоями ракушечников и мергелей в самых западных частях Терско-Дагестанской нефтегазоносной области. В восточных районах наблюдается рост общей мощности карагана и мощности прослоев, увеличение их песчаности (Передовые хребты). В Старо-Сунженском и Октябрьском районах общая мощность их возрастает до 290-305 м. В пределах Терской и Сунженской антиклинальных зон мощность песчаников достигает 20-40 м (XIII пласт Октябрьского месторождения, II, VII, VIII пласты Старогрозненского месторождения и т.д.). Область питания караганского горизонта находится в предгорьях Кавказского хребта. В обнажающиеся песчаники на абсолютных отметках 600-700 м там поступают речные и атмосферные воды. Некоторое опреснение караганских вод идет за счет поступления пресных вод в районе Передовых хребтов.

Караганские отложения очень водообильны. Большой интерес в свете термоводоносности этих отложений дает анализ распределения температур по кровле горизонта. В районе выхода пород горизонта на поверхность температура составляет около 30 °С, а в местах наиболее глубокого залегания (Сунженская, Петропавловская и другие синклинали) температура достигает 90-110 °С.

В районах Терского и Сунженского хребтов, т. е. в местах небольшой глубины залегания и выхода на поверхность караганских отложений, температура снижается до 50-60 °С. Это связано с тем, что здесь в отложения карагана поступают холодные атмосферные осадки, воды рек и ручьев. На основании всех рассмотренных данных в пределах исследуемой территории выделяются 5 гидрохимических зон [96-97, 124].

***Подземные воды чокракских отложений.*** В пределах Передовых хребтов и Черногорской моноклинали по литологическому признаку чокрак делится на 2 части – глинистую и песчано-глинистую. В нижней части (глинистой) встречаются глины с прослоями мергелей и глинистых сидеритов, а в верхней (песчано-глинистой) – глины с прослоями песчаников

и мергелей. Мощность и песчанистость разреза возрастает с северо-запада на юго-восток, главным образом, за счет нижней части разреза, где появляются новые прослои песчаников. Максимальная мощность (1000 м) и песчанистость установлена на Гудермесской площади. Мощность отдельных пластов песчаника достигает 30-40 м. Количество песчаных пропластков неодинакова по площади и достигает 12 (Старогрозненский и Октябрьский районы – 8-9, а Гудермесский – 12, в среднем – 9 песчаных пропластков).

Заполнение чокракских отложений поверхностными водами осуществляется в областях открытого залегания в пределах Черных гор. Областью естественной разгрузки чокракских вод являются Передовые хребты, а искусственной – многочисленные скважины на исследуемой территории. В районах выхода чокракских отложений на поверхность уровни имеют отметки до +600 м, а по мере удаления на север их отметки постоянно снижаются до +100 м. Описывая геотермические условия надо отметить, что общая закономерность аналогична условиям караганского горизонта. В районах выхода чокракских отложений температура вод низкая (20-30 °С). В наиболее погруженных частях температура достигает 120-130 °С [124].

Так же, как и в карагане, в чокраке в ряде мест (район Горагорска, Старогрозненского в пределах Брагунского и Гудермесского хребтов) найдены хлор-натриевые воды повышенной минерализации (8-12 г/л), приуроченные к зонам застойного режима, но они имеют весьма локальное распространение.

В заключении следует отметить, что Г.М. Сухаревым и И.Ю. Коцаревым было подсчитано, что до начала эксплуатации нефтяных месторождений суммарный дебит источников карагана и чокрака составлял более 18200 м<sup>3</sup>/сутки [106-107, 158-160]. В период эксплуатации отбиралось большое количество жидкости, что привело к частичному, а порой и к полному иссяканию источников. В настоящее время в связи с резким уменьшением нефтедобычи и соблюдения технологий добычи, восстанавливается прежний режим работы термальных источников в районах

Передовых хребтов. Ряд иссякших источников начал функционировать, повышается дебит других источников, меняется химический состав. В настоящее время суммарный дебит караган-чокракских источников равен 6-7 тыс. м<sup>3</sup>/сутки и процесс их восстановления продолжается.

***Подземные воды мезозойских отложений.*** Из ряда скважин, вскрывших мезозойские отложения, были получены притоки воды при избыточном давлении на устье до 100-200 атм. Воды хлоридно-натриевого состава, высокоминерализованные (50-100 г/л и более), содержание сероводорода в них – 100-200 мг/л. Температура до 90 °С и более. Воды с подобными параметрами развиты в ЧР широко. На данном этапе использование их в народном хозяйстве из-за высокой минерализации и агрессивности связано с большими трудностями, что неэффективно с экономической точки зрения. Поэтому практическое использование таких вод – перспектива будущего [96-97, 124].

***Водоносный комплекс апшеронских отложений.*** В Притеречной и Затеречной равнинах апшеронские отложения вскрыты во многих скважинах, в том числе на площадях Червленая и Шелковская. Отмечается закономерное увеличение мощности апшерона от 612 м на Червленой площади до 817 м на Шелковской.

Воды апшеронских отложений относятся к водам хлоридным, натриевым, йодо-бромным. Минерализация – 8,7-9,85 г/л. Для вод апшерона характерно высокое содержание органических веществ (44,7-71,6 мг/л.) Апшеронский водоносный горизонт имеет низкие пластовые температуры, и как источник тепловой энергии в целом не представляет особого интереса.

Таким образом, фациально-литологические и физические свойства пластов, в соответствии с закономерностями их изменения, обусловили в различных зонах и различную скорость естественного движения подземных вод, максимальная величина которой составляет 36 м/год в направлении от области питания (Черные горы) к области разгрузки (в зоне Передовых хребтов, преимущественно в сводах антиклиналей, где происходит и

частичное питание водоносного комплекса за счет атмосферных осадков и перетока из других горизонтов). Это оказало решающее влияние на закономерности изменения в пределах Чеченской Республики динамики и химического состава вод.

### **2.2.2. Тектоника и сейсмичность**

Современная поверхность территории ЧР окончательно сформировалась приблизительно 10-12 тыс. лет назад. Главными структурно-тектоническими элементами являются мегаантиклинорий Большого Кавказа, Скифская эпигерцинская платформа и Терско-Каспийский передовой прогиб (ТКП), расположенный между ними в субширотном направлении. Они отличаются друг от друга гидрогеологическими, геотермическими и гидрохимическими особенностями. В целом тектоническое строение территории весьма благоприятно для формирования высоконапорных гидравлических систем в проницаемых пластах неогенового возраста: здесь четко отмечается связь между изменениями напоров вод и их движениями с тектоникой района.

Анализ и обобщение имеющегося материала указывает на связь между распределением тектонических элементов и МТВ. Наибольшее количество месторождений сосредоточено в восточной части Сунженского хребта (в районе г. Грозный и его пригородов), Затеречной и Притеречной районах.

На формирование современного гидрогеологического и геотермического режимов в плиоцен-четвертичное время оказывали влияние и неотектонические движения, о чем свидетельствуют повышенные значения теплового потока в горно-складчатых областях и в районах новейших поднятий. Сейсмичность территории тесно связана с блоково-ступенчатым строением земной коры. Существуют предположения, что на формирование и размещение подземных вод и на их миграцию с больших глубин существенно влияют сейсмические события, которые здесь не редки [108].

### 2.2.3. Геотермическое поле

По термической напряженности недр территория ЧР превосходит многие осадочные бассейны СНГ, за исключением районов современного вулканизма. Основной причиной высокой термической напряженности осадочного чехла является наличие в его разрезе мощных водоносных комплексов, имеющих распространение на большие глубины, и их особенностями (геолого-тектоническими, гидродинамическими, литолого-фациальными и т.д.). При этом наиболее высокие пластовые температуры отмечаются в Октябрьском нефтеносном районе [96-97].

Геотермальные условия района изучались Г.М. Сухаревым, И.Г. Киссиным и др. В разрезе Терско-Сунженского геотермального района выделяются ряд толщ, различных по своей геотермической характеристике [102, 158, 175]: теплопроводная толща четвертичных и плиоценовых отложений; теплоизолирующая толща сарматских глин; теплопроводная толща среднемиоценовых отложений; теплоизолирующая толща майкопских глин; теплопроводная толща эоцен-палеоценовых и более древних отложений (рис. 2.4).

Среднее значение геотермической ступени для Терско-Сунженской нефтегазоносной области в целом Сухаревым Г.М. принимается равным приблизительно  $20,22 \text{ м}^0\text{С}$ .

Для пород первой толщи (четвертичные и плиоценовые отложения) характерны повышенные значения геотермической ступени  $20,45-35,9 \text{ м}^0\text{С}$ , в среднем более  $25 \text{ м}^0\text{С}$ . Коэффициент теплопроводности песчаников  $1,92-2,44 \text{ Вт/м град}$ , глин –  $0,6-1,33 \text{ Вт/м }^0\text{С}$ . С увеличением глинистости разреза наблюдается снижение величин геотермической ступени для этой толщи.

Вторая теплопроводящая толща среднемиоценовых песчано-глинистых отложений характеризуется изменением геотермальной ступени в диапазоне от  $23,39 \text{ м}^0\text{С}$  до  $43,64 \text{ м}^0\text{С}$  (среднее значение по области –  $29,85 \text{ м}^0\text{С}$ ). Коэффициент теплопроводности песчаников  $2,06-2,6 \text{ Вт/м }^0\text{С}$ .

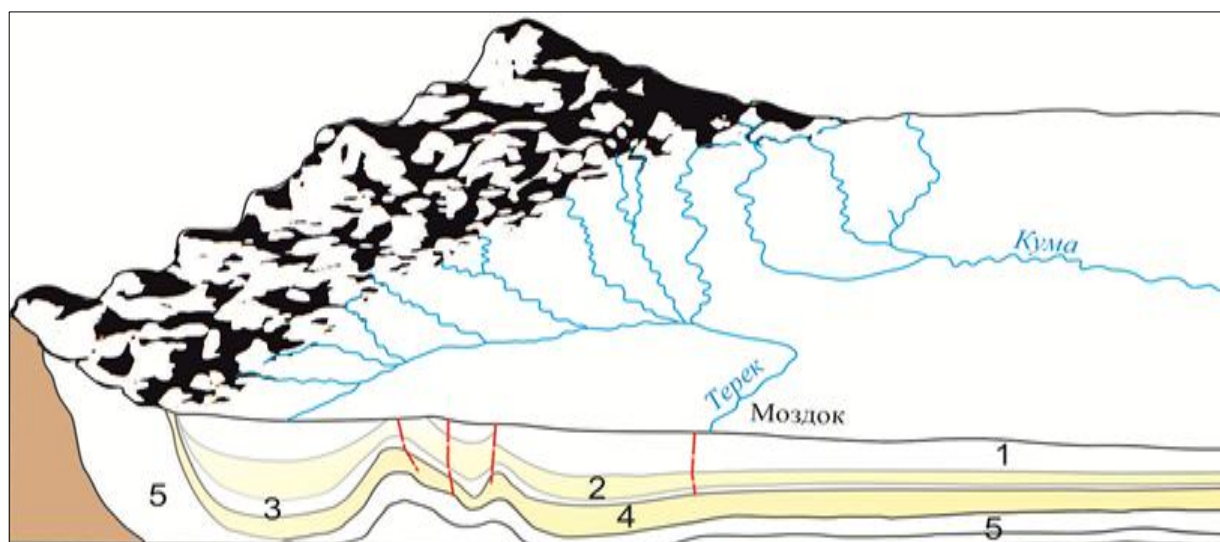


Рис. 2.4. Геотермические условия (по профилю Центральный Кавказ, Передовые хребты, Затеречная равнина (по материалам Сухарева Г.М, 1961 г.))

**Условные обозначения:** 1 – теплопроводная толща четвертичных отложений; 2 – теплоизолирующая толща сарматских глин; 3 – теплопроводная толща среднемиоценовых отложений; 4 – теплоизолирующая толща майкопских глин; 5 – теплопроводная толща эоцен-палеоценовых отложений

Для сарматских глин геотермическая ступень равна  $10,2 \text{ м}^{\circ}\text{С}$  в Октябрьском районе ( $16,86 \text{ м}^{\circ}\text{С}$  в среднем для Сунженского хребта,  $17,21 \text{ м}^{\circ}\text{С}$  – Терского хребта). Коэффициент теплопроводности глин  $1,23-1,7 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$ . Вторая теплоизолирующая толща майкопских глин имеет геотермические ступени в среднем  $24,26 \text{ м}^{\circ}\text{С}$ . Коэффициент теплопроводности песчаников  $1,16-1,5 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$ . Более древние породы (третья теплопроводящая толща эоцена, палеоцена, мела, юры и более древних и отложений) характеризуются хорошей теплопроводностью, геотермическая ступень в среднем для области равна  $54,58 \text{ м}^{\circ}\text{С}$ .

Высокая термичность недр Чеченской Республики объясняется по-разному: В.Н. Корценштейн [106], например, приписывает главную роль переносу тепла потоком подземных вод, движущимся к северу со стороны глубокого предгорного прогиба, т.е. перераспределению тепла при движении вод: в одних случаях нагретые воды передвигаются на участки, где температура ниже, а в других, наоборот, относительно холодные воды могут проникать в среду с более высокой температурой. Первые случаи

наблюдаются обыкновенно там, где воды двигаются через глубокие прогибы и затем поднимаются на примыкающие к этим прогибам своды и антиклинории, причем высота такого подъема может достигать нескольких километров. Подобные соотношения могут обусловить аномально высокие величины геотермических градиентов в пределах сводов и антиклинориев, что и наблюдается на территории республики.

Величины геотермических параметров зависят в значительной степени от термических свойств горных пород, основным из которых является удельная теплопроводность или тепловое сопротивление. В интервалах залегания высокотеплосодержащих пород температура возрастает очень медленно, в то время как в сармате и майкопе, наоборот, отмечен интенсивный темп нарастания температур. Наиболее низкие температуры приурочены к зоне раскрытого залегания мезо-кайнозойских отложений, пространственно совпадающих с зоной активного водообмена (северный склон Кавказа). Это обусловлено высокой теплопроводностью пород и влиянием атмосферных осадков и поверхностных вод. Плотность теплового потока в целом по Большому Кавказу и его северному склону составляет  $(4,1-7,2)10^{-2}$  Вт/м<sup>2</sup> [106].

Таким образом, распределение температур связано с геолого-тектоническими, литолого-фациальными, гидродинамическими особенностями территории Чеченской Республики.

На карте распределения температур на глубине 1000 м (Сухарев, 1961 г.) четко прослеживаются аномалии, отражающие неоднородность геолого-тектонических и гидрогеологических условий исследуемой территории. Эта же неоднородность проявляется в различии на десятки градусов температур на одних и тех же глубинах в разных структурах (или площадях), при этом с глубиной контрастность увеличивается [158-159]. Наиболее низкие температуры приурочены к зоне раскрытого залегания мезокайнозойских комплексов, пространственно совпадающей с зоной активного водообмена. В этих районах низкие температуры и высокие значения геотермической



ступени обусловлены не только высокой теплопроводностью слагающих пород, но и значительным охлаждающим влиянием инфильтрующих атмосферных и поверхностных вод.

В зонах синклиналиных прогибов (Сунженская, Петропавловская, Алханчуртская) наблюдается некоторое повышение температуры (до  $+50^{\circ}\text{C}$ ), что объясняется глубоким залеганием теплоизолирующих толщ сармата и майкопа, а в некоторых случаях увеличения песчаности их разреза. Наиболее высокие температуры на этой глубине характерны для структур Сунженской и Терской антиклинальных зон. Температурные аномалии в этих районах обусловлены, с одной стороны, наличием мощной теплоизолирующей толщи, с другой стороны, подтоком высокотермальных вод из синклиналиных прогибов со стороны области питания. Плотность теплового потока для Сунженской и Терской зоны дислокаций составляет  $(3,8-7,5)10^{-2}$  Вт/м<sup>2</sup>.

В Затеречной равнине сравнительно высокие температуры на глубине 1000 м (в среднем  $60^{\circ}\text{C}$ ) объясняются неглубоким залеганием мощной теплоизолирующей толщи майкопской свиты.

По данным Николаева В.М., температура пород караган-чокракских отложений в области их выходов на дневную поверхность равна  $10-20^{\circ}\text{C}$ , т.е. равна температуре вод нисходящих источников, связанных с этими отложениями (рис. 2.5) [124].

В северном и северо-восточном направлениях наблюдается повышение температуры в зоне Сунженского и Беслановского прогибов, что объясняется, в основном, тектоническими (погружение отложений) и литологическими (наличие мощной сарматской теплоизолирующей толщи) факторами. Предполагаемая температура для прогибов соответственно равна  $+150^{\circ}\text{C}$  и  $+120^{\circ}\text{C}$ .

Сунженская антиклинальная зона характеризуется в целом температурами в кровле чокрака от  $20$  до  $50^{\circ}\text{C}$ , причем в восточной части фиксируются более высокие температуры, чем в западной. Увеличение температуры до  $100^{\circ}\text{C}$  отмечено в пределах восточного погружения

антиклинали (зона сочленения восточных погружений Сунженской и Старогрозненской антиклиналей с западным погружением Октябрьской структуры).

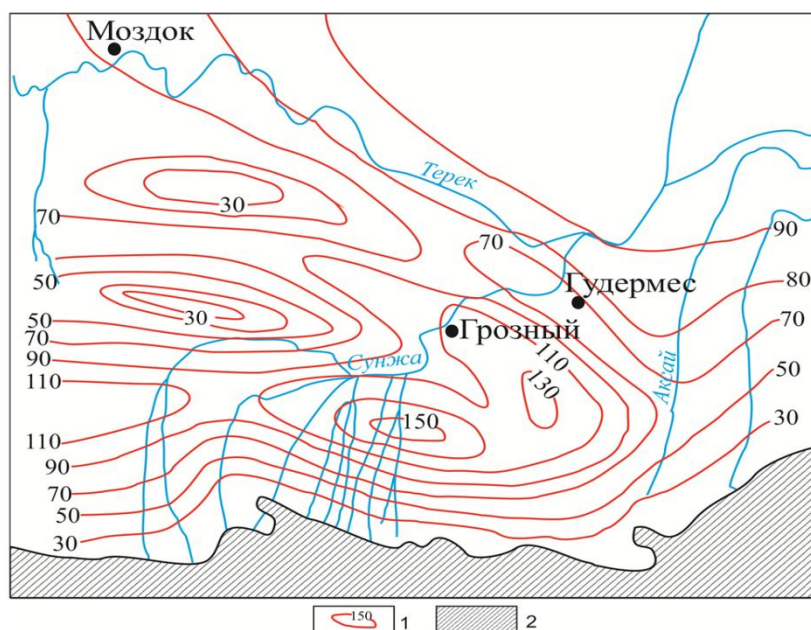


Рис. 2.5. Схематическая карта геоизотерм чокракских отложений (составлена автором с использованием материалов В.М. Николаева и др.)

*Условные обозначения: 1 - геоизотермы; 2 - зона отсутствия чокракских отложений*

В пределах Октябрьской структуры температура для караганских отложений изменяется от 80 до 100-110 °С, среднее значение геотермической ступени равно 7-10,8 м/°С. По мере погружения этих отложений значение геотермической ступени резко увеличивается. Подобная картина наблюдается и для чокракских отложений. В пределах Октябрьской антиклинали фиксируются наиболее высокие тепловые потоки  $(18,8-27,2) \cdot 10^{-2}$  Вт/м<sup>2</sup>. Фактический материал по глубоким скважинам Сюиль-корт № 1, Гойтен-корт № 3 и т.д. свидетельствует о том, что в синклинальных прогибах геотермическая ступень достигает своего нормального значения (33 м/°С).

Низкие значения геотермической ступени, несмотря на высокую теплопроводность среднемиоценовых отложений, сформировались на Октябрьской структуре под влиянием литологического (наличие

теплоизолирующих толщ сарматских глин) и, главным образом, гидрогеологического (мощный подток горячих вод из Сунженской синклинали) факторов.

Терская антиклинальная зона оконтурена в сводовой части геоизотермами от 20 до 50 °С на западе, Брагунская и Гудермесская антиклинали – 40-70 °С. Далее с юга на север в пределах Терско-Кумской депрессии до оси максимального прогиба температура повышается от 60 до 90 °С, а дальнейшем снижается в северном и западном направлениях до 50 °С. Однако на фоне относительно спокойного залегания поверхности чокракских отложений там выделяются значительные термоаномалии (Новые Щедрины, Шелковская, Каргалинская и др.).

Таким образом, геотермические условия недр и высокая степень прогремости пород обуславливает формирование на территории ЧР положительных гидротермальных аномалий (очагов разгрузки теплых и горячих вод), которые представляют интерес для проведения дальнейших НИОКР в области освоения геотермальных теплоносителей.

### **2.3. Климат**

Для территории ЧР характерно разнообразие климатических условий на сравнительно небольшой площади – от засушливого климата Терско-Кумской низменности до холодного влажного климата вершин Бокового хребта. В распределении температур главную роль играет высота над уровнем моря. Большое значение оказало широтное простираие горных хребтов на юге республики, западный перенос воздушных масс умеренных широт, влияние Атлантического антициклона летом и Сибирского – зимой. Понижение температуры наблюдается уже на Чеченской равнине. На большей части территории республики лето жаркое и продолжительное, причем самые высокие температуры зарегистрированы на Терско-Кумской низменности (*средняя  $t_{июля}$  + 25 °С*, иногда до + 43-45 °С). С увеличением высоты (при движении на юг) температура постепенно понижается, а в

предгорьях на высоте 700 м она снижается до +20..+21 °С. В горах на высоте 1500-1600 м температура июля достигает 15 °С, у снежных вершин Бокового хребта – до 1 °С. Зима в предгорьях и на равнинах относительно мягкая, с частыми оттепелями (число дней с оттепелями достигает 60-65). Оттепели в горах бывают значительно реже, здесь нет таких резких перепадов температур, как на равнине. С увеличением высоты средняя температура зимой понижается и на Чеченской равнине в январе составляет минус 4-4,2°С, в предгорьях еще ниже – минус 5-5,5°С, на высотах около 3000 м – минус 11°С, в зоне вечных снегов – минус 18°С [36, 74].

Атмосферные осадки на территории ЧР выпадают тоже неравномерно: минимальное количество осадков (300-400 мм) приходится на Терско-Кумскую низменность; при движении к югу со снижением аридности количество осадков увеличивается до 800-1000 и более мм. Максимум осадков приходится на июль, в летнее время абсолютная влажность выше, чем зимой. С высотой абсолютная влажность понижается.

Снежный покров на равнинной территории Чечни появляется в начале декабря, носит неустойчивый характер и сходит в середине марта. Насчитывается около 45-60 дней со снежным покровом. Средняя максимальная высота снежного покрова 10-15 см. В предгорьях снег выпадает в конце ноября и держится до конца марта. Число дней со снежным покровом 75-80. Максимальная высота снежного покрова здесь в среднем 25 см. А на высоте 2500-3000 м устойчивый снежный покров появляется в сентябре и держится до конца мая (число дней со снегом достигает 200 и более). Высота снежного покрова зависит от рельефа. На высоте 3800 м и выше снег держится в течение всего года [74].

#### **2.4. Воды**

Гидрографическая сеть относится к бассейну внутреннего стока. Главной водной артерией является река Терек, пересекающая территорию ЧР с запада на восток. Реки (а их здесь более 3 тыс.) по всей территории распределены неравномерно. Горная часть и прилегающая к ней Чеченская

равнина имеют густую, сильно разветвленную речную сеть, а на Терско-Сунженской возвышенности и в районах, расположенных севернее р. Терек, их практически нет, что связано, прежде всего, с особенностями рельефа, климата и распределение осадков. Почти все реки носят ярко выраженный горный характер и по типу источника питания делятся на две группы [36, 74]:

1. реки, берущие начало из родников (Сунжа (до впадения Ассы), Валерик, Гехи, Мартанка, Джалка, Белка, Ярык-Су и т.д.);
2. реки, в питании которых важную роль играют ледники и высокогорные снега (Терек, Сунжа, Асса, Аргун).

Все крупные реки берут начало в горах и поэтому несут в себе продукты разрушения горных пород. Вода в водотоках, как правило, мутная, с большим содержанием взвешенных частиц. В основном все реки ЧР (за исключением Аксай, Ярыксу, Ямансу) относятся к бассейну Терека. Из-за большой скорости течения реки практически не замерзают, за исключением р. Шалажи у с. Шалажи, р. Джалка у с. Герменчук.

Реки не судоходны, имеют большое хозяйственное значение. С ними связана существующая на территории ЧР система оросительных каналов (Терско-Кумский (152 км), от нее отходит Наурско-Шелковская ветвь (168 км), далее Бурунная ветвь и др.).

Озер не так много. Они встречаются как в горной части, так и на равнинах. Отличаются своим происхождением: пойменные (Будары в пойме Терека), эоловые (Генеральское, Майорское, Арнаутское и др.), запрудные (Кезеной-Ам), тектонические (Галанчожское). Небольшие карстовые озера, образование котловин которых связано с выщелачиванием известняков поверхностными и подземными водами, встречаются на гребне Андийского хребта. Больше всего эоловых и пойменных озер. Большинство из них расположено в северной (полупустынной) части ЧР и в летний период могут пересыхать. Есть рукотворные озера, появление которых связано с хозяйственной деятельностью (Карьерное, Джалкинское) [74, 169].

Территория ЧР богата грунтовыми, артезианскими водами, которые имеют большое значение для вододефицитных районов. Очень много горных источников и родников, они питают горные реки. Также ЧР богата минеральными и термальными источниками, обладающими целебными свойствами и используются в лечебных целях (Серноводск-Кавказский, Брагуны, Горячеводск и др).

В целом в формировании водных ресурсов Чеченской Республики наблюдается ярко выраженная зональность, связанная, прежде всего, с физико-географическими условиями района.

## **2.5. Почвы**

По схеме почвенного районирования Кавказа, территория ЧР относится к гумидной и аридной почвенно-климатическим областям умеренного климатического пояса. Картографически здесь установлено около 20 типов почв и свыше 300 почвенных разновидностей (рис. 2.6) [87]. Почвенный покров полностью отражает особенности рельефа, геологического строения, климата, истории развития территории. Основные типы почв: песчаные, каштановые, черноземные, луговые, горно-лесные, горно-луговые.

В пределах Терско-Кумской низменности распространены с севера на юг светло-каштановые, каштановые и темно-каштановые почвы. По мере увеличения сухости климата уменьшается содержание перегноя и увеличивается засоленность почв. Низкие террасы Терека заняты часто засоленными луговыми и лугово-болотными почвами, а высокие террасы заняты темно-каштановыми, каштановыми и светло-каштановыми почвами. Для Притеречного песчаного массива характерны песчаные почвы, в разной степени затронутые почвообразовательными процессами (от сыпучих песков, почти не тронутых процессами почвообразования, до достаточно хорошо сформировавшихся светло-каштановых почв). В силу того, что в песках нет поверхностного стока и все атмосферные осадки просачиваются вглубь, более того, пески слабо пропускают влагу на поверхность даже при очень

высоких температурах, здесь на глубине 0,5-10 м образуются запасы воды, которые используют растения.

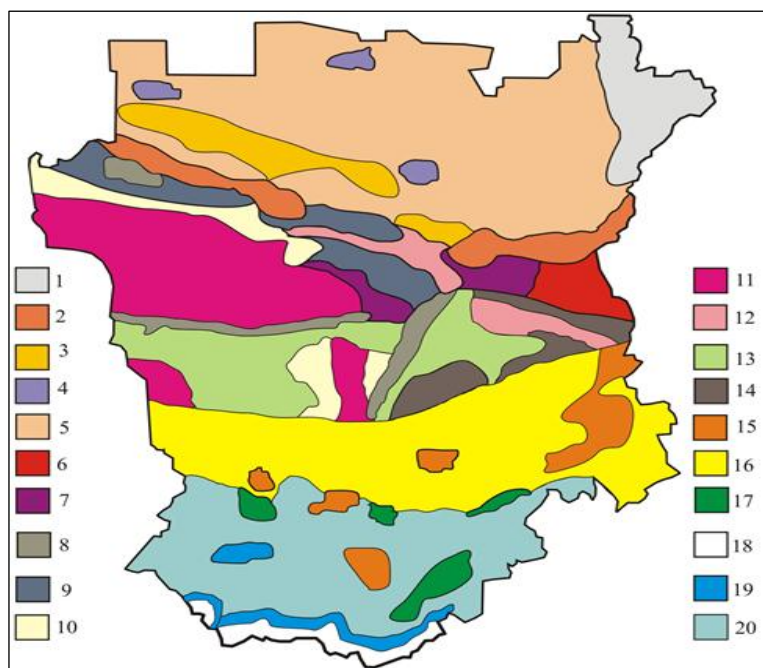


Рис. 2.6. Типология почв Чеченской Республики [87]

**Условные обозначения:** 1– Аллювиальные луговые карбонатные засоленные орошаемые и неорошаемые; 2– Аллювиальные луговые насыщенные карбонатные орошаемые и неорошаемые; 3– Каштановые орошаемые; 4– Светло-каштановые карбонатные; 5– Песчаные почвы и пески; 6 – Почвогрунты рисосеяния; 7 – Луговато- и лугово-каштановые карбонатные орошаемые и неорошаемые; 8 – Аллювиальные дерновые насыщенные орошаемые и неорошаемые; 9 – Каштановые и темно-каштановые орошаемые; 10 – Лугово- и луговато-черноземные; 11 – Черноземы выщелоченные, типичные, обыкновенные; 12 – Коричневые типичные и карбонатные; 13 – Луговые и влажно-луговые орошаемые и неорошаемые; 14 – Луговато-коричневые орошаемые и неорошаемые; 15 – Горные почвогрунты оползней, осыпи и выходы горных пород; 16 – Горно-лесные бурые, местами оподзоленные в сочетании с перегнойно-карбонатными и лугово-аллювиальными; 17 – Горно-лесные примитивные, слабооподзоленные; 18 – Ледники, снежник, осыпи; 19 – Горно-луговые альпийские маломощные, среднегумусные, часто заболоченные; 20 – Горно-луговые субальпийские мощные и среднемощные многогумусные

На Терско-Сунженской возвышенности и прилегающих к ней Чеченской равнине и Алханчуртской долине и в многочисленных долинах рек и их притоков распространены черноземы. На большей части Чеченской равнины развиты луговые почвы. В Алханчуртской долине среди солонцеватых черноземов встречаются также крупные участки темно-каштановых почв. Наряду с черноземами широкое распространение по долинам рек получили лугово-болотные и аллювиально-луговые почвы.

В горах отчетливо выражена высотная зональность почв. Разнообразие почв в горах связано с разнообразными условиями почвообразования в зависимости от высоты, крутизны, экспозиции склонов. Почвы северных склонов богаче перегноем, чем южные.

Под лесами северных склонов получили развитие бурые горно-лесные почвы, в долинах рек и котловинах – луговые и лугово-болотные. Особенность этих почв – увеличение содержания перегноя с высотой, что объясняется тем, что по мере понижения температуры с высотой сокращается вегетационный период растений. А это препятствует процессу разложения растений, в результате чего и получается накопление полуразложившейся растительной массы, образующей торфяной слой. В местах выхода на дневную поверхность коренных горных пород и на осыпях встречаются так называемые «скелетные почвы»: в них процесс почвообразования только начинается. В межгорных котловинах и на южных склонах хребтов встречаются небольшие массивы горно-степных почв, близких к черноземам, а выше уже идут снега и ледники [121].

## **2.6. Природные зоны**

Формирование различных типов природных сообществ (почв, флоры и фауны) и ландшафтов в целом обусловлено климатическими, геологическими, геоморфологическими, почвенными и др. особенностями территории ЧР. Здесь встречаются полупустыни, степи, лесостепи, горные леса, горные луга, нивальная зона, особенностью которых является чередование в обратном порядке: от полупустынных на севере до лесных и горно-луговых на юге, что противоречит закону широтной зональности.

*Полупустыни.* Природная зона охватывает Терско-Кумскую низменность за исключением ее южной части в долине Терека, для которой характерен сильно разреженный растительный покров с преобладанием различных полыней с примесью злаков и разнотравья [36, 74, 169]. Также встречаются верблюжья колючка, песчаная полынь, песчаный овес и др. На засоленных



почвах сформировались полынно-солянковые группировки, состоящие из полыни морской и различных солянок. По количеству и видовому составу растительности несколько богаче Притерский песчаный массив. Пески хорошо сохраняют влагу даже при высоких температурах. И благодаря близкому залеганию грунтовых вод здесь растут боярышник, крушина, тамариск, джугун, тополь, ива каспийская и т.д. В растительном покрове заросших песков много ценных кормовых растений. Выпас скота здесь возможен в течение всего года. Но из-за чрезмерных пастбищных нагрузок начался процесс опустынивания территории, из травостоя исчезают съедобные злаки, появляются плохо поедаемые и ядовитые растения. Значительные площади *Затеречной равнины* распаханы и используются для выращивания кукурузы, ячменя, проса, озимой пшеницы и др. Здесь также выращивают виноград, бахчевые культуры, плодовые деревья. В составе растительного мира полупустыни много эфемеров (тюльпаны, ирисы, красные маки и др.). Осенью с дождями все кругом покрывается зеленью, которая уходит под снег. Она служит хорошим кормом на зимних пастбищах.

*Степи.* Занимают левобережье реки Терек – Терско-Сунженскую возвышенность и северную часть Чеченской равнины. Степная зона, особенно равнинная часть, почти целиком распахана. Здесь выращивают пшеницу, кукурузу и подсолнечник. В прошлом левобережье Терека представляло собой сплошные ковыльные степи [36, 74, 121].

Для Терско-Сунженской возвышенности характерны разнотравно-злаковые степи. Главную роль в травостое играют злаки (бородач, ковыль, типчак, тонконог и др.). Там, где естественный растительный покров подвергся сильному антропогенному воздействию (выпас, распашка), первоначальные группировки сменились бурьянистой растительностью. Своеобразную растительность в степях имеют долины рек. Нижние террасы Терека и Сунжи покрыты лугами, пойменными лесами, иногда встречаются сплошные заросли тростника. Пойменные леса состоят из дуба, ивы,

карагача, дикой яблони и груши. Их подлесок образуют густые заросли бирючины, бересклета, крушины, боярышника, бузины, переплетенные хмелем и диким виноградом.

*Лесостепь.* Занимает большую часть площади Чеченской равнины и западную часть Терско-Сунженской возвышенности. Еще совсем недавно Чеченская равнина почти вся была покрыта густыми лесами. Постепенная вырубка леса привела к тому, что равнина приобрела характер лесостепи. Степная зона характерна для повышенных участков равнины, а леса – для долин рек и балок. Степные зоны равнины покрыты густыми высокими травами с большим разнообразием растений. Из злаков распространены пырей, овсяница, бородач, попадает ковыль. Леса чаще всего состоят из дуба с примесью ясеня, клена, карагача, кавказской груши. В долинах рек распространены ивы и ольхи. Большая часть этой природной зоны подвержена антропогенному воздействию. Вырубка лесов на Чеченской равнине привела к изменению условий увлажнения почвогрунтов в сторону ксерофитизации и остепнения фауны [36, 74].

*Горные леса.* Покрывают Черные горы и нижние части северных склонов Пастбищного, Скалистого и Бокового хребтов. Верхняя граница лесов проходит на высоте 1800, а в некоторых местах до 2200 метров над уровнем моря. Лесной пояс подразделяется на 2 части: нижний пояс широколиственных лесов, верхний пояс – мелколиственные и хвойные леса.

На нижних частях склонов Черных гор растут дуб, орешник, крушина, ясень, клен, боярышник, в поймах рек – ольха. Много фруктовых деревьев (дикие яблони, груши, кизил, алыча, мушмула и др.), ежевика. С высотой в древесном составе начинают преобладать буковые леса с примесью граба, карагача, липы, ясеня, клена, орешника, бересклета, бирючины, рододендрона. В труднодоступных местах Черных гор сохранились нетронутые буковые леса. С высотой бук вытесняется горным кленом. Появляются сосны и березы уже более мелких размеров с корявыми стволами. Верхнего предела лесного яруса достигает только береза.

Реликтовое растение – тис ягодный – растет в подлеске буковых лесов. Живет более 3 тыс. лет, но из-за ценности древесины, не поддающейся гниению, пользуется спросом и истребляется.

Горные леса имеют большое водоохранное значение. Вырубка лесов по долинам рек неблагоприятно сказывается на водном режиме и поэтому в целях охраны природы объемы лесоразработок значительно уменьшены.

*Горные луга.* Охватывают полосу от 1800 до 3800 метров. Они представлены тремя поясами: субальпийским, альпийским и субнивальным.

В субальпийском поясе в нижнем ярусе растут борщевик, водосбор, живокость, аконит и др. Высота отдельных трав достигает 2-3 метров. Несколько выше березняков свободные площадки луга покрыты зарослями кавказских рододендронов.

На субальпийских лугах большое разнообразие растительности. Здесь распространены злаковые, разнотравные и злаково-разнотравные луга. Высота травостоя достигает одного метра и больше.

В котловинах за Скалистым хребтом и на южных сухих склонах встречаются небольшие площади горных степей. В травостое этой зоны преобладают ксерофитные злаки и полыни.

Субальпийские луга постепенно переходят в альпийские луга, растительный покров которых представлен низкими травами (5-15 см) с хорошей корневой системой, образующих плотную дернину. С увеличением высоты низкотравная растительность альпийских лугов все больше расчленяется на отдельные площадки, между которыми обнажается поверхность коренных пород. И таким образом совершается переход к разреженной растительности *субнивального пояса*, где нет сплошного растительного покрова. Растения разбросаны на щебнистой поверхности на значительном расстоянии друг от друга или ютятся в трещинах скал. Среди растений есть виды, сходные с арктическими.

*Нивальная зона.* Это область снегов и современного оледенения, по внешнему виду которая напоминает холодные арктические пустыни [36, 74].

Обобщение большого фактического материала позволяет сделать следующие выводы:

1. Существует связь между распределением тектонических элементов и месторождениями термальных вод. Наибольшее количество месторождений сосредоточено в восточной части Сунженского хребта (в районе г. Грозный и его пригородов), Затеречной и Притеречной зонах.

2. Распределение температур и минерализации подземных вод контролируется тектоническими, литолого-фациальными, гидродинамическими особенностями региона.

3. Наиболее перспективными в плане использования теплоэнергетического потенциала являются воды караган-чокракских отложений (пласты IV-VII, XIII (караган), пласты XVI и XXII (чокрак)).

4. Для этих пластов характерна наиболее благоприятные гидрогеологические условия (высокая производительность горизонтов, низкая минерализация, высокие температуры (80-100<sup>0</sup>С), небольшие глубины (до 1000-2000 м).

## **ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

### **3.1. Геоэкологический анализ территории в связи с освоением геотермальных вод**

Территория Чеченской Республики чрезвычайно богата подземными минеральными водами, с запасами которых можно связать большие перспективы развития различных отраслей экономики, в том числе, и санаторно-бальнеологического кластера. Большую опасность для ПВ представляет длительное воздействие нефтяного комплекса Чеченской Республики, которое привело к трансформации природно-антропогенной среды. К 1995 г. почти 1/2 территории республики характеризовалась как зона экологического бедствия [100], а более поздними исследованиями было установлено, что приблизительно для 63 % территории ЧР характерна критическая и напряженная геоэкологическая ситуация [87]. Тотальному загрязнению подверглись почвы и ПВ на всей площади нефтезаводского района, где до середины прошлого столетия были сосредоточены крупнейшие в стране нефтеперерабатывающие заводы, функционирование которых стало причиной формирования в геологической среде техногенных залежей нефтепродуктов, плавающих на грунтовых водах. Они являются источниками загрязнения ПВ и водозаборов [79]. Степень этой угрозы несоизмеримо возрастает в областях их питания. В этом плане серьезного внимания заслуживают площади выходов на дневную поверхность водопроницаемых отложений, межгорные и особенно предгорные аллювиальные равнины.

Экспертная комиссия из Управления по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по ЧР на начало 2008 г. по Заводскому району г. Грозного было сделано заключение о необходимости придания ему статуса зоны экологического бедствия [75]. В начале 2000-ых гг. в районе было проведено опробование почв и исследовано 380 образцов

почвогрунтов, по результатам которых выявлены устойчивые загрязнители почв – свинец, сурьма, цинк, мышьяк, кадмий и др.

Следует отметить, что хозяйственное развитие территории Чеченской Республики в бытность СССР проводилось без учета состояния ОС. Если даже техногенные нагрузки на экосистему за это время не были максимальными, но все же во всех компонентах географической оболочки превышены ПДК загрязняющих веществ. Новые источники загрязнения и формы поступления загрязняющих веществ, связанные с кустарной добычей и переработкой нефти, разрушением нефтехранилищ и нефтеперерабатывающих заводов за последние два десятка лет также нанесли большой ущерб ОС: общая площадь выявленных загрязненных земель составила свыше 10 тыс. га; на  $\frac{1}{4}$  территории глубина проникновения нефтепродуктов в почву превышает более 2 м, а в напорных водах до глубины 250 м ПДК по нефтепродуктам превышено в 15 раз [75, 78, 88].

Поступлению в ОС различных загрязнителей способствуют и низкий уровень экологичности технологических процессов в нефтяном комплексе, различные аварийные ситуации при добыче, сборе, транспортировке нефти. В совокупности эти проблемы создают серьезную угрозу для здоровья населения в связи с загрязнением всех компонентов ГО.

Освоение МТВ в республике также проводилось без учета и надлежащего контроля за состоянием ОС, о чем свидетельствует, например, следующее: отработанные воды Ханкальского месторождения длительное время сбрасывались в р. Сунжа, в результате чего был нанесен большой ущерб флоре и фауне данного водотока. Именно из-за этого факта грозненские специалисты начали работы по созданию гидроциркуляционной системы (ГЦС) возврата в пласт отработанных ГВ, которая впервые в СССР была апробирована на Ханкальском месторождении.

Во второй половине XX столетия в связи с энергетическим кризисом, когда в целом по стране и в мире стали проявлять интерес к освоению ГР, было пробурено много новых скважин, некоторые обводнившиеся и другие

геологоразведочные скважины по причине бесперспективности переводились в фонд геотермальных. И таким образом, на начало 90-ых гг. на территории ЧР функционировало 83 таких скважин. После распада СССР многие начинания по развитию ГЭ в республике ушли в прошлое, некоторые скважины были загерметизированы, другие – ликвидированы физически и т.д. На сегодняшний день состояние многих скважин можно оценивать как крайне неудовлетворительное. Коррозия устьев загерметизированных скважин привела к прорывам и началу поступления на дневную поверхность больших потоков минерализованных пластовых вод (по приблизительным оценкам до 15 млн. м<sup>3</sup> в год) [177]. Изливают ГВ более половины из них, остальные представляют потенциальную угрозу. Более того, содержание фенолов в водах отдельных месторождений на несколько порядков больше ПДК. К примеру, содержание фенолов в геотермальных водах Новогрозненского месторождения составляет 0,2 мг/л, Червленского – до 0,7 мг/л, Новошедринского – 2,4 мг/л, Шелковского – до 5 мг/л. На практике ПДК фенолов для питьевых вод и рыбопродуктивных водоемов (по данным ВОЗ) не должны превышать 0,001-0,002 мг/л [52, 56, 58, 99]. Кроме того, многие изливающиеся скважины территориально совпадают с долинами рек, с системой дренажно-оросительных каналов, и несут отрицательную нагрузку на водотоки, почвы, растительный мир эквивалентно своей энтальпии, дебиту, рельефу местности и пр. Давно истек эксплуатационный срок действия термоводозаборов и водозаборных сооружений.

Освоение ГВ в какой-то степени может решить остро стоящую в нашем регионе проблему загрязнения ОС (например, за счет уменьшения вредных выбросов от традиционных энергетических установок). Но не следует полагать, что ГЭ абсолютно безвредна для ОС, так как в водах (кроме указанных выше фенолов) растворены мышьяк, селен, ртуть, свинец, выделяются токсичные газы (сероводород, аммиак и др.), пагубно воздействующие на компоненты ГО [131]. Также зачастую ГВ имеют повышенную минерализацию, приводящую к образованию осадков в

трубопроводах и отопительных системах. Если к перечисленному добавить что, как правило, эти воды обладают повышенной коррозионной активностью, то уже понятно с какими трудностями придется столкнуться на практике для широкого вовлечения ГВ в топливно-энергетический баланс страны, региона и т.д.

Более весомые перспективы, склоняющиеся в сторону освоения ГВ, открываются перед отраслью при создании ГЦС (в свою очередь, она решает и проблему поддержания пластового давления (ППД)), приводящая к минимуму соприкосновения с ОС.

Открытое фонтанирование бесхозных геотермальных скважин и воздействие минерализованных пластовых вод на природные и природно-хозяйственные компоненты и в целом структуру всего вмещающего ландшафта является серьезной экологической проблемой территории Чеченской Республики и требует всесторонней оценки [65]. По большей части эти объекты располагаются в пределах наиболее густонаселенной и освоенной в хозяйственном отношении территорий республики (степная и полупустынная зоны). Необходимость комплексной оценки в рамках геоэкологического подхода связана со сложными и глубокими последствиями, вызванными влиянием изливающихся ГВ из скважин на все природные компоненты ландшафта, а также на хозяйственную деятельность человека и экологическое состояние природной среды в целом.

Следует отметить, что, несмотря на относительно широкую изученность вопросов геотермии и масштабного освоения геотермальной энергии в России и в отдельных странах мира, практически не исследованными остались такие аспекты, как соотношение прямого и косвенного влияния геотермальных скважин на природные и хозяйственные геосистемы, возможности рекреационно-бальнеологического использования ГВ и др. Слабо разработаны методы, ориентированные на площадную оценку влияния точечных объектов, которыми являются скважины во вмещающем ландшафте. Работы в этой области могли бы сделать вклад в теоретико-



методологический инструментарий, описывающий влияние высокоэнергетических компонентов геологической среды на динамику и пространственно-временную организованность географических ландшафтов [64].

Есть работы, в которых [50] разработаны методологические подходы геоэкологического анализа трансформации природно-антропогенной среды региона, длительное время находящегося под влиянием предприятий нефтяного комплекса, с учетом локальных и региональных факторов, его морфологической и вертикально-компонентной структуры [64]. В данной главе дается геоэкологическая оценка трансформационных процессов в ландшафтах под воздействием изливающихся ГВ, выработка рекомендаций по использованию геотермального потенциала и к оптимизации нарушенного ландшафта.

### **3.2. Оценка потенциала геотермальных вод**

Среди субъектов Российской Федерации по запасам геотермальных вод ЧР входит в первую тройку наряду с Дагестаном и Камчатским краем. Известны 14 МТВ (рис. 3.1), эксплуатационные запасы которых по категориям А+В+С<sub>1</sub> оцениваются в 64,68 тыс. м<sup>3</sup>/сут. (Приложение А) [62, 96-98, 176]. На сегодняшний день только по двум месторождениям (Ханкальское и Гойтинское) имеются утвержденные в ГКЗ запасы в объеме 16,25 тыс.м<sup>3</sup>/сутки, что составляет приблизительно 25 % от разведанных запасов [117].

История разработки МТВ ЧР и их эксплуатация тесно связана с нефтедобычей и начинается во второй половине XIX столетия, когда Г.В. Абих, Ф.Г. Кошкуль, А.М. Коншин и др. проводили исследования по изучению геологии термоводоносных комплексов, химического состава, дебитов, температур изливающихся термоминеральных источников [62, 78].

Постановление Совета Министров СССР от 19 апреля 1963 г. «О реализации работ по использованию глубинного тепла Земли» для нужд

народного хозяйства стало началом масштабного освоения ГР в нашей стране в целом. С этого времени разворачиваются работы по изучению геотермального теплотенциала и были достигнуты определенные успехи в создании техники и технологий геотермального производства.



Рис. 3.1. Месторождения термальных вод Чеченской Республики

Например, грозненскими нефтяниками на Ханкальском МТВ впервые в СССР еще 80-ые годы была успешно опробована ГЦС-технология, когда после снятия теплового потенциала термальные воды обратно возвращались в пласт [58, 62, 78].

Наиболее активно эксплуатировались Ханкальское, Червленское, Новошедринское, Центрально-Бурунное МТВ. Добыча ТВ велась фонтанным способом и составляла около 7,5-8,8 млн. м<sup>3</sup>/год. Основными потребителями были объекты жилищно-коммунального и сельского хозяйств. При этом качественные характеристики геотермальных теплоносителей (глубина

залегания (1000-2500 м), температура (60-110 °С), дебит (в среднем 1000-3500 м<sup>3</sup>/сут), минерализация (2-3 г/л) и т.д.) свидетельствуют о больших возможностях их практического применения (бальнеология, теплофикация населенных пунктов, выращивание овощей и фруктов, как в открытом, так и в закрытом грунте, разведение рыбы и других морских организмов, использование в различных отраслях обрабатывающей промышленности, для производства энергии). И этот спектр может расшириться в соответствии с разработками новых технологий в области ГЭ. Следует отметить, что за всю историю освоения геотермальных ресурсов ЧР (ЧИАССР) ни одно МТВ никогда не осваивалось комплексно, кроме того, большая часть термоводозаборов простаивала по разным причинам [55, 62].

Между тем, СКФО в целом является энергопрофицитным регионом за счет большого профицита производства электроэнергии в Ставропольском крае: здесь производится 76 % всей выработки электроэнергии СКФО, а объем потребления в два раза ниже объема производства энергии. Все остальные субъекты – энергодефицитные, и наибольший дефицит наблюдается в Чеченской Республике (2,3 млрд кВтч), Северной Осетии (2,0 млрд кВтч) и Кабардино-Балкарии (1,1 млрд кВтч) [177]. Кроме того, существуют высокие сезонные колебания производства электроэнергии, вызванные технологическими ограничениями выработки ГЭС в зимний период: выработка электроэнергии максимальна в летний период – в период относительно низкого потребления, и минимальна зимой – в период пикового потребления.

В структуре потребления электроэнергии выделяется бытовой сектор (население), доля которого в четырех республиках (Чеченская, Кабардино-Балкарская, Ингушетия, Дагестан) превышает 50 % (при средней по России доле в 15%).

При сложившейся ситуации в ТЭК ЧР, когда сильно ощущим дефицит в энергообеспечении, в том числе и ГВС, имеются хорошие шансы для развития геотермального производства.

В «Стратегии социально-экономического развития СКФО до 2025 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 6 сентября 2010 г. № 1485-р, использованию геотермальных вод в ЧР уделяется значительное внимание. «В части освоения термального потенциала необходима реализация мероприятий по теплофикации населенных пунктов и районов г. Грозного за счет использования термальных вод на базе действующего фонда скважин», – говорится в документе. Это является важным стимулом для принятия мер по вовлечению в экономику региона имеющийся потенциал геотермальных теплоносителей и создание на этой основе малую отрасль энергетики [96]. Огромный фонд бездействующих скважин, благоприятные условия для создания ГЦС, наличие потребителей, спрос на производимую продукцию – вот далеко не весь перечень положительных факторов, склоняющих в сторону создания геотермальной подотрасли в ТЭК ЧР [56].

В зависимости от теплового потенциала геотермальные ресурсы находят широкое применение в различных отраслях экономики и в общем случае, чем выше температура геотермального теплоносителя, тем шире область его использования: энергетика, промышленность, сельское хозяйство, ЖКХ, бальнеология и т.д. Опираясь на ориентировочные показатели использования ГВ в качестве теплоносителей (К. Ф. Богородицкий) и допустимые концентрации биологически активных компонентов в минеральных водах, позволяющих рассматривать их в лечебных, бальнеологических целях и получения ценных компонентов, а также учитывая опыт геотермального производства в соседних регионах (республики Дагестан, Кабардино-Балкарская, Ставропольский и Краснодарский края), были уточнены возможные схемы использования теплоэнергетических вод ЧР (рис. 3.2., Приложение Б) [59, 98]. Кроме того, теплоэнергетический потенциал месторождений позволяет рассматривать их и для производства электроэнергии. В будущем спектр использования геотермальных вод могут быть значительно расширен за счет последних достижений в области производства оборудования для геотермального

производства, буровой техники для геотермальных скважин и т.д. Экспериментально доказано, что эффективность использования ГВ возрастает при максимальном срабатывании теплового потенциала в его поступенчатой утилизации.

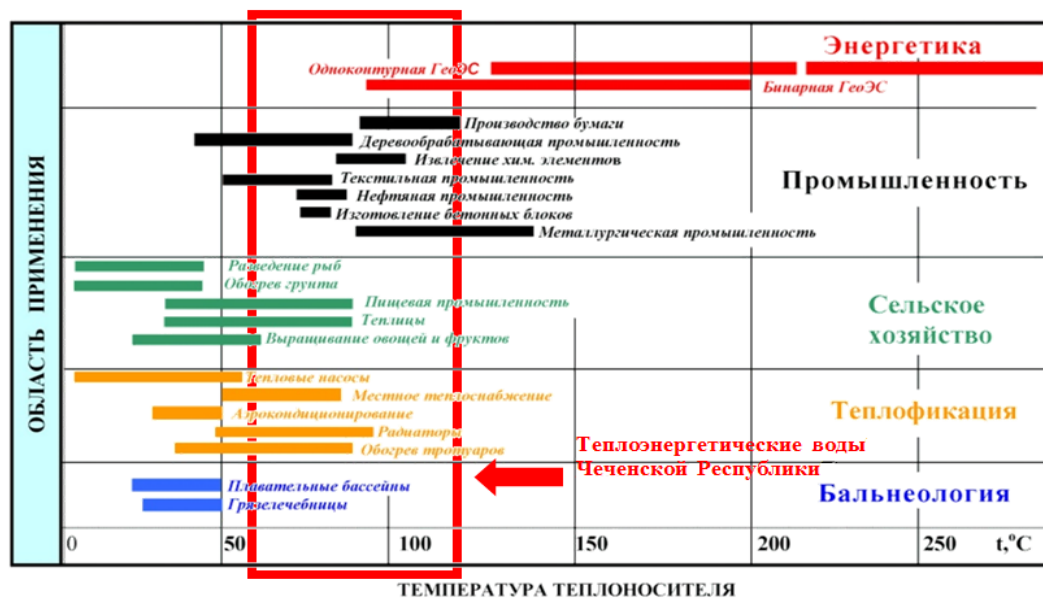


Рис. 3.2. Диаграмма использования геотермального теплоносителя (по материалам Поварова (2003) [16] с доработкой автора)

Ярким примером комплексного использования ГВ является Мостовское месторождение (Краснодарский край), которое характеризуется неглубоким залеганием (1700 м) самоизливающихся вод с минерализацией 1,5 г/л и температурой 75<sup>0</sup>С. Схема подачи следующая (Приложение Д): от скважин к ТПК с площадью 18 га, после которого вода с температурой 40-45<sup>0</sup>С подается на животноводческий комплекс; отработанная геотермальная вода с температурой 25-30<sup>0</sup>С перегружается в отстойник; на следующем этапе вода перекачивается в рыбопродуктивные пруды, а в весенне-летнее время – на поля орошения [96-98]. В центре населенного пункта стоит центральный тепловой пункт (ЦТП), который обеспечивает ГВС и отоплением здания различного предназначения с площадью 200 тыс. м<sup>2</sup>. Из теплосетей вода направляется в душевые, бани, прачечные и на другие промышленные объекты (мебельный, комбикормовый, кожевенный, строительный и т.д.). В

результате такой технологической цепочки использования геотермальных теплоносителей Мостовского месторождения достигнута высокая рентабельность многих отраслей хозяйства района. Аналогичная схема использования геотермальных теплоносителей предусматривается и на Ханкальском МТВ, и как показывают расчеты, за короткие сроки очевидна рентабельность мероприятия. И этот ресурс вполне может рассматриваться как дополнение к традиционным видам энергоносителей, используемых здесь.

### **3.2.1. Современное состояние геотермальных месторождений**

Современное состояние МТВ Чеченской Республики нельзя оценивать однозначно, но наличие ресурса, минерализация вод (в большинстве случаев не превышающая 2,0 г/л), близость к потребителям – эти благоприятные особенности позволяют рассматривать имеющиеся ресурсы как перспективные. Те наработки, которые были в геотермальном производстве республики до известных печальных событий, остались в прошлом. Эксплуатация действующих термоводозаборов осуществляется без соблюдения каких-либо правил охраны ОС: вода сбрасывается на дневную поверхность или в близлежащие водотоки, захламлены присважинные территории, наблюдается самоизлив ГВ из аварийных скважин со всеми вытекающими последствиями. На сегодняшний день в режиме активной эксплуатации находится самое перспективное из всех МТВ – Ханкальское: построена ГеоТЭС, соблюдается режим ППД, реанимированы все изливающиеся скважины (часть скважин ликвидирована, другая – загерметизирована) [56, 59, 62].

Ниже приводится более полная информация о современном состоянии МТВ ЧР.

#### **Гойгинское МТВ**

Расположено на юго-западной окраине г. Грозный, находится в эксплуатации с 1974 г. В тектоническом плане приурочено к северо-

западному периклинальному окончанию Октябрьской антиклинали. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 1000-2000 м. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 1,15 тыс. м<sup>3</sup> /сут. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд). Год утверждения запасов – 1979 г. Тип воды - термальна́я, гидрокарбонатно-натриевая. Минерализация – 0,8-2,8 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы, нефтепродукты. Удельная теплоэнергетическая мощность равна 2,21 МДж/кг. Температура воды 73-85<sup>0</sup>С. Давление на устье 0,13-0,29 Мпа [62, 132].

### **Новогрозненское МТВ**

Расположено в 60 км к восток-юго-востоку от г. Грозный, находится в эксплуатации с 1975 г. В тектоническом отношении приурочено к восточной части погруженной Гудермесской антиклинали, простирающейся с северо-запада на юго-восток. Структура имеет осложненное продольными и поперечными разрывными нарушениями строение. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники (XXI пласт чокрака)) – 1250-1750 м. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 3,41 тыс. м<sup>3</sup> /сут. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд). Год утверждения запасов – 1979 г. Тип воды – термальна́я, гидрокарбонатно-хлоридная натриевая. Минерализация – 0,7-1,6 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы, нефтепродукты. Удельная теплоэнергетическая мощность – 0,28 МДж/кг. Температура термальной воды – 80<sup>0</sup>С. Давление на устье – 0,12-0,54 Мпа [62, 132].

### **Гудермесское МТВ**

Расположено в 3-х км западнее г. Гудермес и в 40 км северо-восточнее г. Грозный. В тектоническом отношении приурочено к северо-западному окончанию Гудермесской антиклинали. Находится в эксплуатации с 1973 г. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 950 м. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 1,00 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд). Год

утверждения запасов – 1991 г. Тип воды - термальна́я, гидрокарбонатно-натриевая. Минерализация – 1,7 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы, нефтепродукты. Удельная теплоэнергетическая мощность – 0,28 МДж/кг. Температура 70<sup>0</sup>С. Давление на устье – 0,05-0,2 Мпа [62, 132].

### **Герменчукское МТВ**

Расположено на окраине с. Герменчук Шалинского района, в 10 км к востоку от г. Грозный. В тектоническом отношении связано с дальним восточным погружением Октябрьской антиклина́ли. Находится в эксплуатации с 1978 г. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 3200 м., мощность – 47-89 м. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 1,00 тыс. м<sup>3</sup> /сут. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд). Год утверждения запасов – 1991 г. Тип воды – термальна́я, гидрокарбонатно-натриевая. Минерализация – 1,7 г/дм<sup>3</sup>. Удельная теплоэнергетическая мощность равна 0,28 МДж/кг. Температура термальна́й воды 68-103<sup>0</sup>С. Давление на устье 0,65 Мпа [62, 132].

### **Дубовское МТВ**

Расположено между станицами Дубовская и Бороздиновка Шелковского района, находится в эксплуатации с 1980 г. В тектоническом отношении приурочено к платформенному склону Терско-Каспийского предгорного прогиба в Затеречной части. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 3000 м. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 3,3 тыс. м<sup>3</sup> /сут. Месторождение находится в консервации. Год утверждения запасов – 1991 г. Тип воды - термальна́я, хлоридная, натриевая, гидрокарбонатно-натриевая. Минерализация – 1,9-7,2 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы (1,6-3,6 мг/дм<sup>3</sup>). Удельная теплоэнергетическая мощность равна 0,28 МДж/кг. Температура термальна́й воды равна 68-103<sup>0</sup>С. Давление на устье равно 0,65 Мпа [62, 132].

### **Новошедринское МТВ**



Расположено в ст. Новошедринская Шелковского района, находится в эксплуатации с 1977 г. В тектоническом отношении МТВ приурочено к Притеречной зоне платформенного склона ТКП и является участком пологой моноклинали. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 3000 м. Балансовые запасы по категории А+В+Q составляют 1,42 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Месторождение находится в консервации. Год утверждения запасов – 1991 г.

Тип воды – термальная, хлоридная, натриевая, гидрокарбонатно-натриевая. Минерализация – 1,9-7,2 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы (2,4 мг/дм<sup>3</sup>). Удельная теплоэнергетическая мощность равна 0,28 МДж/кг. Температура термальной воды равна 100<sup>0</sup>С. Давление на устье равно 0,3 МПа [62, 132].

### **Шелковское МТВ**

Расположено к северо-востоку от г. Грозный у станицы Шелковская. В тектоническом отношении оно приурочено к северному пологому борту наиболее погруженной части Притеречного прогиба. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 3000 м, находится в эксплуатации с 1978 г. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 2,3 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Месторождение находится в консервации. Год утверждения запасов – 1991 г. Тип воды – термальная, хлоридная, натриевая, гидрокарбонатно-натриевая. Минерализация – 1,9-7,2 г/дм<sup>3</sup>. Температура термальной воды равна 68-103<sup>0</sup>С [62, 132].

### **МТВ Гунюшки**

Расположено в 32 км к 3 от г. Грозный. В тектоническом отношении приурочено к западной переклинали Старогрозненской антиклинальной структуры.

Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 900 м, находится в эксплуатации с 1974 г. Балансовые запасы по категории А+В+Q составляют 1,50 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд). Год утверждения запасов – 1991 г. Тип воды –

термальная, сульфатно-гидрокарбонатная натриевая. Минерализация – 1,65 г/дм<sup>3</sup>. Температура термальной воды равна 70<sup>0</sup>С [62, 132].

### **Каргалинское МТВ**

Расположено в районе ст. Каргалинская. Находится в эксплуатации с 1984 г. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 2940-3150 м, мощность – 24-38 м. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 5,00 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд). Год утверждения запасов – 1991 г. Тип воды – термальная, хлоридная, гидрокарбонатно-хлоридная натриевая. Минерализация – 2,0-6,3 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы, нафтены. Температура термальной воды 100<sup>0</sup>С. Давление на устье 0,3-1,6 МПа [62, 132].

### **Комсомольское МТВ**

Расположено в районе станций Правобережная, Терская, Никольская, находится в эксплуатации с 1978 г. В тектоническом отношении связано с брахиантиклинальной складкой.

Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 2710 м, мощность – 30 м. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 2,00 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд). Год утверждения запасов – 1991 г. Тип воды – термальная, гидрокарбонатно-хлоридная натриевая. Минерализация – 3,0 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы. Температура термальной воды равна 97<sup>0</sup>С. Давление на устье равно 0,77 МПа [62, 132].

### **Петропавловское МТВ**

Расположено на восточной окраине г. Грозный, находится в эксплуатации с 1976 г. В тектоническом отношении приурочено к южному периклинальному окончанию Петропавловской антиклинали. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) 3500-3800 м. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 3,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд). Год

утверждения запасов – 1991 г. Тип воды – термальная, гидрокарбонатная натриевая. Минерализация – 1 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы. Температура термальной воды равна 74<sup>0</sup>С. Давление на устье равно 0,03-0,06 МПа [62, 132].

### **Центрально-Бурунное МТВ**

Расположено в ст. Буруны Шелковского района, находится в эксплуатации с 1964 г. В тектоническом отношении входит в состав северного платформенного борта Терско-Каспийского Передового прогиба и представляет участок пологой моноклинали. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 2820 м, мощность – 25-67 м. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 3,4 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Тип воды – термальная, гидрокарбонатно-хлоридная натриевая. Минерализация – 3,8 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы. Температура термальной воды равна 98<sup>0</sup>С. Давление на устье равно 0,8 МПа [62, 132].

### **Червленское МТВ**

Расположено в ст. Червленская, находится в эксплуатации с 1974 г. В тектоническом отношении связано с брахиантиклинальной складкой. Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 1250-1750 м. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд). Год утверждения запасов – 1991 г. Балансовые запасы по категории А+В+С<sub>1</sub> составляют 5,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Тип воды – термальная, сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридная натриевая. Минерализация – 1,65 г/дм<sup>3</sup>. Вредные компоненты: фенолы, нефтяные кислоты. Температура термальной воды равна 72-88<sup>0</sup>С. Давление на устье равно 0,2-0,5 МПа [62, 132].

### **Ханкальское МТВ**

Наиболее перспективное из всех МТВ ЧР. Расположено в 8-10 км юго-восточнее г. Грозного и в тектоническом отношении приурочено к Октябрьскому поднятию. Месторождение многопластового типа с ярко выраженным водонапорным режимом. Основными термоводоносными комплексами являются караган-чокракские отложения общей мощностью

300-320 и 350-450 м соответственно, содержащие целый ряд горизонтов слабоминерализованных термальных вод: общая минерализация от 0,6 до 1,7 г/л с температурой от 90 до 110 °С, приуроченных к средне- и мелкозернистым песчаным пластам. Эти горизонты разделяются слабопроницаемыми глинистыми слоями, образуя этажную систему напорных водоносных пластов общей мощностью 750 м и залегающие на сравнительно небольших глубинах (от 500 до 2500 м). В соответствии с реестром «Государственных запасов полезных ископаемых Российской Федерации» на 1 января 2009 года по Ханкальскому месторождению суммарные балансовые запасы по продуктивным пластам по категориям А+В+С<sub>1</sub> составляют 31 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Преимущество Ханкальского МТВ обусловлено физико-химическими характеристиками термальных вод и возможным потенциалом реализации геотермальной энергии для теплоснабжения г. Грозный и близлежащих объектов промышленного и сельскохозяйственных назначений. Также в водах Ханкальского месторождения установлено содержание следующих микроэлементов: калия (9,0-19,5 мг/л), лития (0,025-0,41 мг/л), стронция (0-0,85 мг/л), меди (0,009-0,095 мг/л), цинка (до 0,02 мг/л), бора (до 3,5 мг/л), алюминия (до 0,065 мг/л), метакремниевой кислоты (30,0-100,8 мг/л), свинца (до 0,01 мг/л), фтора (0,21-0,48 мг/л), содержание некоторых из них свидетельствует о перспективности месторождения для извлечения полезных компонентов (например, кремнезема, полезные свойства которого используются в синтезе органических соединений) [62, 97-98, 120, 132]. Также в соответствии с классификацией подземных минеральных вод Минздрава СССР по медицинским показаниям вода скв. № 4-Т Ханкальского МТВ может быть рекомендована для наружного бальнеологического применения (лечебные ванны в неразведенном виде). Разведенная вода может применяться для лечения заболеваний желудка, поджелудочной железы, кишечника, печени, почек, при функциональных нарушениях, после оперативных вмешательств.

Промышленное освоение Ханкальского МТВ началось в 1974 г. В связи с постоянным ростом потребности в тепле из года в год увеличивались объемы добычи геотермальных вод. Кроме того, фактически эксплуатация велась в течение 210 суток и по характеру приближалась к непрерывной. Интенсификация добычи привела к дополнительной сработке уровня, вследствие чего в отопительный период добыча ГВ падала с 9,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут. в ноябре месяце до 5,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут. в марте. Анализ разработки Ханкальского МТВ показал невозможность прироста разведанных запасов за счет расширения существующего термоводозабора без искусственного их восполнения [3, 67, 97, 132]. В связи с этим в период 1981-1982 гг. была произведена опытно-промышленная эксплуатация XIII пласта карагана с обратной закачкой отработанных ГВ для ППД как метод искусственного восполнения запасов, в результате чего была практически доказана возможность использования данного метода для увеличения производительности Ханкальского термоводозабора с целью покрытия дефицита, а также перспективной потребности в тепле [170]. Возврат в пласт отработанных ГВ сказался и на величине пластового давления. Если летом 1981 г. среднее приведенное пластовое давление не достигало 1,7 МПа, то в отопительный период 1981-1982 гг. оно составляло 1,95 МПа, при этом темпы отбора из пласта были выше, чем в отопительный период. Падение температуры на устье эксплуатационных скважин также не наблюдалось.

По заключению специалистов Пятигорского НИИ курортологии и физиотерапии в целом воды месторождения подходят для использования в системах отопления и вентиляции теплиц, для подпитки рыбоводных бассейнов, а также в качестве (и в составе) питательной среды при производстве зелёных микроводорослей, хлебопекарных дрожжей, лекарственно-ароматических культур и др. Также доказана возможность их использования для производства электроэнергии [61].

Таким образом, для успешного использования Ханкальского МТВ имеются все условия: уникальные по качеству и запасам ГВ, готовый фонд

эксплуатационных скважин, свободные земельные участки; благоприятные климатические условия; удобство расположения термоводозабора и площадки строительства в отношении подъездных путей, электро- и водоснабжения. Дополнительным преимуществом выбранного участка работ является близость потребителей.

Удобное географическое положение с наличием связывающих авто- и ж/д трасс в сочетании с благоприятными климатическими и геологическими условиями дают возможность неограниченного использования природной тепловой энергии. Это позволяет рассматривать расположенный здесь совхоз «Тепличный» как объект большой перспективы для наращивания мощностей с целью выпуска важнейшей пищевой и сельскохозяйственной продукции (молоди осетровых, чёрной икры, мяса птицы и осетровых, спирулины и др.). В дальнейшем производство может быть расширено за счет создания производства хлебопекарных дрожжей, лекарственно-ароматических культур, строительства лечебницы для лечения бесплодия, неврита, экземы, остеохондрозов, строительства завода по розливу лечебно-столовой минеральной воды, сооружения биогазовой установки по утилизации органических отходов хозяйства.

Использование стерильных ГВ в составе интенсивных биотехнологий (особенно в рыбоводстве и при выращивании микроводорослей), позволяет вдвое сократить сроки созревания производимой продукции, обеспечить их ежегодный нерест и получать товарную продукцию уже на втором году выращивания. Это открывает большие перспективы для повышения эффективности геотермального производства. Для реализации этих мероприятий необходимо техническое обустройство месторождения и сооружение ряда производственных объектов (Приложение Г):

- осетровый завод по выращиванию молоди с установками замкнутого водоснабжения;
- энергетический модуль на базе газотурбинной и бинарной установок;

- бассейновое хозяйство по выращиванию производителей и товарных осетровых;
- водорослевая ферма для культивирования зеленых микроводорослей спирулины;
- птицефабрика по выращиванию бройлерной птицы;
- блочные теплицы по выращиванию ранних овощей и цитрусовых с использованием капельного орошения;
- в перспективе – лечебница и завод по розливу лечебно-столовой минеральной воды.

### 3.2.2. Расчет тепловой мощности Ханкальского месторождения

Путем вычисления стандартного расхода ГВ и величины эксплуатационных запасов была определена тепловая мощность Ханкальского МТВ [59, 96, 98]. Полезный отпуск тепловой энергии для теплоснабжающей организации ( $Q_{реал.}$ ) меньше добытого геотермального тепла ( $Q_{отт.}$ ) на сумму тепловых потерь при транспортировке воды от устья скважины до границы балансовой принадлежности абонента ( $Q_{ном.}$ ):

$$Q_{реал.} = Q_{отт.} - Q_{ном.} = c_p \cdot G_{тв} \cdot (T_{вх}^{тв} - T_{вых}^{тв}) \cdot 10^{-3} - Q_{ном.} = \quad (1)$$

$$31000 \cdot (92,5 - 20) \cdot 10^{-3} \cdot 350 - Q_{ном.} = 783370 - 117505 = 665865 \text{ Гкал},$$

где  $c_p$  - средняя объемная теплоемкость геотермальной воды в интервале температур ( $T_{вх}^{тв} - T_{вых}^{тв}$ ),  $\text{ккал}/\text{м}^3 \cdot \text{град}$ ;  $G_{тв}$  - эксплуатационные запасы месторождения,  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ;  $T_{вх}^{тв}$  - усредненная за расчетный период разработки месторождения температура добываемой геотермальной воды,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{вых}^{тв}$  - усредненная за расчетный период разработки месторождения температура геотермальной воды на сбросе,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $n_{от}$  - продолжительность работы термоводозабора в течение года, сутки.

Потери тепла в наружных тепловых сетях зависят от их протяженности и диаметров труб, способа прокладки, состояния теплоизоляции и условий

эксплуатации, и вычисляются по сложным формулам. Стандартный расход геотермальной воды на единицу полезно использованного тепла:

$$g_{\text{станд.}} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{(T_{\text{вх}}^{\text{те}} - T_{\text{вых}}^{\text{те}}) \cdot \rho_{\text{те}}}, \text{ м}^3 / \text{Гкал} \quad (2)$$

где  $\rho_{\text{те}}$  - плотность термальной воды в интервале температур  $(T_{\text{вх}}^{\text{ТВ}} - T_{\text{вых}}^{\text{ТВ}})$ , кг/м<sup>3</sup>.

Из приведенных выше данных следует, что годовой теплоэнергетический потенциал группового термоводозабора Грозненского района составляет:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ТВЗ}}^{\text{год}} &= 1291,6 \text{ м}^3 / \text{ч} \cdot (92,5 - 15) \cdot 10^{-3} \cdot 3936 \text{ ч} + 1291,6 \text{ м}^3 / \text{ч} \cdot (92,5 - 25) \cdot 10^{-3} \cdot 4464 = \\ &= 100,1 \text{ Гкал} / \text{ч} \cdot 3936 + 87,18 \text{ Гкал} / \text{ч} \cdot 4464 = 393993 \text{ Гкал} + 389171 \text{ Гкал} = 783164 \text{ Гкал}, \end{aligned}$$

Возможный годовой отпуск тепловой энергии (продажи) за вычетом потерь тепла при его транспортировке от источника к потребителю (15 %) составляет:

$$Q_{\text{отп}}^{\text{год}} = 783164 \text{ Гкал} - 0,15 \cdot 783164 \text{ Гкал} = 665689 \text{ Гкал} / \text{год}$$

Таким образом, восстановление скважин на Ханкальском месторождении может обеспечить замещение 665689 Гкал тепловой энергии.

Отсюда объем замещаемого условного топлива:

$$B_m^{\text{год}} = 665689 \text{ Гкал} \cdot 200 \text{ кг} / \text{Гкал} \cdot 10^{-3} = 133137 \text{ т} / \text{год},$$

где 200 – удельный расход условного топлива в котельной, кг/Гкал.

В климатических условиях г. Грозного годовая потребность в тепловой энергии на нужды отопления и ГВС равна:

$$Q_{\text{теп}} = Q_{\text{от}} + Q_{\text{гвс}} = 2,6 \text{ Гкал} / \text{год} \cdot \text{чел} + 1,8 \text{ Гкал} / \text{год} \cdot \text{чел} = 4,4 \text{ Гкал} / \text{год} \cdot \text{чел}.$$

При использовании геотермальных ресурсов термоводозабора только для целей ГВС геотермальным теплом могут быть охвачены населенные пункты и городские микрорайоны общей тепловой мощностью:

$$Q_y^{\text{ГВТ}} = \frac{31000 \cdot (92,5 - 20,3) \cdot 10^{-3}}{24} = 93,2 \text{ Гкал} / \text{ч}$$

и населением:



$$n = \frac{665689 \text{ Гкал}}{1,8 \text{ Гкал/чел}} = 369827 \text{ чел.}$$

При использовании термоводозабора одновременно для отопления и ГВС, геотермальным теплом могут быть охвачены населенные пункты и городские микрорайоны с населением:

$$n = \frac{665689 \text{ Гкал}}{4,4 \text{ Гкал/чел}} = 151293 \text{ чел.}$$

В зимний период потенциал геотермальных вод после теплообменников отопления и ГВС еще достаточно высок ( $30^{\circ}\text{C}$ ) и его можно утилизировать в тепловом насосе, установленном на «хвосте» основной системы теплоснабжения.

В этом случае мощность испарителя теплового насоса составит:

$$Q_{исп} = 1291,6 \cdot (30 - 15) \cdot 10^{-3} \cdot 1,163 = 19,37 \text{ Гкал/ч} \approx 22,53 \text{ МВт}$$

При температуре низкопотенциального источника тепла  $30^{\circ}\text{C}$  коэффициент преобразования ТН составляет  $K_{np} = 6,6$ .

Отсюда мощность компрессора ТН:

$$N = \frac{Q_u}{5,6} = \frac{22,53}{5,6} \approx 4 \text{ МВт}$$

Далее по известным  $Q_u$  и  $N$  находим мощность конденсатора ТН:

$$Q_k = Q_u + N = 22,53 + 4,0 = 22,8 \text{ Гкал/ч} \approx 26,5 \text{ МВт}$$

Годовая выработка тепла теплового насоса:

$$Q_{ТН}^{год} = 22,8 \text{ Гкал/ч} \cdot 3936 \text{ ч/год} = 89740 \text{ Гкал}$$

Общая годовая выработка тепла системой геотермального теплоснабжения, включающей 17 добычных скважин и тепловой насос, составляет:

$$Q_{срт}^{год} = 665689 + 89740 = 755429 \text{ Гкал/год}$$

Как видно из выражения (1), средневзвешенная температура ГВ на сбросе все же выше ( $20,2^{\circ}\text{C}$ ), чем температура воды после испарителя

теплового насоса ( $15^{\circ}\text{C}$ ), что объясняется повышением температуры водопроводной воды в летний период.

В конце расчетного срока разработки при проектных отборах (закачке) воды выбранных расстояниях между эксплуатационными и нагнетательными скважинами, температура добываемой ГВ практически остается неизменной. При этом закачка отработанных ГВ в эксплуатационные пласты (ГЦС-технология) является эффективным методом защиты ОС и в то же время ППД. Он резко повышает потенциальную роль геотермальных ресурсов в ТЭК республики и возможность получения дополнительного технико-экономического эффекта за счет увеличения производительности скважин из-за ППД [51-52, 96].

Обычно с ГР связывают попытки выработки электроэнергии как наиболее ценного продукта, востребованного на рынке. На территории ЧР имеются несколько месторождений (Ханкальское, Новошедринское и др.), перспективных выработки электроэнергии по бинарному циклу.

Расчеты показывают, что даже при самых благоприятных условиях, если использовать на производство электроэнергии все добываемые геотермальные воды ( $31000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ ), мощность ГеоТЭС на Ханкальской площади составит максимум  $5,7 \text{ МВт}$  с годовой выработкой  $48 \text{ млн. кВтч}$ . За вычетом расхода электроэнергии на собственные нужды (обратная закачка) полезный отпуск энергии составит  $36 \text{ млн. кВтч/год}$  [52, 96].

Ожидаемая максимальная мощность ГеоТЭС на Новошедринском месторождении составит  $0,312 \text{ МВт}$ , возможная годовая выработка электроэнергии  $3,0 \text{ млн. кВтч}$ . За вычетом расхода на собственные нужды (обратная закачка) полезный отпуск электроэнергии составит  $2,25 \text{ млн. кВтч/год}$ . Затраты на строительство составляют  $1000 \text{ \$/кВт}$ . Удельные капитальные вложения в обустройство геотермального промысла (включая подъемные и инжекционные скважины и БКНС (блочно-комплектная насосная станция) составляют около  $30\ 0000 \text{ руб./кВт}$ . То есть с технической точки зрения выработка электроэнергии на данных месторождениях

возможна, но на сегодняшний день неэффективна ввиду отрицательной доходности.

Расчеты по оценке экологической эффективности показывают, что создание системы геотермального теплоснабжения территории г. Грозный на базе разведанных ГР позволит обеспечить ежегодную экономию органического топлива в 150 тыс. т.у.т. и сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу в объеме 250 тыс. тонн. Годовой теплоэнергетический потенциал группового термоводозабора Ханкальского МТВ составляет 783164 Гкал/год, возможный годовой отпуск тепловой энергии за вычетом потерь тепла при его транспортировке от источника к потребителю составляет 665689 Гкал/год. Объем замещаемого условного топлива составит 133137 т.у.т./год. При применении тепловых насосов отпуск тепла возрастает примерно на 13-15 % [52, 96]. При использовании ГР термоводозабора только для целей ГВС геотермальным теплом могут быть охвачены населенные пункты и городские микрорайоны общей тепловой мощностью 93,2 Гкал/ час и населением более 360 тыс. чел., а при использовании одновременно для отопления и для ГВС теплом – более 151 тыс. чел.

Таким образом, технико-экономические показатели предполагаемого освоения геотермального потенциала Ханкальского МТВ доказывают высокую экономическую целесообразность. Кроме того, особенности месторождения (качество, запасы, фонд скважин, свободные земельные участки; благоприятные климатические условия; удобство расположения и др.) дают возможность неограниченного использования природной тепловой энергии, что, в свою очередь, решает целый ряд противоречий в энергетической, экологической, социально-экономической стратегии региона.

### **3.3. Оценка состояния фонда термальных скважин**

Как известно, геотермальные флюиды аккумулируются потребителю через скважину, которая является самым дорогим элементом в

технологической цепочке «скважина-потребитель». Чем глубже расположены термоводоносные пласты, тем выше себестоимость скважины. Расчеты показывают, что если все капитальные вложения на обустройство термоводозабора принять за 100%, то при глубине залегания термальных пластов от 300 до 1000 м доля скважин составляет от 10 до 30% капитальных вложений, при глубине от 1000 до 2000 м – от 30 до 50%, при глубине от 2000 до 3000 м – от 50 до 60 %, от 3000 до 4000 м – 60-75 %, свыше 4000 м доля достигает 90 и более процентов всех затрат [20, 41]. Также известно, что чем дальше от потребителя расположена скважина, тем более сравнимы энергетические затраты на транспортировку с полезно используемой энергией ГВ. Образно говоря, проблема геотермии – это проблема бурения и эксплуатации скважин. Вовлечение и максимально возможное использование уже пробуренных скважин различного назначения сильно влияет на рентабельность геотермального производства. Значительно выгоднее ремонтировать ликвидированные скважины, чем бурить новые. Также в целях увеличения рентабельности геотермального производства все технологические аппараты, расставленные на пути следования ГВ от скважины до потребителя, должны быть надежно теплоизолированы и герметизированы, они должны быть простыми, наземными, эффективными и дешевыми.

На территории ЧР имеется огромный фонд бездействующих скважин различного назначения, пробуренные на караган-чокракские отложения, которые рассматриваются как перспективные и в термоводоносном отношении (IV-VII, IX, XII, XIII, XVI, XXII пласты).

По состоянию на 1 октября 1994 года [127] по 14 МТВ фонд скважин на теплоэнергетические воды состоял из 83 скважин (действующий фонд – 45 ед.) (Приложение В). В 2014 г. сотрудниками ГГНТУ была проведена инвентаризация существующих скважин МТВ и составлены акты их состояния. Установлено местоположение 76 скважин, 37 из которых на тот момент давали приток воды [62, 82].

В пределах Ханкальского МТВ было обнаружено 36 скважин (сейчас их число увеличилось до 38 (2 вновь пробуренные скважины при строительстве ГеоТЭС: скв. 1-ДГТ и 2-НГТ)) (рис. 3.3)



Скважина 14-Т



Скважина 16-Т



Скважина 25-Т



Скважина БН1 (рядом со скв. 14-Т)



Скважина 22-Т



Скважина 25-Т

Рис. 3.3. Ханкальское месторождение термальных вод

В настоящее время все аварийные скважины либо ликвидированы, либо реанимированы. ГВ стихийно используются для удовлетворения нужд местного населения (теплицы, бани, ГВС и др.).

Как было отмечено выше, в 2015 году на Ханкальского МТВ для теплоснабжения теплиц с площадью 3 га была построена ГеоТЭС мощностью 8,7 МВт с реинжекцией отработанного теплоносителя [40].

В пределах **Новогрозненского МТВ** обнаружено и обследовано 9 скважин, восстановленных из скважин нефтяного фонда (рис. 3.4). В настоящее время ГВ используется местным населением для бытовых нужд и частично для отопления.



Скважина 6-Т

Скважина 57

Скважина 100

Скважина 101

Рис. 3.4. Новогрозненское месторождение термальных вод

**Гудермесского МТВ** известны 3 скважины, местоположение которых установлено (рис. 3.5). В настоящее время вода используется для бытовых нужд и частной бани. Также в последние годы на месторождении пробурены новые скважины, эксплуатируемые хозбытовыми структурами. Никакой информации о них нет, в том числе, и в СевКавГеолФонде [51, 62, 82].



Скважина 12-Т

Скважина 8-Т

Рис. 3.5. Гудермесское месторождение термальных вод



В пределах **Герменчукского МТВ** функционирует 1 скважина (25 Г-К). Вода используется для нужд частной бани (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Скважина 25 Г-К (Герменчукское МТВ)

В пределах **Дубовского МТВ** пробурено 2 скважины, в настоящее время они не функционируют. Оборудование находится в критическом состоянии (рис.3.7).



Рис. 3.7. Скважина 2-Т (Дубовское МТВ)

В пределах **Новощедринского МТВ** в 1976-1977 гг. пробурена одна скважина 1-Т, местонахождение которой неизвестно. Она работала пароводяной смесью, замерить общий дебит было практически невозможно (ориентировочно он составлял 5,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут. при температуре 110 °С и

минерализации 28,4 г/л). На рис. 3.8 показано место, где, возможно, ранее находилась скважина 1-Т. Устьевого оборудования нет.



Рис. 3.8. Предположительное местоположение скважины 1-Т  
(Новошедринское МТВ)

В пределах **Шелковского МТВ** пробурены 4 скважины 1-Т, 2-Т, 3-Т, 4-Т. Сква. 3-Т не передана на баланс Северо-Кавказского управления по ИГТЗ. Во время экспедиционных выездов обнаружены 4 скважины (рис. 3.9), номера которых не установлены. На момент экспедиции ни одна из них не давала приток воды. На скважине БН4 пытались построить бальнеолечебницу, но строительство заморозилось и скважину загерметизировали.



Скважина БН1



Скважина БН2



Скважина БН3



Скважина БН4

Рис. 3.9. Шелковское месторождение термальных вод

В пределах **МТВ Гунюшки** пробурено 2 скважины – 1-Т и 11-Т. В 1991 году сква. 1-Т ликвидирована физически, ее местоположение в



настоящее время не известно, и в эксплуатации находится скважина 11-Т (рис. 3.10), пробуренная в 1968-1969 гг. ОКРЭ «Спецподземстрой». В ходе полевых исследований на исследуемой территории были обнаружены еще несколько скважин (информация о них в имеющихся сведениях о фонде скважин отсутствует) [51, 62, 83].



Рис. 3.10. Месторождение термальных вод Гунюшки (скважина 11-Т)

В пределах **Каргалинского МТВ** пробурено 7 скважин, их местоположение установлено (рис. 3.11). Оборудование находится в критическом состоянии. В 1994-1995 гг. скважины разгерметизировались и изливались. В 2003-2005 гг. были загерметизированы. Но в 2019 году в результате герметизации скважины в районе станицы Бороздиновская стала фонтанировать скв. 9-Т на окраине с. Курдюковская [62].



Скважина 7-Т



Скважина 5-Т

Рис. 3.11. Каргалинское месторождение термальных вод

Изначально **Комсомольское МТВ** рассматривалось как нефтяное для добычи нефти из меловых отложений. Впоследствии была восстановлена скв. 128, готовившаяся к ликвидации по техническим причинам и переведена на извлечение ГВ. Также дополнительно на извлечение теплоэнергетических вод переведены 2 обводнившиеся нефтяные скважины (№142, 150) (рис. 3.12).



Скважина 128

Скважина 150

Скважина 142

Рис. 3.12. Комсомольское месторождение термальных вод

В пределах **Петропавловского МТВ** всего пробурена 1 скважина (1-Т) (рис. 3.13). В настоящее время вода используется для нужд частной бани на окраине 6-го микрорайона г. Грозного, после чего сбрасывается в канализацию.

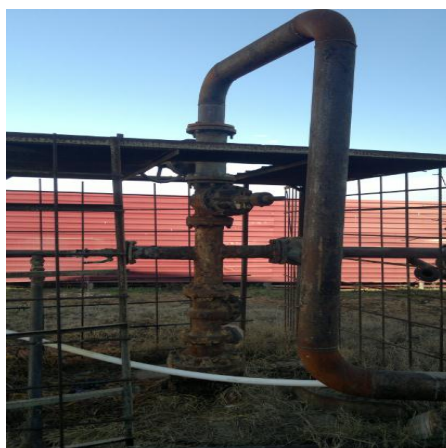


Рис.3.13. Скважина 1-Т (Петропавловское МТВ)

В пределах **Центрально-Бурунного МТВ** пробурено 3 скважины (рис. 3.14). В настоящее время они функционируют в режиме самоизлива. Большая часть воды изливается на дневную поверхность. Вода используется для обогрева и хозяйственно-бытовых нужд частного сектора.



Скважина 1-Т



Скважина 2-Т



Скважина 3-Т

Рис. 3.14. Центрально-Бурунное месторождение термальных вод

В пределах **Червленского МТВ** пробурено 5 скважин, местоположение 4 из них установлено (рис. 3.15). В настоящее время функционируют 2 скважины (2-Т, 3-Т), вода из которых используется для нужд бани и воинской части, расположенной на северной окраине с. Червленное. Остальные – загерметизированы [62, 82].



Скважина 2-Т (2019 г)



Скважина 3-Т (2019 г)



Скважина 4-Т



Скважина 5-Т

Рис. 3.15. Червленское месторождение термальных вод

Таким образом, на данный момент известно местоположение 76 скважин. Фондовые материалы не отличаются полнотой информации, нет приблизительных схем, координат, и даже словесного описания местоположения некоторых скважин [62, 83]. Большая часть фонда скважин выработала свой эксплуатационный ресурс, находится в эксплуатации более 50 лет и нуждается в ликвидации, часть скважин требует герметизации и капитального ремонта. На МТВ, за исключением Ханкальского, не проводятся мероприятия для ППД [58]. А между тем границы месторождений попадают в зону капитальных построек разросшихся за последние десятилетия населенных пунктов и в случае возникновения страховых событий доступ спецтехники может быть затруднен. Скважины в черте населенных пунктов представляют реальную угрозу для людей, проживающих рядом.

### **3.4. Трансформация природной среды под воздействием геотермальных вод**

Воздействие минерализованных пластовых вод на вмещающий ландшафт, исходящее из локализованного инженерного объекта – скважины – через энергетически насыщенный теплоноситель (воду с её минеральной составляющей), является экологической проблемой многих нефтегазоносных регионов мира, в том числе, и Чеченской Республики. Проблема обусловлена открытым фонтанированием минерализованных пластовых вод из бесхозных скважин различного назначения, пробуренных в свое время для целей разведки, добычи УВ-сырья и ГВ и впоследствии законсервированных по причине бесперспективности (обводнившиеся, не выполнившие поставленные геологические задачи и др.). Коррозия устьевого оборудования через некоторое время привело к прорыву минерализованных потоков пластовых вод на дневную поверхность. Ландшафты, подверженные воздействию, в зависимости от длительности данного процесса претерпевают



большие изменения в своей структуре. В целом данная проблема на территории Чеченской Республики не изучена. В настоящей работе впервые производится оценка трансформации ландшафтов на территории ЧР под воздействием изливающихся минерализованных пластовых вод двух скважин: 11-Т Гунюшки (МТВ Гунюшки, Грозненский район) и 9-Т Каргалинская (МТВ Каргалинское, Шелковской район).

*Объектом исследования* являются теплоэнергетические воды и ландшафты и их компоненты в районе изливающихся скважин, которые выбраны как ключевые участки для исследования. Репрезентативность данных участков обусловлена разной длительностью воздействия изливающихся ГВ (долговременное – 11-Т Гунюшки, кратковременное – 9-Т Каргалинская), характером рельефа и ландшафтными условиями, расположением в пределах природных зон степей и полупустынь как наиболее освоенных в хозяйственном отношении территорий ЧР.

Полевые материалы собраны автором в экспедиционных маршрутах 2018-2022 гг.

Чтобы не усугубить те экологические проблемы, которые уже имеются в районе исследований, необходимо оценить состояние геотермальных скважин, дать оценку воздействию изливающихся геотермальных вод на природную среду, оптимизировать возможные варианты вовлечения геотермального потенциала в ТЭК республики для решения вопросов устойчивого развития региона в целом. Кроме того, изучение аспектов воздействия ГВ изливающихся скважин на природную среду может прогнозировать нежелательное изменение характеристик компонентов ГО и найти механизмы их предотвращения на более раннем этапе развития негативного процесса.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) описание скважин с точки зрения их взаимоотношения с окружающими ландшафтами и вовлечение в использование за разные периоды;
- 2) оценка прямого и косвенного влияния скважин на вмещающий ландшафт;
- 3)

выработка рекомендаций для оптимизации нарушенного ландшафта и использования ТВ [65-66].

Опираясь на фондовые материалы по геотермальным скважинам ЧР и полевые исследования с использованием спутниковых данных и квадрокоптера, было проведено картографирование ареалов влияния изливающихся скважин. На мезомасштабном уровне была дана оценка встроенности скважин в региональную ландшафтную структуру (построены профили, на котором обозначены основные геолого-географические границы и единицы физико-географической дифференциации: типы и группы ландшафтов). На крупномасштабном уровне было проведено комплексное картографирование ландшафтов и использования земель в масштабе 1:10 000. В полевых условиях даны характеристики природным комплексам ранга урочищ и фаций (с описанием растительности, почв и актуального использования), проведены замеры температур воды, на химический анализ взяты пробы воды (из скважин и техногенных водоемов, котловины грунтовых вод в ареале воздействия скважины), а также почв, донных отложений. Были проведены также интервью с местными жителями и главами администраций, определившие масштабы и возможности использования ТВ.

История освоения МТВ Гунюшки начинается в 20-ых годах XX столетия, когда в связи с буровыми работами у сел. Гунюшки была пробурена скважина 1-Т Гунюшки и вода из VI-VII пластов караганского горизонта была выведена на дневную поверхность. Тогда же было предложено ее использование для теплофикации и в бальнеологии. Первоначальный дебит скважины достигал 1600-1700 м<sup>3</sup>/сут. В 90-ые гг. скважина начала грифонировать и стала неуправляемой, и в 1991 г. ее ликвидировали физически [64].

В 1968-69 гг. Северо-Кавказской разведочной экспедицией примерно в 100 м к северу от скважины 1-Т Гунюшки пробурена разведочно-эксплуатационная скважина 11-Т глубиной 1711 м, по которой зафиксирован

статистический уровень водоносных пластов IV-III пластов карагана по номенклатуре Старогрозненского района на глубине 5 м от устья [127]. После принудительного возбуждения скважина переливалась за счет термолифта. начальный дебит не превышал 200 м<sup>3</sup>/сут, после проведения дополнительных спецработ (гидропескоструйная перфорация, гидроразрыв) дебит скважины увеличился до 713 м<sup>3</sup>/сут при динамическом давлении на устье скважины равном нулю. Пластовая температура 75,2 °С, температура воды на устье при указанном дебите – 70,5 °С. Температура, замеренная в ходе полевых исследований, составляет 73,2-75,6 °С [64-65, 83].

Скважина 9-Т Каргалинская находится в Шелковском районе ЧР между станицами Курдюковская и Каргалинская. Это одна из скважин МТВ Каргалинское, в пределах которого пробурено еще 6 скважин (№№ 5-Т, 6-Т, 7-Т, 8-Т, 10-Т, 11-Т). В настоящее время оборудование всех скважин находится в критическом состоянии. Основными эксплуатационными объектами являются IV-VII пласты карагана, представляющие народнохозяйственную ценность, XVI, XVII и XVIII пласты чокрака, из которых на Каргалинской площади получены воды с минерализацией 12,7-20 г/л (они могут рассматриваться как дополнительный объект). Температура, замеренная в ходе полевых исследований, составляет 91,6-99 °С [63].

#### **3.4.1. Оценка влияния геотермальных вод месторождения Гунюшки на ландшафтную среду**

В орографическом отношении МТВ Гунюшки приурочено к западной части Грозненского хребта, а в тектоническом – к западной переклинали Старогрозненской антиклинальной структуры и отличается сложной тектоникой. Угол погружения оси складки на запад составляет в районе села Гунюшки 12°. Также северное крыло антиклинали осложнено продольным разрывом – надвигом, по поверхности которого южное крыло и присводовая часть смещены к северу, образуя типичную надвиговую структуру [64-65, 83].

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие маломощные (10-14 м) четвертичные отложения, представленные в основном лессовидными суглинками с включением мелкой гальки, а также песчано-глинистые отложения неогена (апшерон, акчагыл, сармат, караган, чокрак) (рис. 3.16).

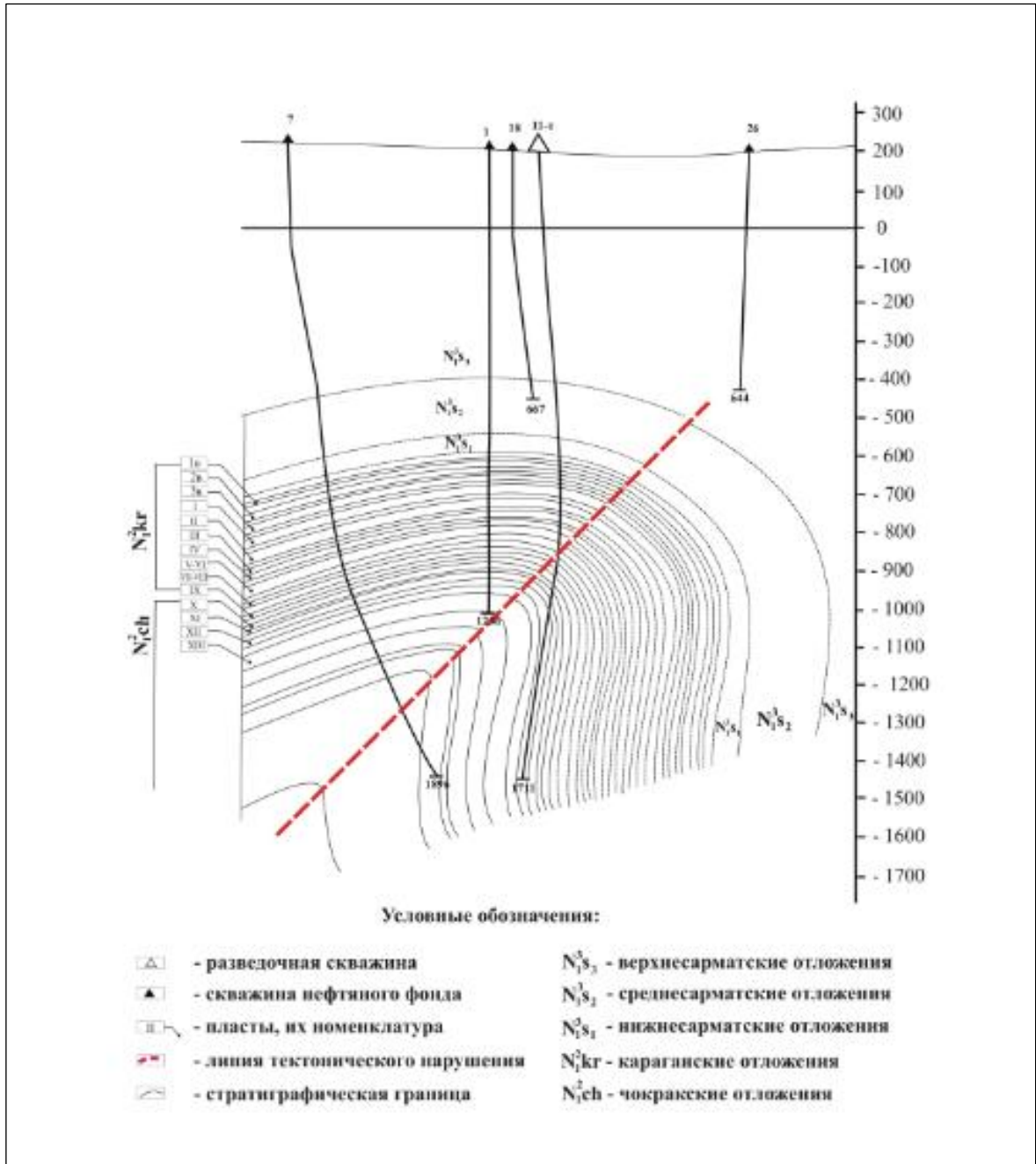


Рис. 3.16. Геологический разрез МТВ Гунюшки



Практический интерес с точки зрения добычи термальной воды представляют только пласты песчаников карагана (1в, 2в, 3в, I, II, III), обладающие хорошей водообильностью и качеством вод. Остальные же пласты из-за низких пластовых давлений не могут рассматриваться как объекты для добычи термальной воды. В разрезе выделяются до 12 водоносных горизонтов карагана, представленных песчаниками с толщиной 12-25 м (общая толщина – 280 м), в чокраке – 9 пластов песчаников чокракского горизонта (X, XI, XII<sub>1</sub>, XII<sub>2</sub>, XII, XIV, XV, XVI<sub>2</sub>, XVI) с общей толщиной 240 м [83].

Как было отмечено выше, на исследуемой территории встречаются следы нефтяной экспансии: обнаружено несколько безымянных скважин. Они загерметизированы, но выведены патрубки, в одном из которых есть следы нефти, а через второй патрубок с резиновым шлангом изливается горячая вода с температурой 63 °С (предположительно это скв. 1-Т Гунюшки, ликвидированная физически в 1991 г.) (рис. 3.17) [64].



Рис. 3.17. Скважины в районе исследований (Грозненский район) (фото автора)

В пределах Грозненского района ЧР отмечается больше всего территорий, загрязнённых тяжёлыми металлами и органическими соединениями из-за интенсивного воздействия нефтяного комплекса. Целые ландшафты трансформированы под влиянием различных элементов ТЭК (добыча, транспортировка, хранение и переработка нефти), сыгравших впоследствии решающую роль в урбанизации республики. В наши дни эти

ландшафты стали основным ареалом сельского расселения и их значительная часть с плодородными почвами используются как пастбища [64].

Скважина 11-Т Гунюшки находится в 32 км к западу от г. Грозный, характеризуя западную окраину Терско-Сунженского геотермального района. Как видно из рис. 3.18, основные активные МТВ ЧР приурочены к стыку трех физико-географических областей, наследующих крупные геолого-тектонические единицы: Западного и Среднего Предкавказья, Терско-Кумской низменности и Большого Кавказа. По сути, в этом ареале сходятся основные активные геологические структуры, к которым приурочены и месторождения нефти. Именно в процессе поисковых работ на нефть и газ и бурения неоген-палеогеновых толщ были нарушены геотермальные пласты, которые, как в случае со скважиной 11-Т Гунюшки, стали источниками ТВ, используемых для различных хозяйственных нужд [64, 66].

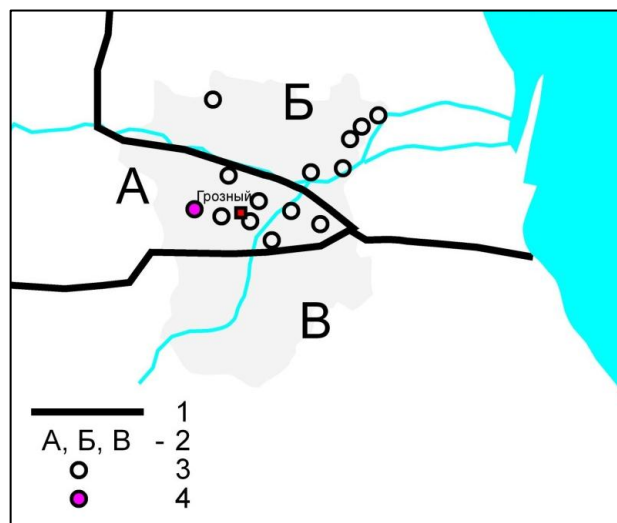


Рис.3.18. Расположение района исследования (скв. 11-Т Гунюшки)

Условные обозначения: 1 – границы физико-географических областей [119]; 2 – физико-географические области: А – Западного и Среднего Предкавказья, Б – Терско-Кумской низменности, В – Большого Кавказа, 3 – исследованные и активные в настоящее время скважины геотермальных вод, 4 – скважина 11-Т МТВ Гунюшки

### 3.4.1.1. Состояние ландшафтов на мезоуровне

Как видно из схемы «Зональные типы ландшафтов» (рис. 3.19), ареал воздействия скв. 11-Т Гунюшки затрагивает два основных типа ландшафтов: 2 – склоны отрогов передовых хребтов, переходящих в межгорные долины, сложенных неогеновыми отложениями из песчаников и глин, частично перекрытых четвертичными отложениями, под горно- и предгорно-степной полынно-злаковой растительностью, местами деградированной до полупустынной на преимущественно каштановых почвах; 3 – террасы и присклоновые поверхности межгорных долин, сложенных преимущественно четвертичными аллювиально-пролювиальными отложениями их глин, супесей и суглинков под окультуренными степями, реже лугостепями на черноземах и каштановых почвах. Расположение на стыке этих двух типов ландшафтов дал возможности активному освоению с сочетанием земледелия и животноводства (ландшафты 3 и 2), долговременное и интенсивное освоение которых привело к глубокой трансформации.

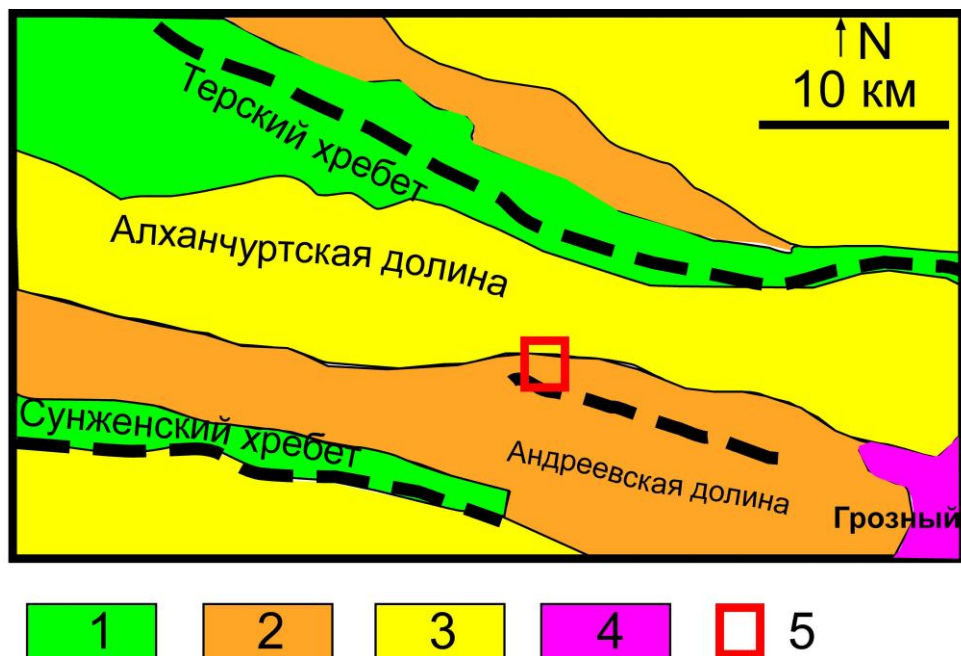


Рис. 3.19. Зональные типы ландшафтов

**Условные обозначения:**

1 – гребни, пригребневые поверхности и склоны передовых низкогорных хребтов, сложенных преимущественно неогеновыми отложениями из песчаников и глин, под горно-

*степной кустарниковой с фрагментами лесостепей и мелколесья из широколиственных пород растительностью на горно-степных черноземовидных и каштановых почвах;*  
 2 – *склоны отрогов передовых хребтов, переходящих в межгорные долины, сложенных неогеновыми отложениями из песчаников и глин, частично перекрытых четвертичными отложениями, под горно- и предгорно-степной полынно-злаковой растительностью, местами деградированной до полупустынной на преимущественно каштановых почвах;*  
 3 – *террасы и присклоновые поверхности межгорных долин, сложенных преимущественно четвертичными аллювиально-пролювиальными отложениями их глин, супесей и суглинков под окультуренными степями, реже лугостепями на черноземах и каштановых почвах;* 4 – *урбанизованные ареалы агломерации Грозного;* 5 – *скважина 11-Т Гунюшки.*

При этом ландшафты межгорных долин испытали трансформацию рельефа в результате нарезки полей, изменения водного режима вследствие прокладки каналов и обводнения, формирования пахотных горизонтов почв. Ландшафты склонов почти повсеместно испытали глубокую пастбищную дигрессию, приведшую к исчезновению кустарниковых лесостепей, развитию эрозии, стравленности и преобладанию в травянистом покрове плохо поедаемых видов [64-65].

На более ранних топографических картах (середины и второй половины XX века) вся территория практически испещрена нефтяными скважинами и другими сопутствующими нефтегазовому комплексу элементами инженерной инфраструктуры.

#### **3.4.1.2. Состояние ландшафтов на микроуровне**

Физико-географическую дифференциацию территории на локальном уровне демонстрируют высотный профиль и карта ландшафтов, составленных по материалам полевых исследований (рис. 3.20 и 3.21) [64].

Как видно из профиля, воды скважины направляются на расстоянии 1,5 км в с. Побединское. Здесь они используются только частично, а далее выливаются в водоем на северо-восточной окраине села (у кромки Алханчуртской долины) и дальше в Алханчуртский канал.

На карте ареал воздействия изливающейся скв. 11-Т Гунюшки значительно увеличивается в направлении на север, где располагались каскады резервуаров воды, использованных в животноводстве (рис. 3.21).

На ландшафтной карте выделены следующие комплексы: природно-антропогенные комплексы с коренными изменениями рельефа и водного режима (1-6), природно-антропогенные комплексы переходного типа, характеризующиеся природной динамикой (7-8), природно-антропогенные и природные комплексы с природной динамикой (9-14), техногенные (15-20) [64-65].

Как видно из карты, динамический ряд природных комплексов формируется под влиянием двух основных факторов: условия увлажнения и воздействия на почвенно-растительный покров. Оба фактора имеют антропогенное происхождение. Условия увлажнения меняются в зависимости от нахождения и перераспределения воды из скважины.

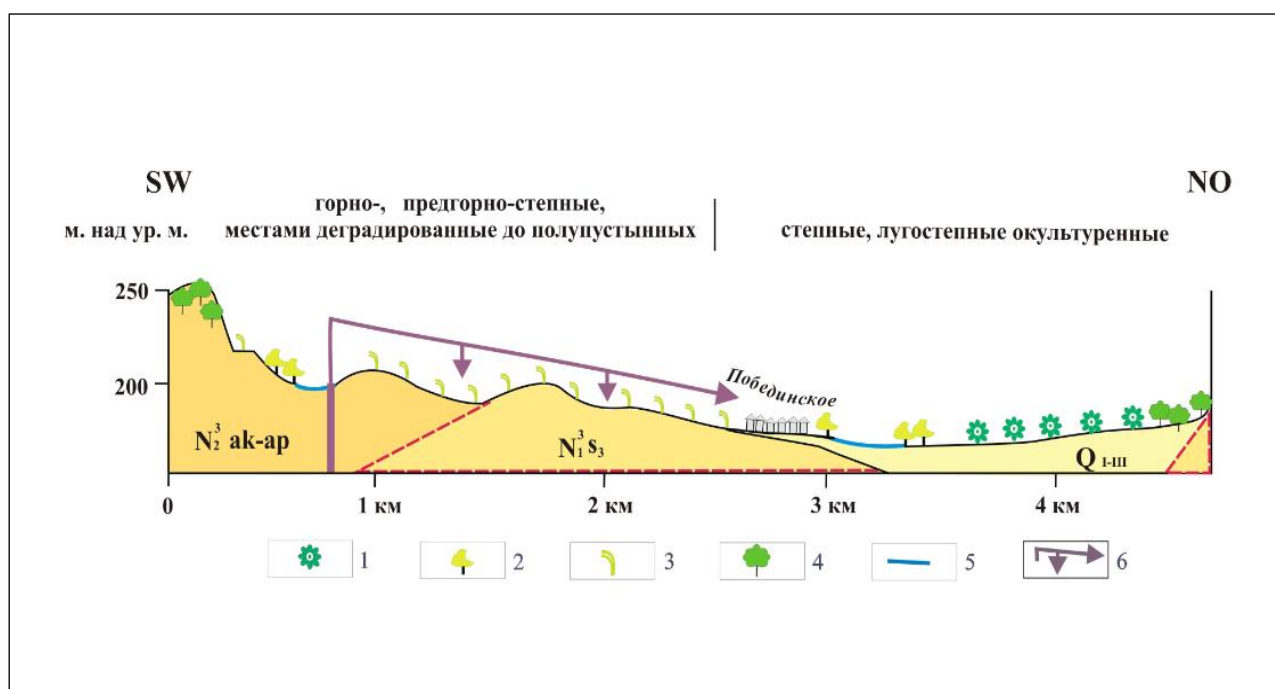


Рис.3.20. Комплексный физико-географический профиль по линии Сунженский хребет – Алханчуртский канал через с. Побединское

Условные обозначения:

Геология:  $N_2^3 ak-ap$  – плиоценовые акчагал-апшеронские отложения из песков, глин, конгломератов;  $N_1^3 s_3$  – миоценовые верхнесарматские отложения из глин тонкослоистых, реже песчанистых;  $Q_{I-III}$  – четвертичные (нерасчлененные) отложения, аллювиально-пролювиальные глины, супеси, суглинки;

1 – сельскохозяйственные поля разной интенсивности (см. рис. 3.22); 2 – кустарники в гидроморфных понижениях (ива и др.); 3 – степное разнотравье; 4 – лесные заросли из диких плодовых и др.; 5 – водоемы; 6 – скважина 11-Т и продуктопровод



В середине XX века рельеф был полностью изменен в процессе хозяйственной деятельности (для накопления воды и распределения его в искусственно сделанных резервуарах. Выделяется три уровня резервуаров, характеризующиеся разной степенью гидроморфности: низкие, средние и верхние. В настоящее время наполняются водой только низкие уровни (ландшафты 1, 2, 3).

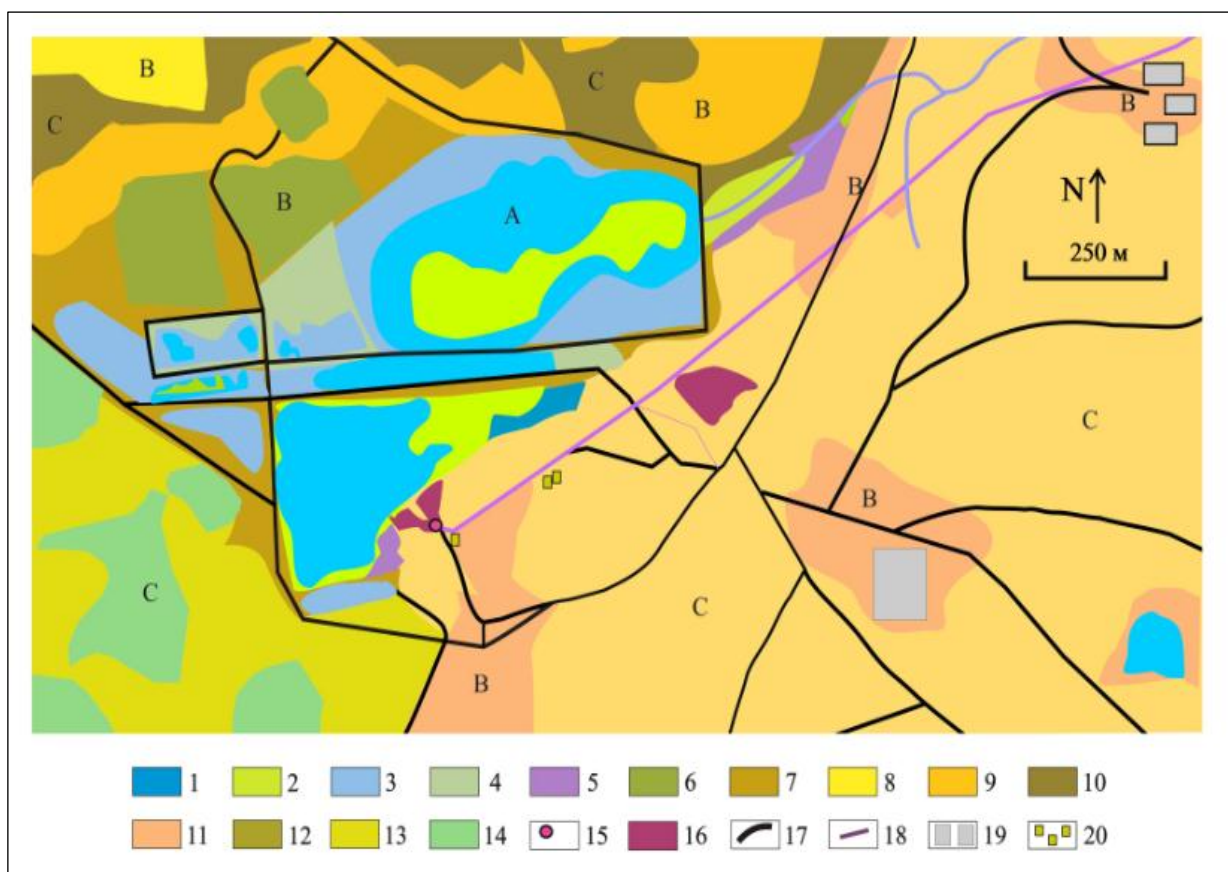


Рис. 3.21. Ландшафтная карта ареала скважины 11-Т МТВ Гунюшки

**Условные обозначения:**

**Природно-антропогенные комплексы с коренными изменениями рельефа и водного режима:** 1 – водоемы (урез воды по снимку мая 2021 года); 2 – заросли камыша; 3 – околородные поверхности с редкой пионерной растительностью, ареалы меняются в зависимости от обводненности; 4 – заброшенные водоемы, ранее искусственно наполняемые, ныне – с разреженным растительным покровом из осок и солянок на примитивных почвах с засолением; 5 – околородные террасовидные поверхности с близким залеганием грунтовых вод (подпитка из основного водоема) под злаково-попынно-осоковой растительностью на болотных почвах; 6 – заброшенные водоемы, ранее искусственно наполняемые, с полупустынно-степной попынной с примесью солянок растительностью на примитивных каштановых почвах.

**Природно-антропогенные комплексы переходного типа, характеризующиеся природно-антропогенной динамикой:** 7 – склоны и поверхности, сложенные глинистыми отложениями, с частичным изменением рельефа, тропинчатыми, под

степной полынной и злаково-полынной растительности на каштановых почвах; 8 – выположенная поверхность с фрагментами огородов и садов.

**Природно-антропогенные и природные комплексы преимущественно с природной динамикой:** 9 – склоны южной экспозиции, пологие, сложенные глинистыми породами и суглинками, эродированные, с полынно-злаковыми степями и полупустынно-степными комплексами на каштановых почвах сильно деградированные; 10 – склоны южной экспозиции, пологие, сложенные глинистыми породами и суглинками, с разнотравно-злаковыми с полынью степями на каштановых почвах, средне деградированные; 11 – выположенные поверхности, сложенные глинами и суглинками, с очагами эрозии, под злаково-сорнотравными с полынью степями на каштановых почвах, сильно деградированные; 12 – выположенные поверхности и пологие склоны, сложенные глинами и суглинками, под злаково-сорнотравными с полынью степями на каштановых почвах, средне деградированные; 13 – склоны северной и северо-восточной экспозиции, сложенные глинами и суглинками, эродированные, с сетью «козых» троп, под полынными степями, частично полупустынями, на каштановых почвах, сильно деградированные; 14 – склоны северной и северо-восточной экспозиции, сложенные глинами и суглинками, под полынными степями, частично кустарниковыми по понижениям, на каштановых почвах, средне деградированные.

**Техногенные комплексы:** 15 – скважина; 16 – ареал непосредственного теплового воздействия; 17 – дороги; 18 – водопровод от скважины; 19 – загоны для скота, 20 – кустарные ванночки бальнеологического назначения (ныне – заброшены).

При этом зеркало вод сильно зависит от осадков и в меньшей степени от выливания воды из скважины. Во временном аспекте (2015-2018 гг.) на космоснимках (рис. 3.22) наблюдается небольшие изменения площади водоема. Максимальное среднегодовое количество осадков в этом диапазоне, по данным сайта Росгидрометцентра, характерно для 2017 года, и на космоснимке отчетливо прослеживается увеличение площади водоема именно в этом году [65-66].

Поэтому ландшафт 3 все более увеличивается, а само зеркало вод (ландшафт 1) постоянно сокращается. Для сохранения водоемов необходимо, по-видимому, обеспечить некоторый уровень подпитки из скважины.

Второй уровень представлен заброшенными водоемами (4), ранее искусственно наполняемыми, с разреженным растительным покровом из осок и солянок на примитивных почвах с засолением. Наконец, третий уровень представлен заброшенными водоемами (6), куда искусственно подавалась вода. Ныне здесь образовалась полупустынно-степная полынная растительность на примитивных каштановых почвах. Пространство между водоемами сильно нарушено сетью троп, видны следы изменения рельефа.



Рис. 3.22. Вид исследуемой территории во временном разрезе (2015-2018 гг.)

Постепенно сукцессии привели к формированию степной полынной и злаково-полынной растительности на каштановых почвах (7). В прошлом веке для обслуживания свинофермы был основан поселок, который ныне полностью разрушен. На его месте сохранились фрагменты огородов и садовых деревьев (8).

Другой динамический ряд образуется под влиянием выпаса, чувствительность к которому изменяется в зависимости от крутизны и экспозиции склонов, удаленности от скотопрогонов и др. Наиболее нарушены склоны южной экспозиции, примыкающие к ареалам, вовлеченных в интенсивное использование (свиноферма). Здесь сложенные глинистыми породами и суглинками склоны подверглись эрозии, на склонах сформировался относительно разреженный почвенно-растительный покров с полынно-злаковыми степями и полупустынно-степными комплексами на каштановых почвах (9). Наименее деградированы природные комплексы склонов северной и северо-восточной экспозиции, сложенных глинами и суглинками, под полынными степями, частично кустарниковыми по



понижениям, на каштановых почвах. В случае снижения антропогенной нагрузки (бессистемного выпаса) эти природные комплексы способны восстановиться до лесостепей (что доказывает ситуация с некоторыми более высоко и далеко расположенными участками склонов северной экспозиции Сунженского хребта) [64].

### **3.4.1.3. Воздействие геотермальных вод скважины 11-Т Гунюшки на структуру и динамику ландшафтов**

Скважина 11-Т Гунюшки находится в эксплуатации с 70-ых гг. прошлого столетия. В результате аварии в стволе скважины на глубине 5-7 м (это основная масса воды в водоемах), а также разгерметизации устья скважины и пробоя на трубопроводе по естественному уклону рельефа вода стекает в углубления (рис. 3.23).



Рис. 3.23. Техногенный водоем

По мере заполнения первого водоема вода через трубы, проложенные под дорогами, течет в другие и далее через село (по мере наполнения водоемов у мечети) стекает в Алханчуртский канал (рис. 3.24) [64-66].

По показателю общей минерализации вода относится к слабоминерализованной, но все же при малейшем нарушении герметичности происходит выход оборудования из строя по причине коррозии (рис. 3.25).



Рис. 3.24. Миграция воды из скважины 11-Т Гунюшки



Рис. 3.25 Пробоины на трубопроводе (фото автора)

Издержки по содержанию и эксплуатации скважины, скважинного оборудования и трубопровода осуществляются за счет потребителей с. Побединское и частный сектор. Вся прискважинная территория захламлена мусором (по большей части синтетического происхождения) и различными приспособлениями для кустарничковых ванн, саун и т.д., стоки которых являются одним из источников загрязнения водоемов (рис. 3.26) [65].

В бытность Советского Союза воды МТВ Гунюшки использовались для нужд народного хозяйства. Часть техногенных водоемов на исследуемой

территории образовались на месте песчаных карьеров, откуда изымалось сырье для Побединского кирпичного завода.



Рис. 3.26. Состояние прискважинной территории (фото автора)

В самом производственном процессе основные потребности в воде закрывались тоже за счет ГВ (к качеству воды, используемой для производства кирпича, как известно, особых требований не предъявляется). Во время печально известных событий завод был полностью разрушен. В наши дни на его месте построен детский сад, который в скором времени начнет функционировать. Здесь также намечается использование ГВ для технических нужд [64].

В 60-ых годах XX столетия на северном отроге Сунженского хребта располагался крупный свиноводческий комплекс (совхоз-миллионер «Грозненский молочный»), на технические нужды которого также использовалась вода из скважин (обогрев, в водопитъевых целях для скота, санитарно-бытовые нужды и пр.). Для сточных вод был вырыт котлован (9-10), стоки из которых в конце 90-ых гг. попали в водоем, и дальше по рельефу в Алханчуртский канал. И со слов местных жителей пострадала вся фауна этих водоемов (погибли рыбы, черепахи и пр.).

На пути к селению к основной нитке водопровода присоединяются несколько врезок, которые подпитывают озера, расположенные у стойбищ скота. В более ранний период врезки использовались и для кустарных ванн в



бальнеологических целях, о чем свидетельствуют полуразрушенные постройки рядом с загонами для скота (19). Это останки бани, которая на основе ГВ функционировала здесь до 90-ых гг. прошлого столетия [64-66].

Помимо естественных природных факторов (давление, температура, инсоляция) для районов с изливающимися геотермальными скважинами в целом характерно тепловое загрязнение и изменение микроклимата, то есть формирование особых климатических условий, которые обуславливают специфичность животного и растительного сообществ на данной территории. Например, распыление воды в результате излива геотермальных скважин влияет на влажность воздуха и температуру и ведет к переувлажнению прилегающей территории, вплоть до заболачивания (рис. 3.27) [65].



Рис. 3.27. Заболоченные участки (фото автора)

Как было отмечено выше, длительное антропогенное воздействие привело к образованию новых природно-антропогенных и техногенных комплексов с коренными изменениями рельефа и водного режима. В целом антропогенное воздействие определяется как «сумма прямых и опосредованных (косвенных) влияний на окружающую среду» (Реймерс, 1990). Под прямым антропогенным влиянием находится участок с площадью

более 17 га (ландшафты 1-3), под косвенным (ландшафты 4-8) – участок с площадью более 40 га. На природно-антропогенные и природные комплексы с природной динамикой, состояние которых характеризуются как сильно– и среднедеградированные, приходится около 63 га (ландшафты 9-14). И таким образом, в результате наложения двух основных факторов (условия увлажнения и воздействия на почвенно-растительный покров) в общей сложности из сельскохозяйственного оборота изъято более 120 га плодородных земель [65].

### 3.4.2. Оценка влияния геотермальных вод месторождения Каргалинское на ландшафтную среду

В тектоническом отношении представляет собой участок пологой моноклинали, погружающейся в юго-западном направлении (рис. 3.28).

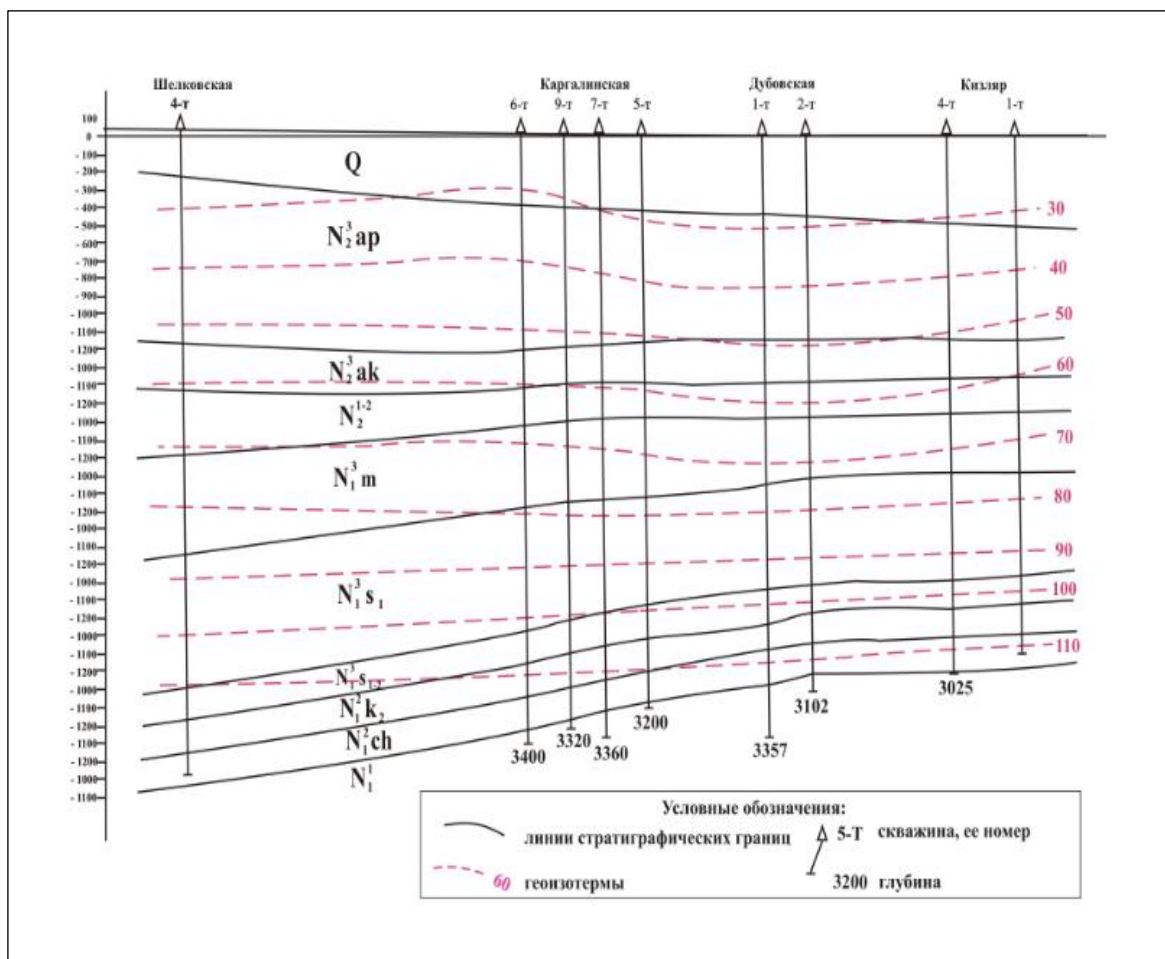


Рис. 3.28. Разрез Затеречная-Притеречная равнина

Глубина залегания водоносного горизонта (неогеновые песчаники) – 2940-3150 м, мощность – 24-38 м [62].

После прекращения работы и ликвидации скв. 2-Т на Дубовской площади в 2019 году произошел самоизлив ГВ из аварийной (недействующей) скважины 9-Т на Каргалинской площади. Обе скважины имеют забой в миоценовых отложениях. Можно предположить, что месторождения имеют гидродинамическую связь, так как каптируются из одних водоносных горизонтов.

### 3.4.2.1. Состояние ландшафтов на мезоуровне

Сама скважина и ареал ее воздействия расположены в долине р. Терек между Терским массивом и приречными террасами Терека (рис. 3.29).

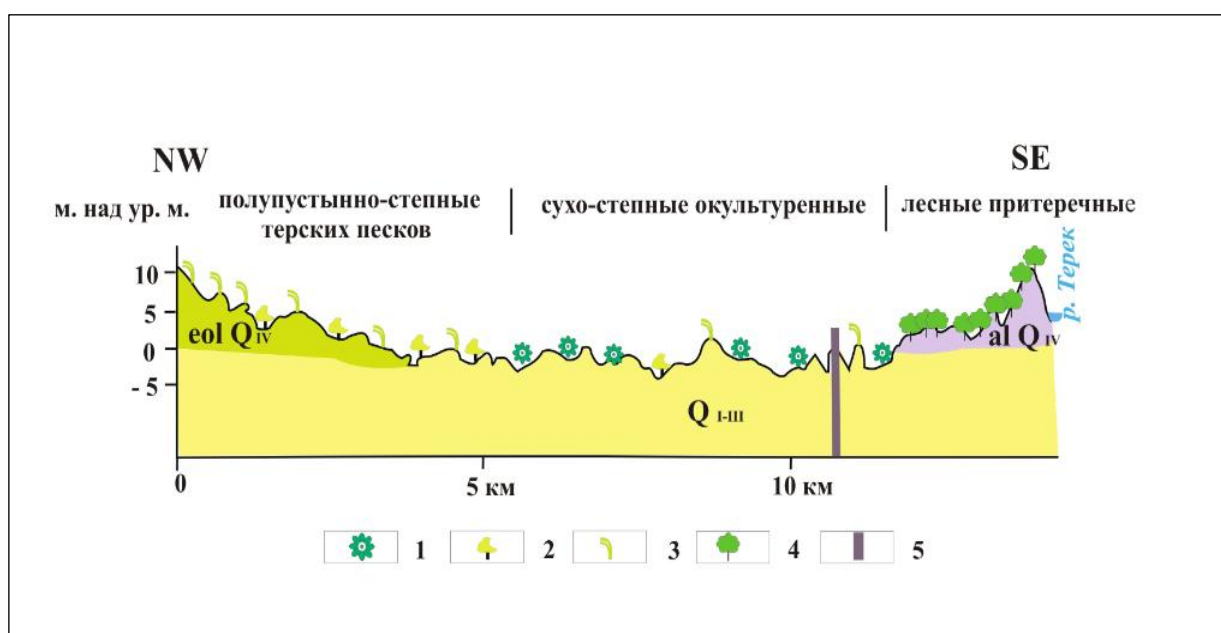


Рис. 3.29. Комплексный физико-географический профиль по линии Терские пески – Терек

**Условные обозначения:** 1 – сельскохозяйственные поля разной интенсивности (см. рис. 3.30); 2 – кустарники в гидроморфных понижениях (ива и др.); 3 – степное разнотравье; 4 – лесные заросли из тополя, дума, карагача, диких плодовых и др.; 5 – геотермальная скважина.

Высотные отметки скважины в самом высоком месте достигают 0 м над уровнем моря, а ближайшие понижения – 2-3 м ниже уровня моря. Как

видно из профиля, ареал воздействия приурочен к относительно низким отметкам. Глубина грунтовых вод в момент полевых исследований достигала около 2,5 метров над поверхностью земли (примерно около 5 метров ниже уровня моря). С севера на юг по профилю верхнечетвертичные отложения элювиальных терских песков сменяются преимущественно среднечетвертичными из песков, суглинков, глин, реже – песчаников. Рельеф территории грядово-бугристый, глубины понижений достигают несколько метров, определяя большие разнообразия в условиях увлажнения.

Северная часть профиля занята массивом Терских песков, которые в районе исследования относительно близко подходят к долине Терека и заняты полупустынными и полупустынно-степными ландшафтами. Они формируются в пределах Терско-Кумской низменности на высотах, не превышающих 100 м над уровнем моря [30, 71, 116]. Ландшафты Терских песков представлены бугристо-грядовыми песками с сочетанием природных комплексов песчаных гряд разной высоты и степени закрепленности растительностью и понижений между ними. Гряды преимущественно ориентированы с запада на восток, параллельно преобладающим ветрам. На них нередко отмечается дифференциация растительности по их вершинам и склонам разной экспозиции. Благодаря повышенной влагонасыщенности песков и разной глубине залегания водоносных горизонтов здесь типичны полынно-прутняково-тырсовые пустынные степи на светло-каштановых почвах. На закрепленных песках произрастают ковыли (*Stipa capillata*, *S. sareptana*), прутняк (*Kochia prostrate*), полыни (*Artemisia marscalliana*) и др., на слабозакрепленных песках - джужгун (*Calligonum aphyllum*), песчаный овес (кияк) (*Leymus racemosa*), полынь песчаная (*Artemisia arenaria*), овсяница Беккера (*Festuca beckeri*), молочай Сегиера (*Euphorbia seguieriana*) и др. На подвижных песках появляется астрагал (*Astragalus sp.*), донник (*Melilotus polonicus*). На склонах северной экспозиции отмечается боярышник (*Crataegus sp.*), местами каркас (*Celtis planchoniana*) высотой до 2,5 м. Понижения обычно лучше закреплены растительностью: тонконог

(*Koeleria gracialis*, *K. sabuletorum*), лен (*Linum perenne*), скабиоза (*Scabiosa ochroleuca*), молочай (*Euphorbia seguieriana*) и др., местами встречаются мхи, больше кустарников – тамарикс (*Tamarix gracilis*), терн (*Prunus stepposa*), в более влажных местах лох (*Elaeagnus angustifolia*) [71, 116]. Проективное покрытие в них увеличивается до 50% и более. Почвы – маломощные песчаные светло-каштановые и примитивные. В настоящее время наблюдается возобновление древесно-кустарниковых видов (песчаной акации, терна, боярышника). Все это свидетельствует о зарастании песков вследствие различных факторов, в первую очередь, снижения пастбищной нагрузки. Однако в местах выпаса скота, путей его прогона, вблизи кошей, обычно отсутствие растительности или наличие единичных видов растений.

На террасах Терека с более близким залеганием грунтовых вод развиты полупустынно-степные и сухостепные ландшафты, сильно трансформированные долговременной деятельностью человека. Повсеместно видны ирригационные формы рельефа (обводнение), сложенные аллювиальными суглинками под полынно-тамариковыми полупустынными степями на аллювиально-луговых, часто с засоленными горизонтами, почвах. В настоящее время наблюдается чередование полей и пастбищ, часто сильно стравленных, которые в прошлом были поливными землями виноградников и бахчевых культур.

Значительное снижение уровня аграрной освоенности и разрушение системы орошения привели к зарастанию бывших полей полынью, солянками, тамариксом, терном, многочисленными сорными видами (цикорий (*Cichorium intybus*), конский щавель (*Rumex confertus*) и др.). Вдоль русла каналов обычны заросли тростника на лугово-болотных почвах [30, 71, 161].

Ликвидация коллективной системы хозяйствования, выезд русского населения и последующее заселение населенных пунктов левобережья Терека выходцами с гор привели к существенному изменению культурного ландшафта. Большинство полей представляют ныне пастбища, лишь



отдельные участки возделываются под кормовые культуры, в том числе, бахчевые.

Ближе к Тереку окультуренные природные комплексы сменяются лесными на возвышенных надпойменных террасах Терека. Они представлены грядовыми и грядово-бугристыми, сложенными с поверхности аллювиальными песками, под дубово-тополиными с примесью акации и боярышника мелколесьями, с разреженным осоково-вейниковым травостоем, на примитивных аллювиальных песчаных почвах. Пойменные леса, в значительной степени уже нарушены, они состоят из дуба (*Quercus robur*), ивы (*Salix sp.*), осокоря (*Populus nigra*), яблони восточной (*Malus orientalis*), груши кавказской (*Pyrus caucasica*). Подлесок нередко образуют густые, часто непроходимые заросли боярышника (*Crataegus sp.*), крушины (*Frangula alnus*), бузины (*Sambucus nigra*), обвитые хмелем (*Humulus lupulus*) и диким виноградом (*Vitis vinifera*).

Как видно из профиля, ареал воздействия скважины затрагивает полупустынно-степной тип ландшафтов, который в значительной степени изменен долговременной деятельностью человека.

#### **3.4.2.2. Состояние ландшафтов на микроуровне**

Физико-географическую дифференциацию ландшафтов на локальном уровне демонстрирует карта-схема, составленная по материалам полевых исследований (рис. 3.30). Как видно из рисунка, ландшафтная структура значительно усложнилась вследствие влияния скважины 9-Т Каргалинская. Вместо больших полей наблюдается мозаичность распределения природно-антропогенных комплексов. Ареал влияния скважины содержит несколько гетерогенных природных и природно-антропогенных комплексов, находящихся в разной степени трансформации. Наиболее близки к природному состоянию природно-антропогенные и окультуренные ландшафты, занятые под поля с травостоем с выпасом по отаве. Ранее они представляли собой пашни. В природном отношении они представляют

собой грядово-бугристые, местами искусственно выположенные поверхности, сложенные супесчано-суглинистыми древнеаллювиальными отложениями под разнотравно-злаковыми поlynно-свинойными степями на аллювиально-луговых и каштановых, местами засоленных, почвах (3). Часть таких полей вовлечена в более интенсивное использование, крайним случаем является использование для выращивания грунтовых овощей с капельным орошением (1).

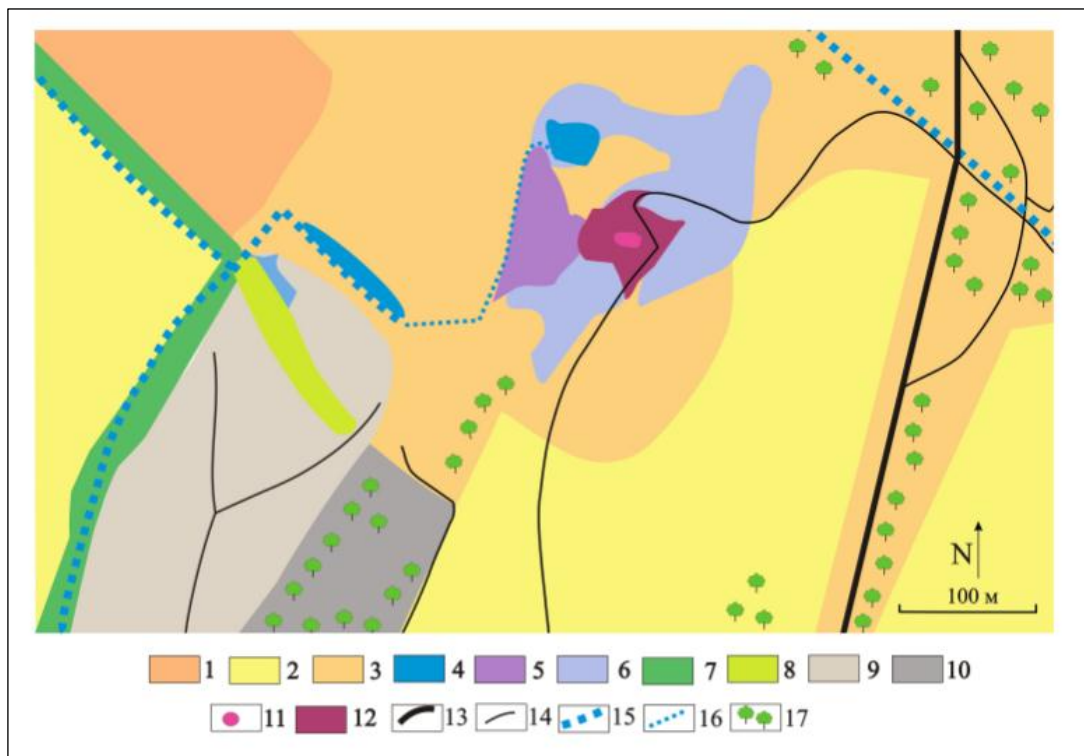


Рис. 3.30. Карта-схема ландшафтов и использования земель в ареале скважины 9-Т Каргалинская

**Условные обозначения:** 1 – выположенные (планация) поверхности полей с интенсивным использованием (овощи под пленкой с капельным орошением); 2 – выположенные (планация) поверхности полей с экстенсивным нерегулярным использованием (травосеяние плюс выпас), в прошлом – интенсивно используемые (в основном с поливом); 3 – грядово-бугристые, местами искусственно выположенные поверхности, сложенные супесчано-суглинистыми древнеаллювиальными отложениями под разнотравно-злаковыми засоренными (свиной) сухими степями на аллювиально-луговых и каштановых, местами засоленных, почвах под сеянными травами с выпасом, ранее – под пашенными культурами, в основном поливными; 4 – водоемы, образованные в результате сброса воды из геотермальной скважины; 5 – заболоченные участки с гидроморфной растительностью, образованные вследствие поднятия уровня грунтовых вод вблизи сброса вод из скважины; 6 – поверхности с повышенной увлажненностью с осоковой и

*другой гидроморфной растительностью; 7 – закустаренные с камышом и ежевикой канавы оросительно-дренажной сети; 8 – прибрежные к водоемам участки с камышовыми зарослями; 9 – ареалы приема и разравнивания строительного грунта (ранее – свалка бытового мусора; 10 – законсервированная свалка бытового мусора с пионерной растительностью и возобновлением лесо-кустарниковой растительности; 11 – очаг геотермальной скважины, лишенный растительности; 12 – примыкающий к очагу геотермальной скважины ареал с пионерной растительностью; 13 – магистральные дороги; 14 – полевые дороги; 15 – основные водные каналы; 16 – второстепенные каналы; 17 – участки лесовозобновления.*

Гидроморфный ряд природных комплексов представлен озерками воды с всесезонной положительной температурой около 20-30 °С (4).

Вблизи озерков развиваются природные комплексы с заболоченным почвенно-растительным покровом, здесь также температура водной компоненты слегка повышена (5). И третьим в гидроморфном ряду находятся участки с повышенной увлажненностью с осоковой и другой гидроморфной растительностью (6). В зависимости от сезона года площадь этих комплексов может колебаться, что связано с уровнем грунтовых вод. В весенний период, когда грунты характеризуются высокой водонасыщенностью, наблюдается максимальный разлив воды из скважины, поэтому эти природные комплексы достигают максимального размера. К гидроморфному ряду можно также отнести камышовые заросли в одном из озерков, где вода еще испытывает влияние скважины (8), а также заросли камыша и ежевики вдоль каналов дренажно-оросительной сети (9).

Сам очаг скважины представляет собой оголенную от растительности поверхность (11) площадью около 30 м<sup>2</sup>. К ней примыкает ареал, в котором встречаются куртины пионерной растительности, наблюдается значительная замусоренность.

Другим источником техногенного воздействия является свалка. Она имеет два ареала, один из которых представляет собой законсервированный участок, на который происходил вывоз бытового мусора. Этот природно-антропогенный комплекс начал зарастать травянистой и лесо-кустарниковой растительностью (10). Рядом расположен действующий полигон, на который

связят строительный грунт (9). По сути, два источника антропогенного воздействия, представленные скважиной и свалкой, смыкаются. Они нарушают природно-антропогенную структуру сельскохозяйственных угодий. Нарушения гидрологического режима, связанного с воздействием скважины, привело к прямым и косвенным влияниям на ландшафт. Наблюдается заустаривание и лесовозобновление, причиной чему также является и снижение интенсивности хозяйственного использования на данной местности.

### **3.4.2.3. Воздействие геотермальных вод скважины**

#### **9-Т Каргалинская на структуру и динамику ландшафтов**

Как было отмечено выше, длительное время скв. 9-Т Каргалинская находилась в режиме простоя, но в 2019 г. после герметизации скважины в районе ст. Бороздиновская стала фонтанировать (рис. 3.31).



2014 г.



2021 г.

Рис.3.31. Состояние скважины 9-Т Каргалинская за разные периоды (фото автора)

Потоки воды пробивали себе русло по уклону рельефа, глубина которого местами достигает приблизительно до 1-1,2 м.

Геотермальные воды выливаются в северо-западном направлении, образуя протоки и небольшие озерца (рис. 3.32). Если температура воды в

самой скважине близка к  $100^{\circ}\text{C}$ , то по мере удаления от нее она опускается, достигая в канаве, соединяющей с дренажно-оросительной сетью,  $27^{\circ}\text{C}$  (около 70 метров от скважины). Таким образом, налицо тепловое и водно-химическое влияние на вмещающий ландшафт.

До 90-х годов XX столетия геотермальный потенциал МТВ Каргалинское использовался для теплоснабжения и основными потребителями были предприятия АПК: винсовхоз «Алый Терский», коньячный завод в колхозе «Красный пахарь», совхоз «Каргалинский», Терский рыбзавод и др. Скважины работали в зимний отопительный период. За 1989 г. потребление термальной воды составило  $1052000\text{ м}^3$  [51].



Рис. 3.32. Миграция геотермальной воды из скважины 9-Т Каргалинская (фото автора)

По данным Северо-Кавказского управления по использованию глубинного тепла Земли на 1 октября 1992 года из 7 скважин МТВ Каргалинское к действующему фонду относились 4 скважины (5-Т, 6-Т, 7-Т, 8-Т), а 3 скважины (9-Т, 10-Т, 11-Т) были в консервации из-за высокой минерализации вод [51, 127].

Как было отмечено выше, длительное антропогенное воздействие привело к образованию новых природно-антропогенных и техногенных комплексов с коренными изменениями рельефа и водного режима. В зоне прямого и сильного воздействия находится участок с площадью более 0,35 га, под косвенным – участок с площадью более 12,5 га, прямого и

относительно слабого воздействия – 3 га. И таким образом, в результате наложения двух основных факторов (условия увлажнения и воздействия на почвенно-растительный покров) из сельскохозяйственного оборота изъято более 15 га плодородных земель [64].

### **3.5. Геохимическая оценка проб вод, почв и донных отложений**

Исследование и разработка геотермальных вод, контроль их качества при использовании в различных целях – актуальная проблема современной прикладной экологии. Термальные воды – это растворы с разной минерализацией, целенаправленное освоение или стихийный излив которых сопровождается воздействием на природную среду, и через среду обитания в конечном итоге может негативно отразиться на состоянии живых организмов, обитающих в зоне их воздействия.

С целью изучения состава и определения различных характеристик геотермальных вод, а также выработки рекомендаций по рациональному использованию имеющегося геотермального потенциала, проводились химические анализы воды.

Изучение химического состава вод проводилось методом опробования: пробы отбирались непосредственно из скважин и в точках стока воды из скважин через 100 и 200 метров от нее (скв. 11-Т Гунюшки) (по периметру влияния минеральных вод от самой скважины до места ее впадения в техногенные водоемы) (рис. 3.33).

На исследование отбирались почвы в зоне излива ГВ из скважины 11-Т Гунюшки вниз по рельефу (точки 2 и 3, непосредственное влияние минерализованной воды) и чуть выше по рельефу (точка 1 – фоновый режим) (рис. 3.34).





Рис.3.33. Отбор материала для анализа (вода, скв.11-Т Гунюшки, техногенные водоемы)



Рис. 3.34. Отбор материала для анализа (почвы, в районе скв.11-Т Гунюшки)

В районе максимального увлажнения (миграции воды) от скважины вниз по уклону рельефа также отбирались образцы донных отложений (рис. 3.35).



Рис. 3.35. Отбор материала для анализов (донные отложения, скв.11-Т Гунюшки)

Также проводились исследования грунтовой воды из котловины в районе скв. 9-Т Каргалинская, используемой для орошения сельхозугодий (рис. 3.36). Отбор всего материала производился с учетом требований ГОСТ. При этом составлялась карта-схема фактического материала с нанесением элементов орогидрографии и точек отбора проб.



Рис. 3.36. Котловина грунтовых вод, используемых для орошения (фото автора)



Непосредственно на месте определялись некоторые органолептические показатели воды: температура, привкус и др. (рис.3.37).

В районе скважин слегка ощутим запах сероводорода (у скв. 9-Т Каргалинская сильнее).

Формула Курлова для ТВ скв.11-Т Гунюшки выглядит следующим образом:

$$M_{1,47} \frac{HCO_3 46 SO_4 40 Cl 14}{(Na+K)98} \text{ рН } 7,83 \quad (1)$$

Вода относится к сульфатно-гидрокарбонатно-натриевому типу и является аналогом минеральных вод «Тюменская» и «Ташкентская» используемых для наружного и внутреннего применения на курортах и в бальнеолечебницах [64]. Температура воды на устье скважины составляет 72,4 °С (рис.3.36) [54, 65-66].



Скв. 11-Т Гунюшки



Скв. 9-Т Каргалинская

Рис. 3.37. Замер температуры на устье скважин (фото автора)

Формула Курлова для ТВ скв. 9-Т Каргалинская выглядит следующим образом:

$$M_{6,3} \frac{Cl_{72-85} HCO_{10-16}^3}{(Na+K)_{74-85} Ca_{9-17}} \text{ рН } 8,2 \quad (2)$$

Вода относится к хлоридному натриевому типу и аналогична широко известным минеральным водам «Обуховская», «Ангарская», «Нальчик»,

«Ростовская», а также минеральным водам месторождения Кулеви (Грузия), используемых в бальнеолечебницах [63, 67]. Температура воды на устье скважины составляет 99 °С.

Химико-аналитические исследования отобранных проб воды и почв проведены на базе ГБУ «Лаборатория экологического контроля» (Аттестат аккредитации № RA.RU.21ЧР01) и были определены следующие показатели: аммоний-ионы, хлорид-ионы, нитрит-ионы, нитрат-ионы, хром, общее железо, хлориды, сульфат-ионы, окисляемость перманганатная, сухой остаток, биохимического потребления кислорода (на основе анализа, проводимого в течение 5 суток), марганец, свинец, кадмий, цинк, рН, цветность, запах [9, 65-66]. Ниже приводится более детальная характеристика этих показателей и их содержание в исследуемых пробах (табл. 3.1-3.5, рис. 3.38- 3.51) [53, 63]. Результаты исследования свидетельствуют о том, что содержание всех исследуемых показателей незначительно или вообще не превышает значения ПДК (табл. 3.1-3.3, рис. 3.38-3.48) [53, 66].

Таблица 3.1 – Результаты химических анализов проб воды из скважины и техногенных водоемов (МТВ Гунюшки)

| Определяемые показатели, единицы измерения | Норматив качества (ПДК, ПДС, ПДВ)* | Результаты анализа ±Δ |             |             |               |
|--|------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|---------------|
|  |                                    | Точка 1               | Точка 2     | Точка 3     | Скважина 11-Г |
| Аммоний-ионы, мг/дм <sup>3</sup>           | 2                                  | 1,2 ± 0,3             | 4,8 ± 0,4   | 1,2 ± 0,3   | 1,8 ± 0,4     |
| Запах, балл                                | Не более 2                         | 0                     | 0           | 0           | 1             |
| Хром, мг/дм <sup>3</sup>                   | Отсутствует                        | –                     | –           | –           | –             |
| Нитрит-ионы, мг/дм <sup>3</sup>            | 3,3                                | 0,18 ± 0,03           | 0,16 ± 0,02 | 0,2 ± 0,04  | < 0,003       |
| Нитрат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>            | 45                                 | 0,72 ± 0,012          | 1,2 ± 0,2   | 1 ± 0,2     | < 0,1         |
| Общее железо, мг/дм <sup>3</sup>           | 0,3                                | 0,17 ± 0,04           | 0,14 ± 0,03 | 0,24 ± 0,05 | < 0,05        |
| Общая щелочность, мг/дм <sup>3</sup>       | –                                  | 16,5 ± 1,9            | 15,5 ± 1,9  | 19 ± 0,2    | 8,7 ± 1       |
| Водородный показатель, ед. рН              | 8,5                                | 8,8 ± 0,2             | 8,8 ± 0,8   | 8,8 ± 0,2   | 8,1 ± 0,2     |

|  |            |              |              |              |              |
|--|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>                              | 350        | 451,9 ± 0,2  | 425,4 ± 38,2 | 540,6 ± 48,6 | 265,8 ± 23,9 |
| Сульфат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>                         | 500        | 693 ± 103,9  | 659 ± 98,9   | 453 ± 67,9   | 210,6 ± 25,3 |
| Окисляемость перманганатная, мг/дм <sup>3</sup>          | Не более 5 | 2,5 ± 0,2    | 8,8 ± 0,8    | 8,4 ± 0,8    | 2,4 ± 0,2    |
| Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>                        | 1000       | 1350 ± 121,5 | 1495 ± 134,5 | 1643 ± 147,8 | 907,4 ± 81,6 |
| БПК <sub>5</sub> ** , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | Не более 4 | 3,9 ± 1      | 6 ± 1,5      | 4,2 ± 1,1    | –            |
| Свинец, мг/дм <sup>3</sup>                               | 0,03       | < 0,001      | < 0,001      | < 0,001      | –            |
| Кадмий, мг/дм <sup>3</sup>                               | 0,001      | < 0,0005     | < 0,0005     | < 0,0005     | –            |
| Цинк, мг/дм <sup>3</sup>                                 | 1          | < 0,01       | < 0,01       | < 0,01       | –            |

Примечание: \* ПДК – предельно допустимая концентрация вредных веществ; ПДС – предельно допустимый сброс вредных веществ; ПДВ – предельно допустимый выброс вредных веществ. \*\* БПК<sub>5</sub> – биохимическое потребление кислорода на основе анализа, проводимого в течение 5 суток.

Таблица 3.2 – Результаты химических анализов проб воды из скважины 9-Т Каргалинская

| Определяемые показатели, единицы измерения      | Норматив качества (ПДК, ПДС, ПДВ)* | Результаты анализа ±Δ           |                                |
|---|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|   |                                    | Скважина 9-Т (2021 г, сентябрь) | Скважина 9-Т (2021 г, октябрь) |
| Цветность, градус                               | 20                                 | 34                              | 43                             |
| Запах, балл                                     | не более 2                         | 2,0                             | 2,0                            |
| Нитрат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>                 | 45                                 | 0,11±0,01                       | 0,15                           |
| Общее железо, мг/дм <sup>3</sup>                | 0,3                                | < 0,5                           | 0,06                           |
| Общая щелочность, мг/дм <sup>3</sup>            | -                                  | 1,0 ± 0,1                       | 5,0                            |
| Водородный показатель, ед. рН                   | 8,5                                | 8,2                             | 8,1                            |
| Общая жесткость, мг-экв/л                       | 7,0                                | 9,9 ± 0,9                       | 11,0                           |
| Кальций, мг-экв/л                               | 200                                | 7,1                             | 8,5                            |
| Магний, мг-экв/л                                | 100                                | 2,8                             | 2,5                            |
| Мутность, мг/дм <sup>3</sup>                    | 1,5-2,0                            | 4,1±0,8                         | 1,5-2,0                        |
| Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>                     | 350                                | > 5000                          | 3527,2                         |
| Сульфат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>                | 500                                | 73,1±7,3                        | 92,2                           |
| Окисляемость перманганатная, мг/дм <sup>3</sup> | не более 5                         | 10,0±1,0                        | 8,4                            |
| Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>               | 1000                               | 7275 ± 654,7                    | 5800                           |
| Аммоний-ионы, мг/дм <sup>3</sup>                | 2                                  | -                               | 6,9                            |
| Нитрит-ионы, мг/дм <sup>3</sup>                 | 3,3                                | -                               | 0,031                          |
| Марганец, мг/дм <sup>3</sup>                    | 0,1                                | -                               | < 0,01                         |

Например, в воде из скважины 11-Т Гунюшки при ПДК=1,5 мг/дм<sup>3</sup> (согласно ПНД Ф 14.1:2.1-95) содержание аммоний-ионов незначительно выше (1,8 мг/дм<sup>3</sup>); содержание нитритов, нитратов, кадмия, свинца, цинка ничтожно мало; общее железо при ПДК 0,3 мг/дм<sup>3</sup> меньше 0,05 мг/дм<sup>3</sup>; водородный показатель 8,1 ед. рН; содержание хлоридов при нормативе качества 350 мг/дм<sup>3</sup> составляет 265,8 мг/дм<sup>3</sup>; сульфат-ионы при нормативе качества 500 мг/дм<sup>3</sup> равно 210,6 мг/дм<sup>3</sup>; перманганатная окисляемость при нормативе качества 5 мг/дм<sup>3</sup> составляет 2,4 мг/дм<sup>3</sup>; вода имеет слегка солоноватый привкус (сухой остаток 907,4 мг/дм<sup>3</sup>); БПК, общая щелочность чуть отклоняется от нормы. Цветность 21 градус при ПДК=20 [66].

В техногенном водоеме в точке 1 опробывания воды ПДК превышены в следующих показателях: хлориды – 451,9 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 350 мг/дм<sup>3</sup>), сульфат-ионы – 693,0 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 500 мг/дм<sup>3</sup>), сухой остаток – 1350 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 1000 мг/дм<sup>3</sup>), рН – 8,8 ед. рН (ПДК – 8,5 ед. рН).

Таблица 3.3 – Результаты химических анализов проб воды из котловины грунтовых вод (водоем рядом со скважиной 9-Т Каргалинская)

| Определяемые показатели,<br>единицы измерения | Норматив<br>качества<br>(ПДК, ПДС,<br>ПДВ)* | Результаты<br>анализа ±Δ |
|---|---|--------------------------|
| Цветность, градус                             | 20  | 52                       |
| Запах, балл                                   | не более 2                                  | -                        |
| Нитрат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>               | 45  | 1,1±0,2                  |
| Общее железо, мг/дм <sup>3</sup>              | 0,3   | 0,2±0,04                 |
| Общая щелочность, мг/дм <sup>3</sup>          | -   | 4,0±0,4                  |
| Водородный показатель, ед. рН                 | 8,5   | 7,7±,02                  |
| Общая жесткость, мг-экв/л                     | 7,0   | 8,0±0,8                  |
| Кальций, мг-экв/л                             | 200   | -                        |
| Магний, мг-экв/л                              | 100   | -                        |
| Мутность, мг/дм <sup>3</sup>                  | 1,5-2,0                                     | 2,1±0,4                  |
| Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>                   | 350   | 60,2±5,4                 |

|   |            |             |
|---|------------|-------------|
| Сульфат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>                | 500        | 177,2±26,6  |
| Окисляемость перманганатная, мг/дм <sup>3</sup> | не более 5 | 1,6±0,1     |
| Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>               | 1000       | 304,5±27,4  |
| Аммоний-ионы, мг/дм <sup>3</sup>                | 2          | 0,3±0,1     |
| Нитрит-ионы, мг/дм <sup>3</sup>                 | 3,3        | 0,031±0,007 |
| Марганец, мг/дм <sup>3</sup>                    | 0,1        | -           |

В точке 2 ПДК превышены в следующих показателях: аммоний-ионы 4,8 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 2,0 мг/дм<sup>3</sup>), хлориды – 425,4 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 350 мг/дм<sup>3</sup>), сульфат-ионы – 659,0 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 500 мг/дм<sup>3</sup>), сухой остаток – 1495 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 1000 мг/дм<sup>3</sup>), БПК<sub>5</sub> – 6,0 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (ПДК – не более 4,0 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), рН – 9,2 ед. рН (ПДК – 8,5 ед. рН).

В точке 3 ПДК превышены в следующих показателях: хлориды – 540,6 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 350 мг/дм<sup>3</sup>), сульфат-ионы – 453,0 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 500 мг/дм<sup>3</sup>), рН – 8,8 ед. рН (ПДК – 8,5 ед. рН), окисляемость перманганатная – 8,4 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – не более 5,0 мг/дм<sup>3</sup>), сухой остаток – 1643 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 1000 мг/дм<sup>3</sup>), незначительно БПК<sub>5</sub> – 4,2 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (ПДК – не более 4,0 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

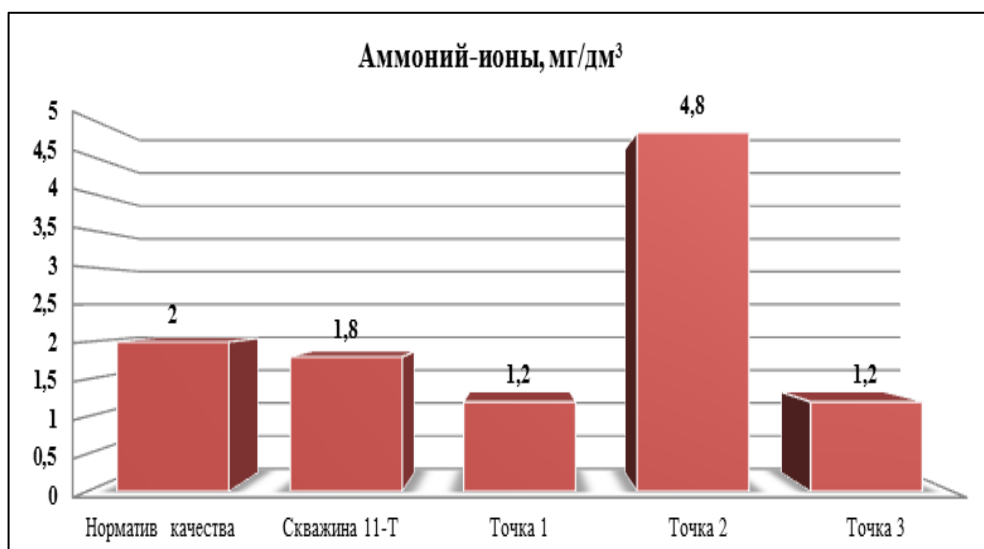


Рис. 3.38. Аммоний-ионы в пробах воды (скв.11-Т Гуноюшки и техногенные водоемы)

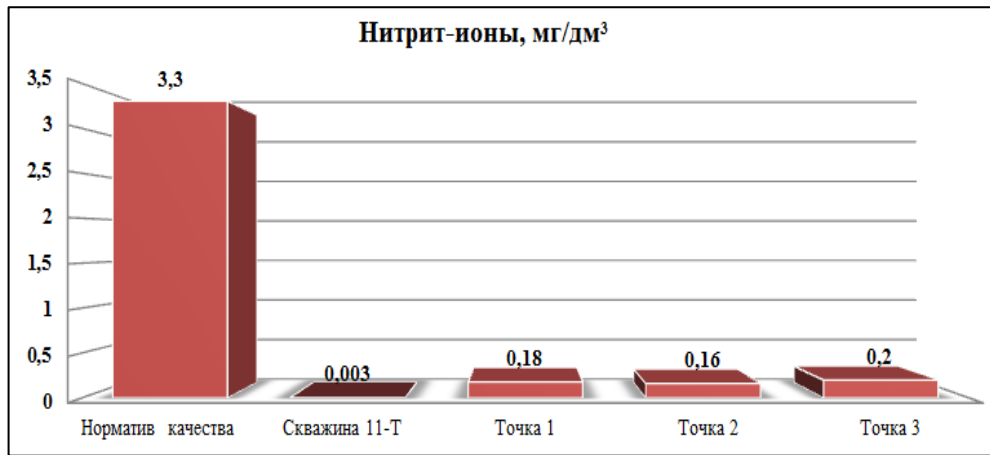


Рис. 3.39. Нитрит-ионы в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)

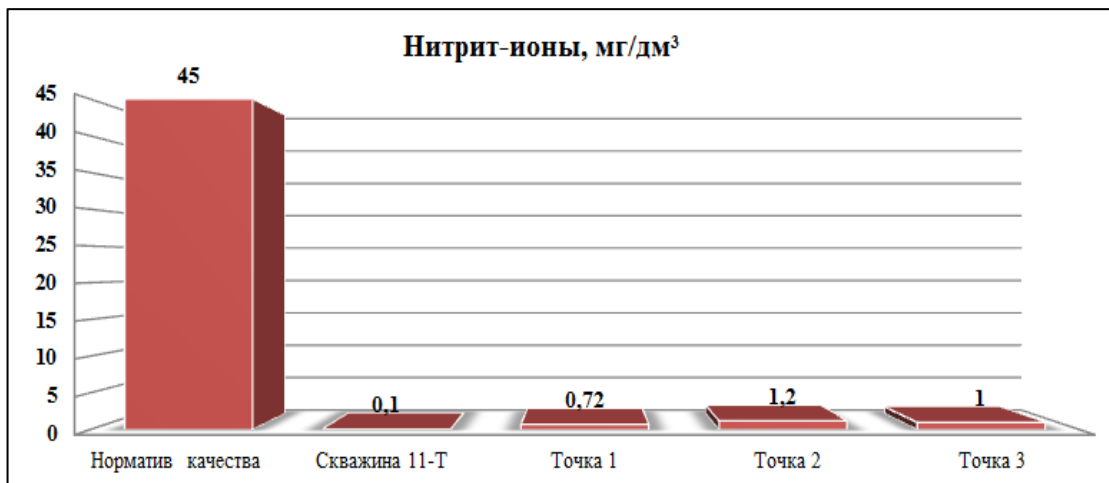


Рис. 3.40. Нитрат-ионы в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)

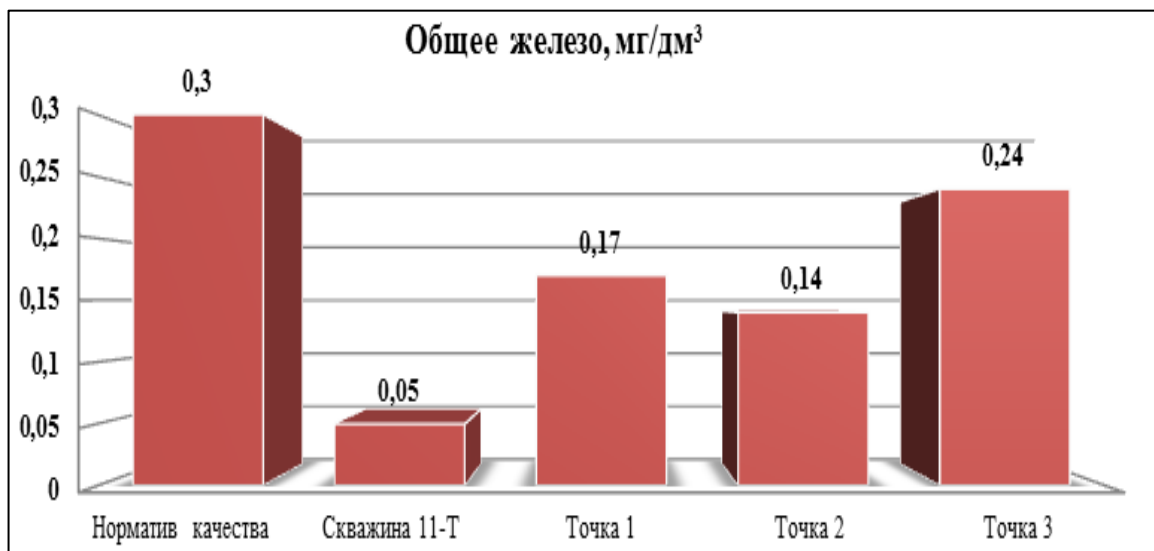


Рис. 3.41. Общее железо в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)

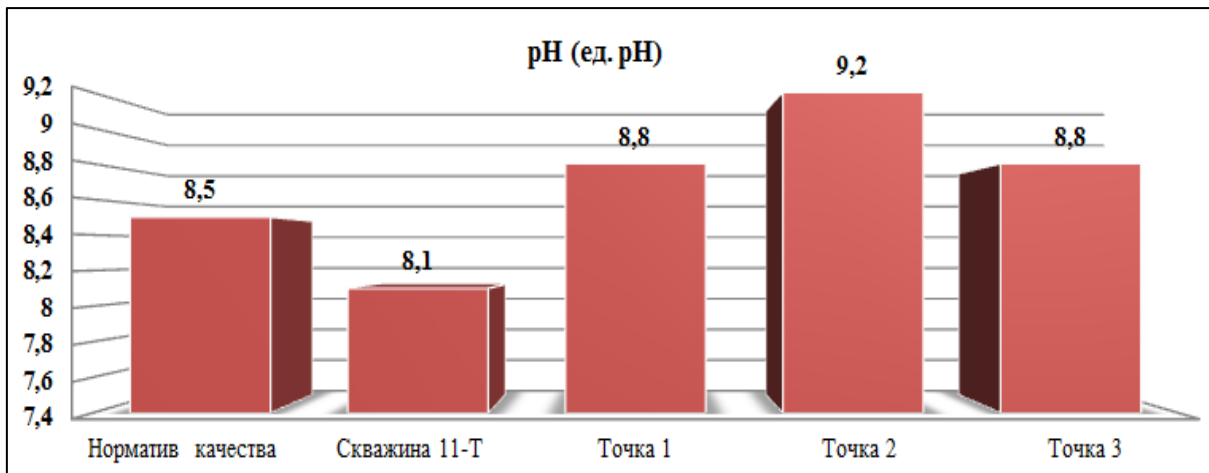


Рис. 3.42. Водородный показатель в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)

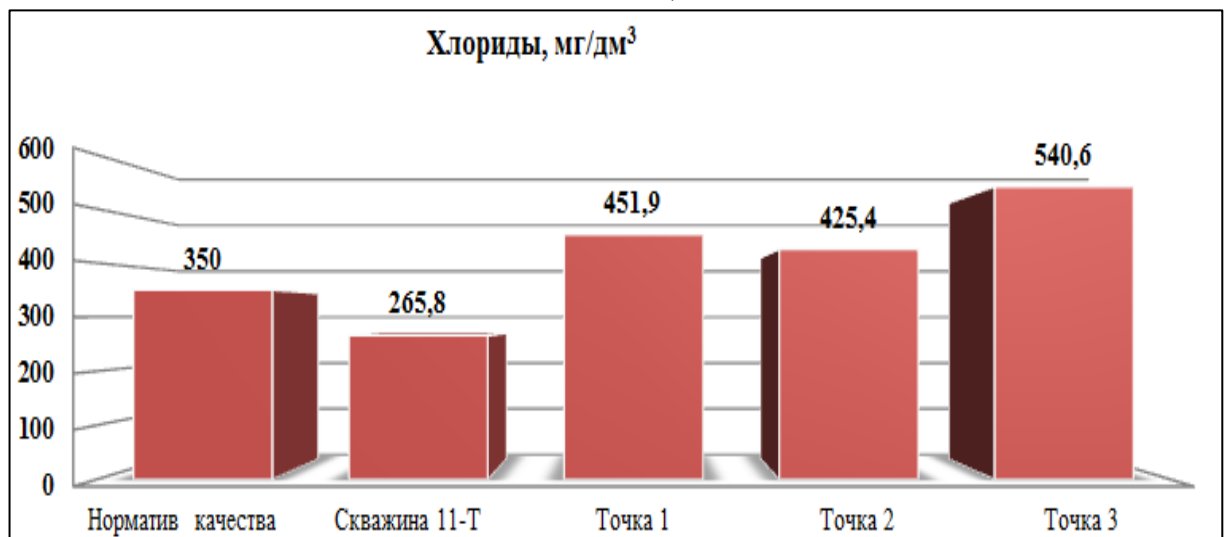


Рис. 3.43. Хлориды в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)

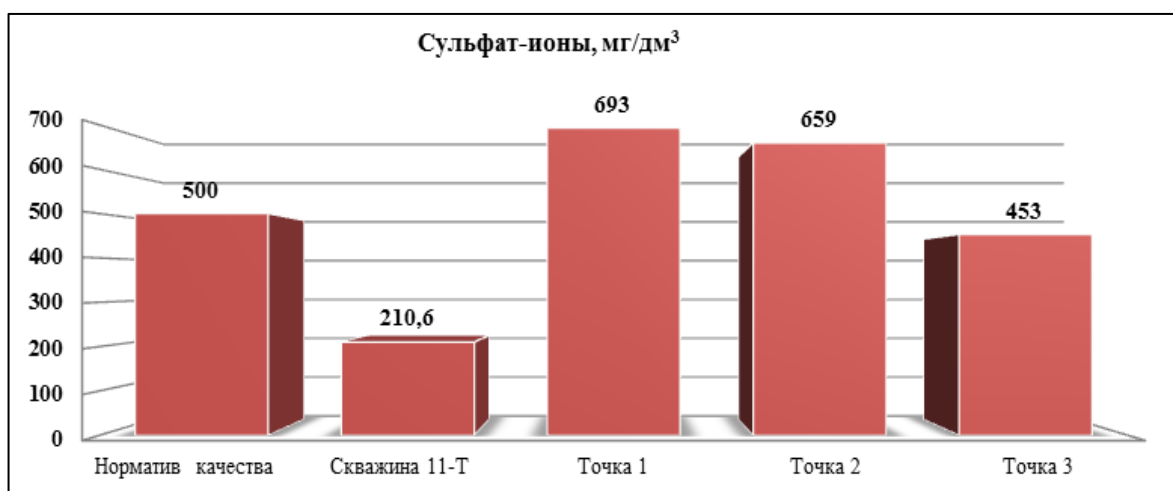


Рис. 3.44. Сульфат-ионы в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)

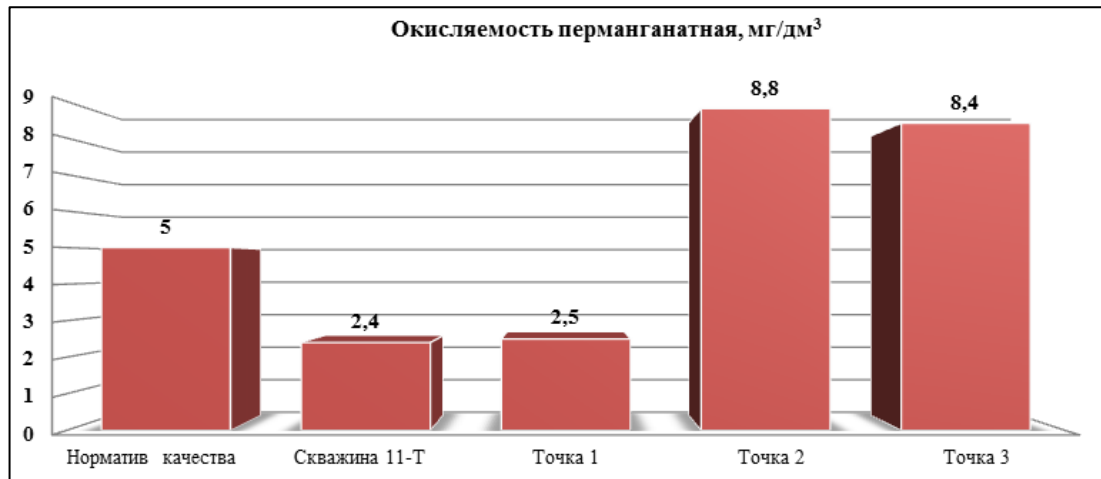


Рис. 3.45. Окисляемость перманганатная в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)

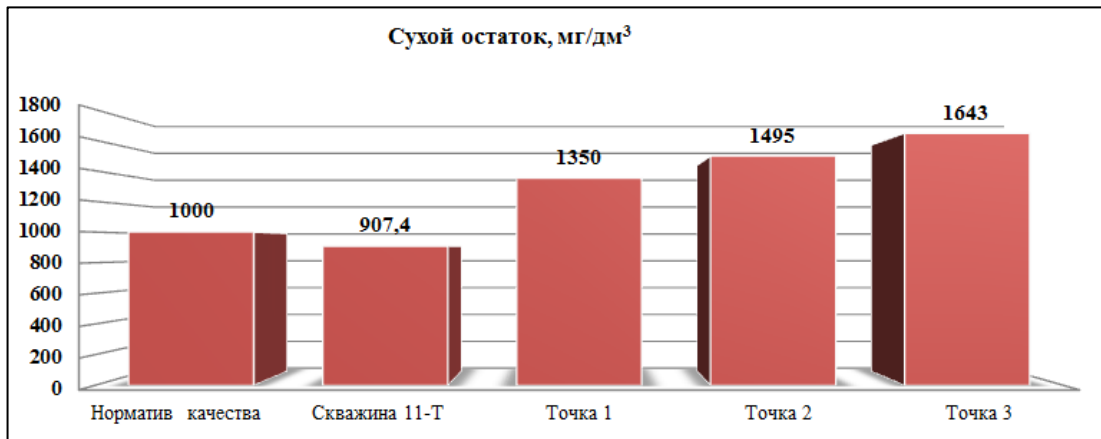


Рис. 3.46. Сухой остаток в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)

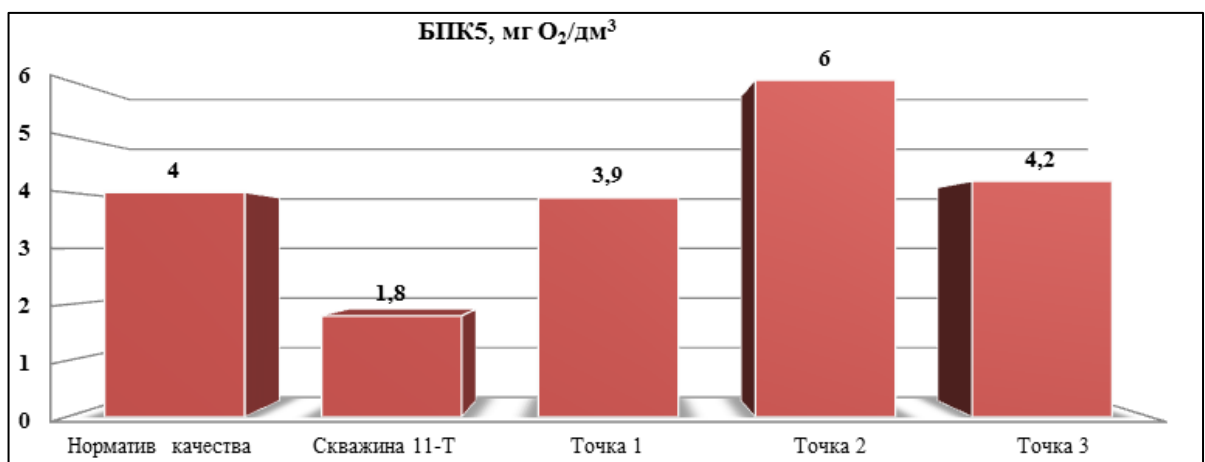


Рис. 3.47. Показатели БПК<sub>5</sub> в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)



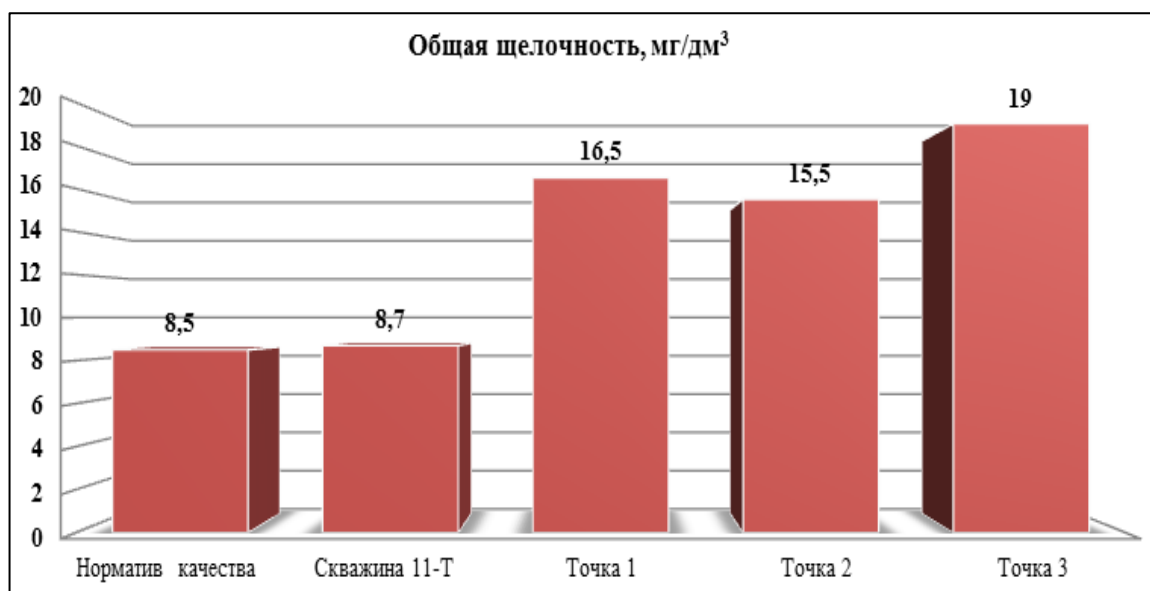


Рис.3.48. Показатели общей щелочности в пробах воды (скв.11-Т Гунюшки и техногенные водоемы)

Содержание аммоний-ионов в пробах воды из скв. 9-Т Каргалинская значительно превышает ПДК и равно  $6,9 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 3.49) [63]. Содержание нитрит-ионов составляет  $0,031 \text{ мг/дм}^3$ , нитрат-ионов –  $0,15 \text{ мг/дм}^3$ , общего железа –  $0,06 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 3.50), марганца – меньше  $5,5 \text{ мг/дм}^3$ , кальция – меньше  $0,01 \text{ мг/дм}^3$ , магния –  $2,5 \text{ мг-экв/л.}$ , интенсивность запаха составила 2 балла. В пределах нормы уровень рН ( $8,1 \text{ ед. рН}$ ), сульфат-ионов ( $92,2 \text{ мг/дм}^3$ ) (рис. 3.50). Содержание хлоридов в исследуемых пробах воды составляет  $3527,2 \text{ мг/дм}^3$ , т.е. 10-кратное превышение нормы (рис. 3.51). Перманганатная окисляемость в исследуемых пробах воды равна  $8,4 \text{ мг/дм}^3$ , т.е. окисляемость средняя. Значение сухого остатка в исследуемых пробах воды составляет  $5800 \text{ мг/дм}^3$ , идет 5-ти кратное превышение сухого остатка. Вода солоноватая. Показатель общей жесткости составляет  $11 \text{ мг-экв/л.}$ , т. е. вода более жесткая. Значение показателя цветности в пробах воды составляет 43 градуса, т.е. малая. Общая щёлочность составляет  $5,0 \text{ мг/дм}^3$  и исследуемая вода – слабокислая [63]. Но в целом полученные данные свидетельствуют о непригодности воды для использования в питьевых целях.

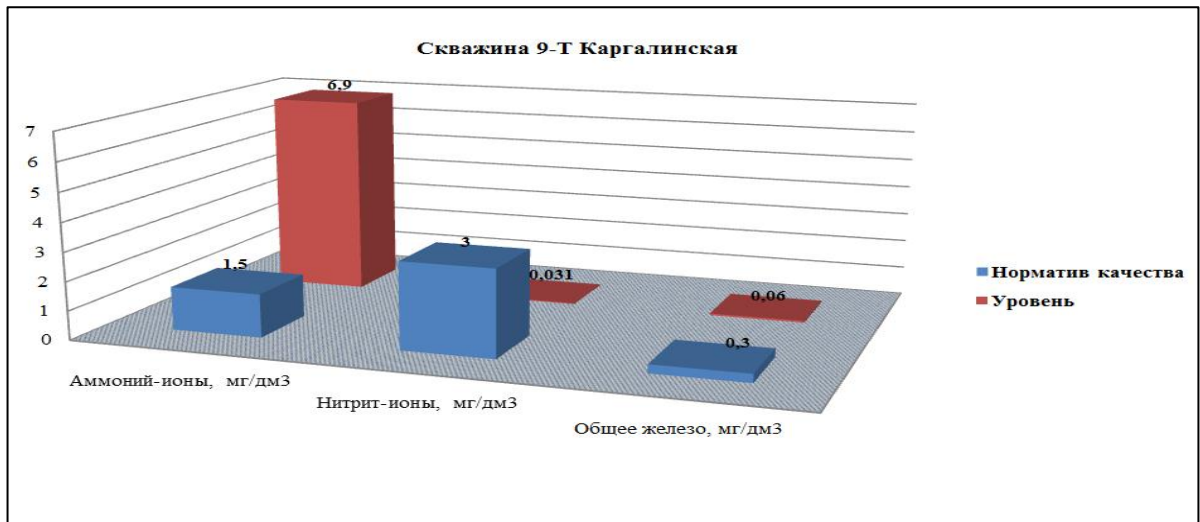


Рис. 3.49. Аммоний-ионы, нитрит-ионы, общее железо в пробах воды (скв. 9-Т Каргалинская)

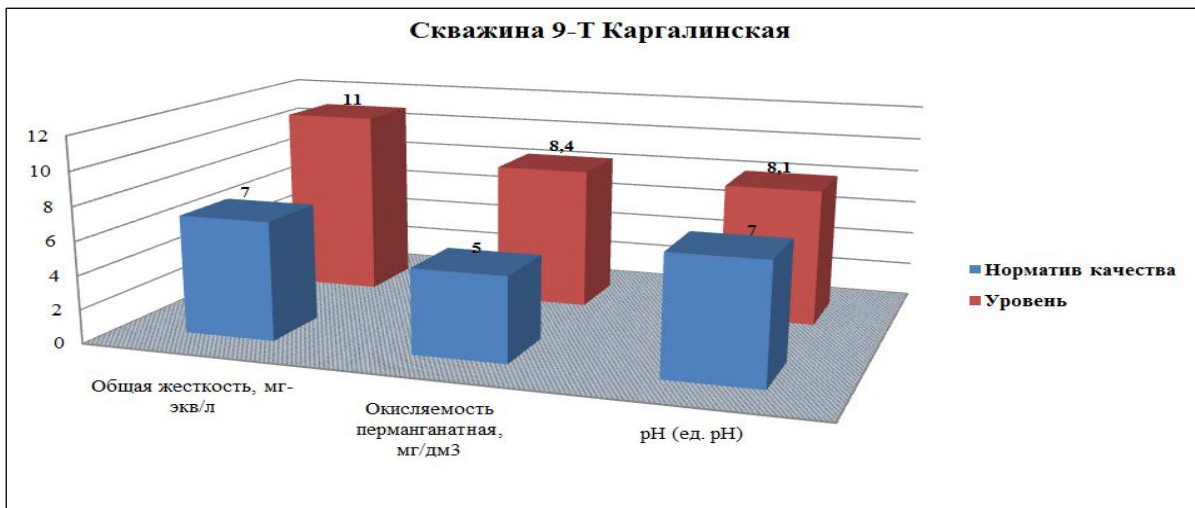


Рис. 3.50. Общая жесткость, окисляемость перманганатная, pH в пробах воды (скв. 9-Т Каргалинская)



Рис. 3.51. Сухой остаток, сульфат-ионы, хлориды в пробах воды (скв. 9-Т Каргалинская)

Анализ грунтовых вод из котловины (таб. 3.3) показал, что все исследуемые показатели в пределах допустимых ПДК, что свидетельствует о хорошем качестве воды. И грунтовые воды пока не подвержены влиянию изливающихся ТВ скв. 9-Т Каргалинская, но длительное просачивание воды из озерцов вокруг скважины в будущем может ухудшить эту картину.

Химический анализ почв и донных отложений показал, что содержание многих из исследуемых показателей не превышают значения ПДК (табл. 3.4-3.5) [63].

Таблица 3.4 – Результаты химических анализов проб верхнего слоя почв (0–20 см)  
(около скв. 11-Т Гунюшки)

| Определяемые показатели,<br>единицы измерения | Норматив<br>качества<br>(ПДК,<br>ПДС,<br>ПДВ)* | Результаты анализа $\pm\Delta$ |                   |                   |
|---|--|--------------------------------|-------------------|-------------------|
|   |  | Точка 1                        | Точка 2           | Точка 3           |
| Водородный показатель, ед.<br>рН              | –  | 9,7 $\pm$ 0,1                  | 8,9 $\pm$ 0,1     | 9,4 $\pm$ 0,1     |
| Органическое вещество, %                      | –  | 2,9 $\pm$ 0,58                 | 2,40 $\pm$ 0,48   | 0,80 $\pm$ 0,16   |
| Медь, мг/кг                                   | 132  | < 1                            | < 1               | < 1               |
| Цинк, мг/кг                                   | 220  | < 1                            | < 1               | < 1               |
| Свинец, мг/кг                                 | 130  | < 0,5                          | < 0,5             | < 0,5             |
| Кадмий, мг/кг                                 | 2  | < 0,1                          | < 0,1             | < 0,1             |
| Мышьяк, мг/кг                                 | 10   | < 0,1                          | 0,317 $\pm$ 0,127 | < 0,1             |
| Ртуть, мг/кг                                  | 2,1  | 0,194 $\pm$ 0,097              | 0,342 $\pm$ 0,171 | 0,275 $\pm$ 0,171 |
| Никель, мг/кг                                 | 80   | < 0,5                          | < 0,5             | < 0,5             |
| Кобальт, мг/кг                                | 5–10   | < 0,5                          | < 0,5             | < 0,5             |
| Нефтепродукты, мг/кг                          | 100–500  | 201,5 $\pm$ 50,4               | < 50              | < 50              |

Таблица 3.5 – Результаты химических анализов донных отложений  
(около скв. 11-Т Гунюшки)

| Определяемые<br>показатели,<br>единицы<br>измерения | Норматив<br>качества<br>(ПДК, ПДС,<br>ПДВ)* | Результаты анализа $\pm\Delta$ |         |         |         |
|---|---|--------------------------------|---------|---------|---------|
|   |   | Точка 1                        | Точка 2 | Точка 3 | Точка 4 |
| Медь, мг/кг   | 132,0                                       | < 1,0                          | < 1,0   | < 1,0   | < 1,0   |
| Цинк, мг/кг   | 220,0                                       | < 1,0                          | < 1,0   | < 1,0   | < 1,0   |
| Свинец, мг/кг                                       | 130,0                                       | < 0,5                          | < 0,5   | < 0,5   | < 0,5   |
| Кадмий, мг/кг                                       | 2,1   | < 0,1                          | < 0,1   | < 0,1   | < 0,1   |

|                      |         |               |               |               |               |
|----------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Мышьяк, мг/кг        | 10,0    | 0,325 ± 0,130 | 0,288 ± 0,115 | 0,264±0,106   | < 0,1         |
| Ртуть, мг/кг         | 2,1     | < 0,1         | 0,317 ± 0,158 | 0,292 ± 0,146 | 0,237 ± 0,118 |
| Никель, мг/кг        | 80,0    | < 0,5         | < 0,5         | < 0,5         | < 0,5         |
| Кобальт, мг/кг       | 5–10    | < 0,5         | < 0,5         | < 0,5         | < 0,5         |
| Нефтепродукты, мг/кг | 100–500 | 148,8 ± 37,2  | 61,8 ± 15,4   | 91,5± 22,9    | 58,1 ± 14,5   |

Почвы характеризуются сильнощелочной реакцией, значения водородного показателя изменяются в пределах 8,9-9,7. Такие почвы в основном имеют низкое плодородие, неблагоприятные физические свойства, химический состав и т.д., в них растет подвижность катионообразующих металлов (цинк, медь, свинец и др.). Содержание органических веществ также незначительно и находится в диапазоне 0,8-2,9 % от массы [63].

Таким образом, химико-аналитические исследования отобранных материалов выявили следующее:

- Сравнительный анализ данных по скважинам 11-Т Гунюшки и 9-Т Каргалинская показывает, что основные исследуемые показатели являются близкими по абсолютной величине. Некоторые отличия показателей обусловлены приуроченностью скважин к различным горно-геологическим условиям: глубина, литология, стратиграфия, тектоника, физико-химические свойства термальных вод и т.д.
- Показатели качества воды, почв и донных отложений находятся в пределах и ниже допустимых величин ПДК, ПДС, ПДВ.
- При этом превышение показателей по отдельным данным не может не сказаться отрицательно на экологическую обстановку в районе исследований.
- В отобранных пробах по всем объектам содержание наиболее вредных компонентов (ртуть, мышьяк, свинец, нефтепродукты, хром) находятся в основном в пределах нормативов качества (ПДК, ПДС, ПДВ) и они не могут оказывать негативного воздействия на окружающую среду.

— Однако, несмотря на низкие показатели ПДК, ПДС, ПДВ, длительный период излива термальных вод по указанным объектам исследования может привести к отрицательному воздействию на почвы и выводу значительных площадей земель из сельскохозяйственного оборота.

Таким образом, к настоящему времени на территории ЧР разведано 14 МТВ, самым перспективным из которых является Ханкальское. Крупными по запасам ТВ являются месторождения Ханкальское, Новогрозненское (Восточно-Гудермесское), Червленское, Каргалинское. Имеющиеся запасы числятся на государственном балансе. К началу 90-ых гг. годовая добыча составила 8,8 млн.<sup>3</sup>, из них 96 % всего потребления шло на сельское и коммунальное хозяйства, остальная часть – на бальнеологию и розлив. При этом эксплуатация велась с нарушениями горно-геологических и санитарно-экологических норм [53, 62, 171].

Фонд скважин на теплоэнергетические воды на балансе СКУИГТЗ (на 1 октября 1999 г.) составлял 83 единицы (Приложение В) [67, 120, 127]. Состояние многих скважин находится в критическом состоянии и представляют потенциальную угрозу для ОС. На сегодняшний день только на Ханкальском МТВ проводятся мероприятия по ППД, все скважины загерметизированы и реанимированы. Тепловой потенциал оставшихся месторождений стихийно используется местным населением без соблюдения каких-либо мер по защите окружающей среды (Приложение Д).

### **3.6. Геоботаническое профилирование на ключевых участках**

С целью исследования флоры в зоне излива геотермальных вод из скважин 11-Т Гунюшки и 9-Т Каргалинская в начале осени 2020-2022 гг. (конец периода вегетации) велись флористические наблюдения. Маршруты были проложены с учетом рельефа и уровня воздействия изливающейся воды на ландшафты. Для сравнительного анализа на каждой из исследуемых территорий закладывались по два профиля: первый профиль непосредственно в зоне воздействия изливающейся воды, и второй –

контрольный (рис. 3.52-3.53). Геоботанические исследования проводились с выделением основных фитоценозов, в отдельных точках которых закладывались трансекты (1 м<sup>2</sup>) и определялись доминирующие ассоциации, количество доминантов, общее проективное покрытие (табл. 3.6) [65].

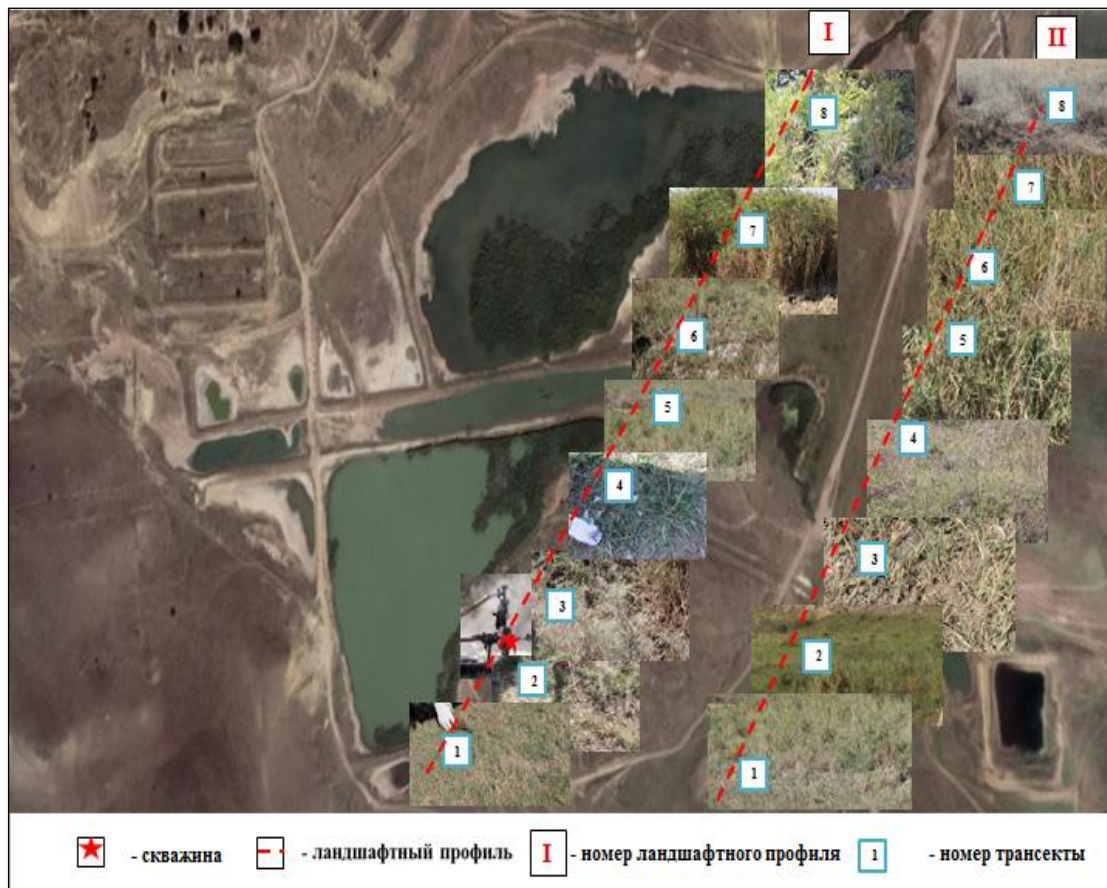


Рис. 3.52. Карта-схема полевых исследований (ареал воздействия скв. 11-Т Гунюшки)

На первый взгляд в зоне воздействия геотермальных вод скв. 11-Т Гунюшки и 9-Т Каргалинская визуально уже прослеживается изменение видового состава растений. Например, чуть западнее скважины 11-Т Гунюшки (абсолютная отметка рельефа отличается всего лишь на 2 м) присутствуют ковыль, типчак, тонконог, то непосредственно в зоне влияния ГВ с увеличением гидроморфности почв появляются устойчивые к теплу и влаге виды (рогоз, осока, стрелолист и др.), то есть снижаются доли гликофитов с увеличением доли гидрофитов [64-65].

В целом вся флора Сунженского хребта представлена более чем 260 видами цветковых растений, относящимися к 157 родам и 43 семействам [161], а



флора Терско-Кумской низменности (на примере окрестности урочища Киссык) представлена 270 видами, относящихся к 150 родам и 53 семействам [116]. На профиле I (скв. 11-Т Гунюшки) флора представлена 17 видами

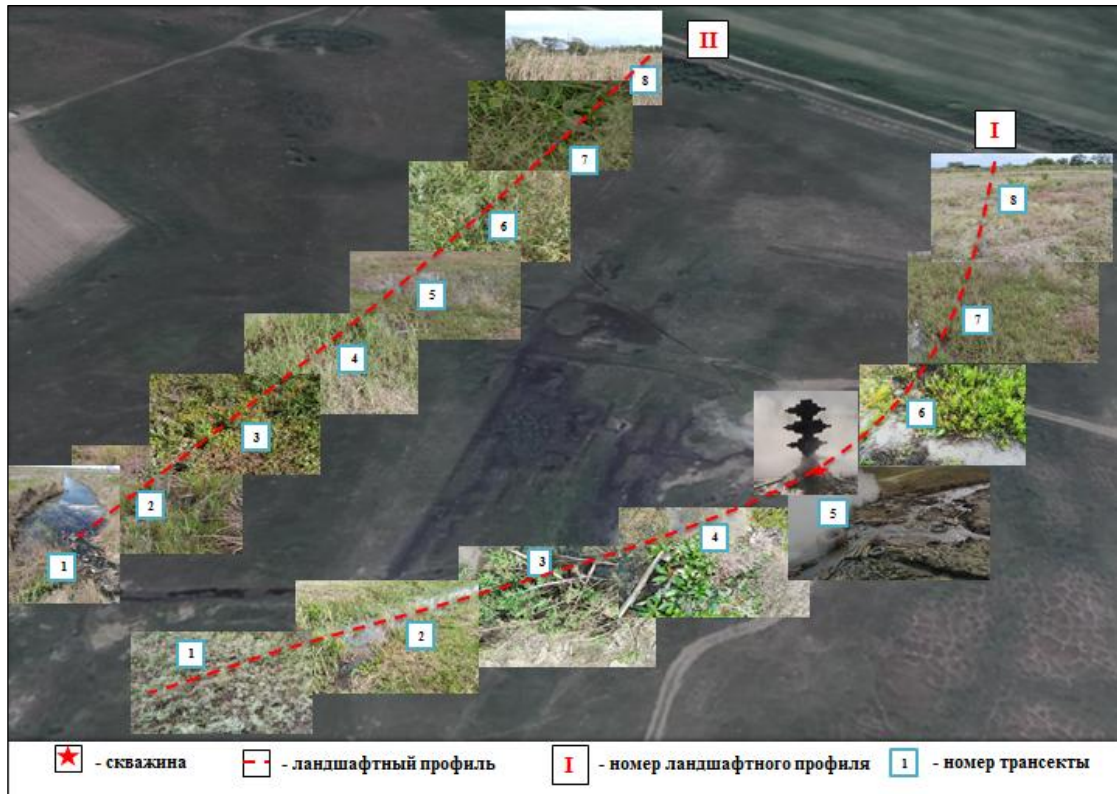


Рис. 3.53. Карта-схема полевых исследований (ареал воздействия скв. 9-Т Каргалинская)

Таблица 3.6 – Геоботанические описания трансект

|                            | Профиль | Параметр                | Номер трансекты |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------|---------|-------------------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|
|                            |         |                         | 1               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| Скважина 11-Т Гунюшки      | I       | Проективное покрытие, % | 15              | 5  | 30 | 40 | 55 | 30 | 80 | 50 |
|                            |         | Количество видов        | 1               | 2  | 3  | 3  | 4  | 2  | 1  | 2  |
|                            | II      | Проективное покрытие, % | 60              | 60 | 55 | 30 | 60 | 70 | 60 | 50 |
|                            |         | Количество видов        | 4               | 4  | 2  | 2  | 5  | 4  | 4  | 3  |
| Скважина 11-Т Каргалинская | I       | Проективное покрытие, % | 30              | 40 | 30 | 30 | 0  | 10 | 30 | 20 |
|                            |         | Количество видов        | 2               | 2  | 2  | 1  | 0  | 1  | 2  | 2  |
|                            | II      | Проективное покрытие, % | 40              | 40 | 50 | 50 | 30 | 40 | 60 | 70 |
|                            |         | Количество видов        | 2               | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 3  | 3  |

растений, относящимися к 14 родам и 11 семействам, на контрольном профиле II видового разнообразия чуть больше: здесь имеется 26 видов растений, относящихся к 18 родам и 12 семействам. Похожая ситуация складывается и в районе скв. 9-Т Каргалинская: на профиле I флора представлена 12 видами растений, относящимися к 10 родам и 6 семействам, на контрольном профиле II видового разнообразия чуть больше: здесь имеется 20 видов растений, относящихся к 13 родам и 8 семействам [65].

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что по профилю I на трансектах ближе к водоему и скважине (№ 1-2, 4, 6) снижаются показатели проективного покрытия, видового состава, флористического сходства с фоновыми сообществами, тогда как на контрольном профиле II угнетение растительности наблюдается на трансектах, которые близко подходят к продуктопроводу (с повышением температуры увеличивается испарение), к озерам и дорогам. И, таким образом, можно утверждать о тепловом воздействии данных скважин на природную среду [65].

Отсутствие древесного подроста, кустарничков, характерных для природной зоны степей и лесостепей, привело к изменению комплекса абиотических факторов (влажность воздуха, температура, освещенность). Это сопровождается формированием заболоченного сообщества с высокой плотностью проективного покрытия (до 80 %) и доминированием одного вида (тростник обыкновенный *Phragmites australis* Cav.), который одновременно является и гидрофитом, и галофитом. Кроме него на заболоченных участках встречаются заросли камыша (камыш лесной *Scirpus sylvaticus* L.), которые выдерживают сильное увлажнение, высокие температуры, засоление почв [65].

Также с помощью ресурса Google Earth Engine (вычислительная платформа, позволяющая выполнение геопространственного анализа инфраструктуры Google) [6] нами была выявлена временная динамика площадных нарушений. Дешифрирование космоснимков за период 2017-2022 гг. показало признаки значительного угнетения растительных



сообществ и увеличение площади деградируемых земель на исследуемых территориях (рис. 3.54-3.55).

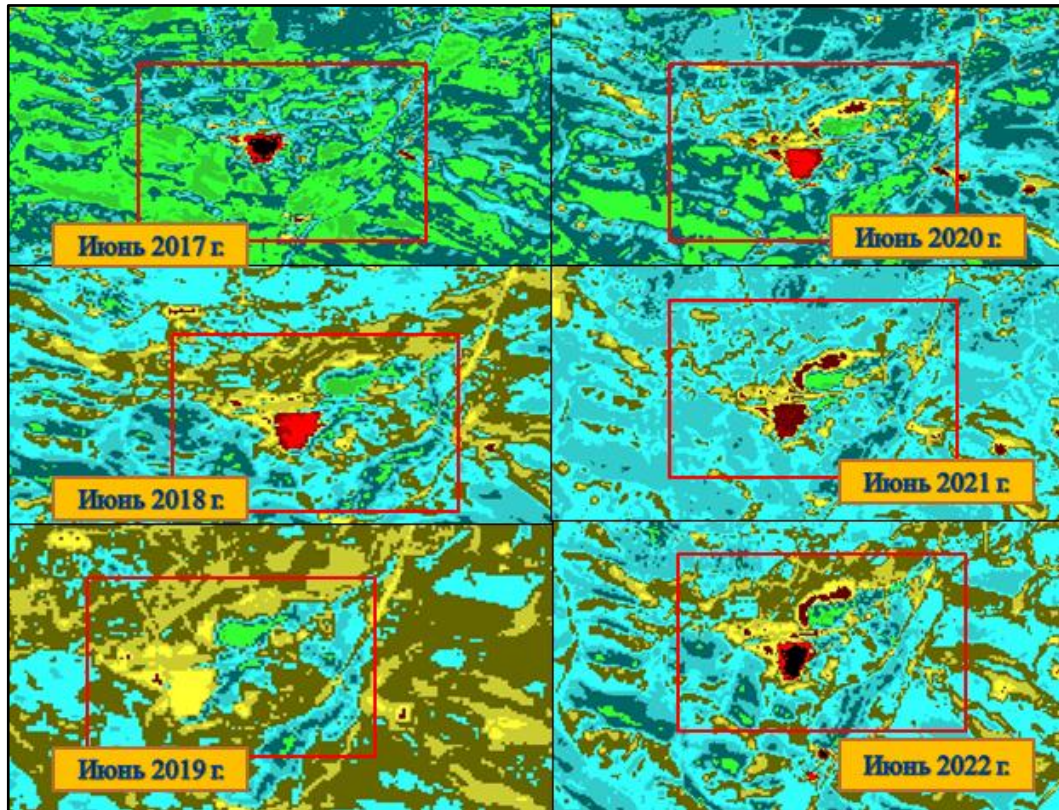


Рис. 3.54. Временная динамика площадных нарушений (ареал воздействия скв. 11-Т Гунюшки) (2017-2022 гг.).

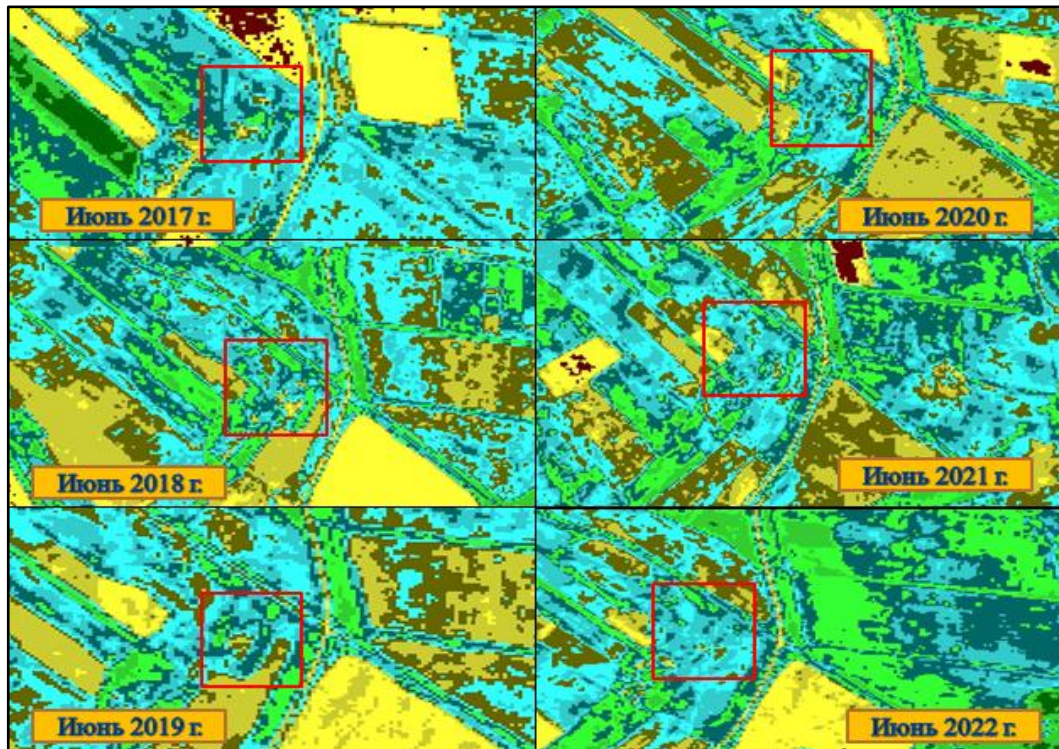


Рис. 3.55. Временная динамика площадных нарушений (ареал воздействия скв. 9-Т Каргалинская) (2017-2022 гг.).

Возможно, это также связано и с усилением сельскохозяйственного использования земель (появление МТФ, увеличение поголовье скота и посевных площадей), с одной стороны, и сезонной динамикой выпадения осадков, с другой. В зоне максимального воздействия изливающихся вод (непосредственно близко к скважинам и техногенным водоемам) прослеживается существенная трансформация естественных растительных сообществ, вплоть до их полного исчезновения [65].

### **3.7. Геоэкологическое зонирование ареалов воздействия изливающихся геотермальных вод**

Как отмечалось выше, в целом динамический ряд от природных к техногенным комплексам формируется под влиянием как условий увлажнения, так и сменой в использовании земель и ее интенсивности. Условия увлажнения меняются в зависимости от нахождения и перераспределения воды из скважин.

На основе интерпретации ландшафтных карт и других материалов (орографии рельефа, геологического строения, состояния почвенного покрова, биоты и др.) составлены карта-схемы геоэкологического зонирования исследуемой территории, отражающие экологическое состояние каждой из зон сквозь призму современных факторов антропогенного воздействия на природную среду [65]. На них выделены три совокупных ареала техногенного воздействия: А – сильное, прямое, В – косвенное сильное, С – косвенное слабое (рис. 3.56-3.57).

Зона А представляет собой ареал, где непосредственно изливается горячая и минерализованная вода. Здесь природные комплексы полностью уничтожены, вместо них формируются техногенные комплексы с особым режимом тепла и влаги. Зона В испытывает непосредственное тепловое и гидрохимическое влияние, здесь наблюдается мозаичное распределение растительных группировок и почв. Зона С испытывает косвенное влияние вследствие трансформации всей системы землепользования: одни поля перестали существовать вследствие близости к скважине, другие – потеряли



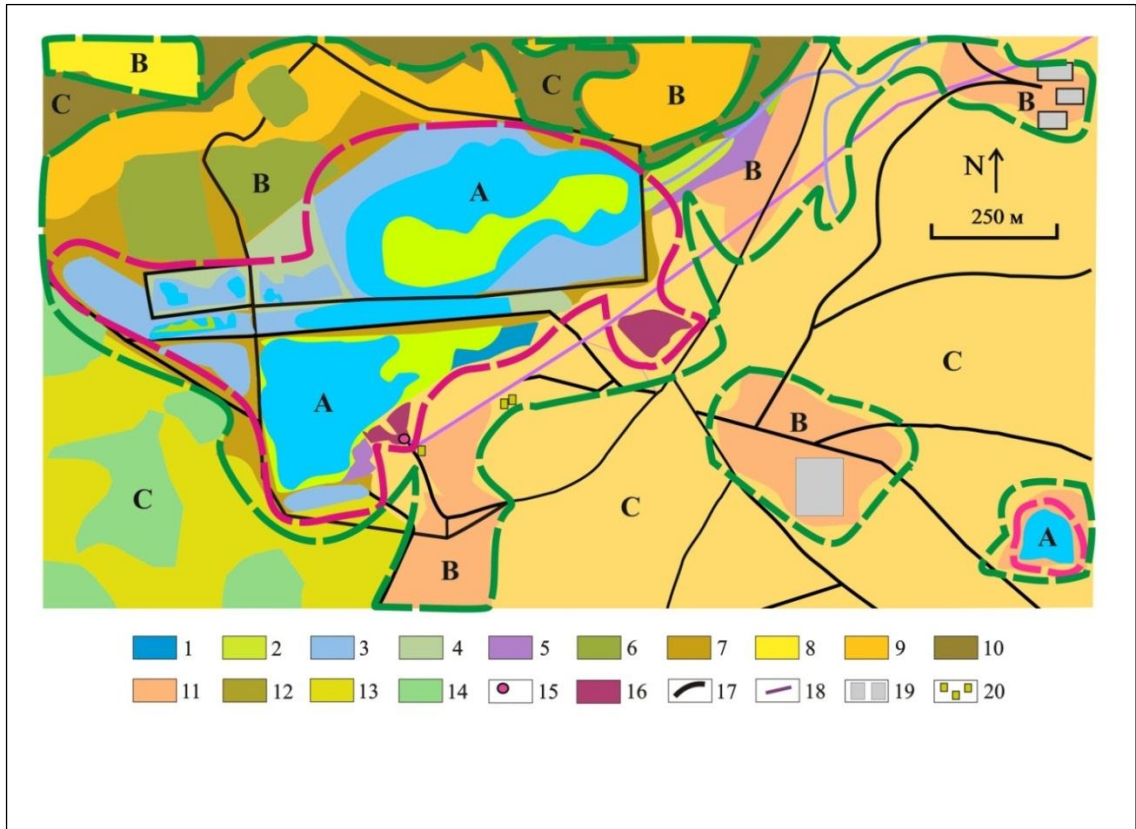


Рис.3.56. Карта-схема геоэкологического зонирования (ареал воздействия скв. 11-Т Гунюшки)

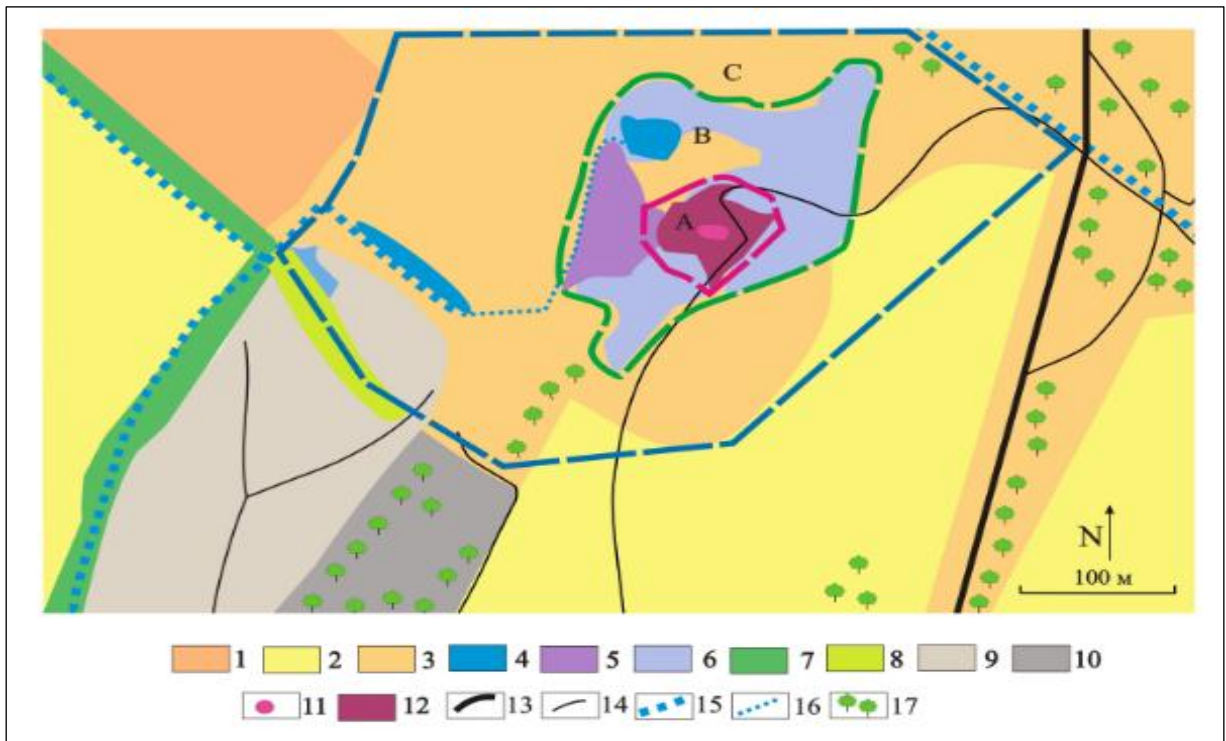


Рис. 3.57. Карта-схема геоэкологического зонирования (ареал воздействия скв. 9-Т Каргалинская)

*A – прямого и сильного воздействия, B – прямого и относительно слабого воздействия, C – косвенного воздействия.*

экономический интерес вследствие снижения доступности, расчлененности, ухудшения состояния биоты, почв и др.

Таким образом, часть исследуемой территории в районе скважин 11-Т Гунюшки и 9-Т Каргалинская находится в зоне слабого воздействия основных факторов формирования природных комплексов (52,5% и 78,9 %, соответственно) и не вызывает больших опасений на современном уровне развития традиционного природопользования в данном районе [65]. Но в очагах сильного (14,1 % и 2,2 %) и косвенно сильного уровня экологической напряженности (33,3 % и 18,2 %) однозначно должны проводиться рекультивационные мероприятия по восстановлению ландшафтов.

### **3.8. Разработка научно-обоснованных мероприятий по оптимизации природной среды**

Нерегулируемая и интенсивная эксплуатация геотермальных скважин в целом может привести к деградации месторождения, к истощению дебита, к снижению температуры воды. Разлив ГВ даже небольшой минерализации вызывает засоление почвенных горизонтов и в конечном итоге приводит к нарушению гидрохимического режима грунтовых вод и почв, ухудшению качества вод горизонтов, служащих источниками питьевого водоснабжения [66].

На сегодняшний день ГВ скв. 11-Т Гунюшки стихийно используется для удовлетворения хозяйственно-бытовых нужд объектов инфраструктуры и частного сектора населенного пункта Побединское, как источник воды для МТФ, которые размещаются в радиусе 3-5 км от скважины. Есть многочисленные отводы от устья скважины, вода из которых используется в бальнеологических целях (купальни, сауны (есть примитивные приспособления для этих целей)) [65].

Следует подчеркнуть, что нарушение уже сложившегося режима функционирования скв. 11-Т Гунюшки приведет к невозможности разведения скота в этом районе в нынешних масштабах и в целом

нежелательно при существующей ситуации на рынке труда и производства сельскохозяйственной продукции. С другой стороны, чрезмерный выпас скота, прогонные тропы уже привели к деградации почвенно-растительного покрова, вплоть до появления язв дефляции, и эту проблему надо решать не откладывая [64].

Геотермальная вода скв. 9-Т Каргалинская также стихийно используется для удовлетворения хозяйственно-бытовых нужд объектов частного сектора ст. Каргалинская, в водо-питьевых целях для скота, в кустарных ванночках и саунах (также есть примитивные приспособления для этих целей). Но в основном вода выливается на поверхность и по уклону рельефа стекает в дренажно-оросительный канал.

Рекультивация и оптимизация использования данной территории зависит, прежде всего, от того, в каком направлении пойдет дальнейшая эксплуатация скважин и МТВ в целом.

В таблице 3.7 приводятся рекомендации к рекультивации и оптимизации использования нарушенных земель. При консервации данных скважин (это самый простой, но не оптимальный вариант) восстановление типичной для данной природной зоны биоты – это дело нескольких лет. На наш взгляд, ландшафты сохранили свой ассимиляционный потенциал, необходимый для компенсации антропогенного воздействия. Остановив излив минерализованных потоков (герметизация/ликвидация скважин/ремонт оборудования и целевое использование), некоторое время следует наблюдать за восстановлением растительного покрова на данной территории. Работы по консервации скважин надо проводить на всех МТВ Чеченской Республики, так как существует гидродинамическая связь между водоносными горизонтами и прорыв можно ожидать на любой из них, что чревато последствиями (некоторые скважины в связи с расширением границ населенных пунктов очень близко подходят к жилым строениям).

Таблица 3.7 – Рекомендации к оптимизации нарушенных ландшафтов (по зонам)

| Зона | Площадь, га (%) |               | Рекомендации к рекультивации и дальнейшей оптимизации  |
|------|-----------------|---------------|--|
|      | Скважина 9-Т    | Скважина 11-Т |  |
| А    | 0,35<br>(2,2)   | 17<br>(14,1)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ликвидация разлива ТВ (герметизация / ликвидация скважины/ремонт устьевого оборудования);</li> <li>– расчистка участка от мусора;</li> <li>– наблюдение за восстановлением флоры (1-2 года).</li> </ul>   |
| В    | 3<br>(18,9)     | 40<br>(33,3)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ликвидация разлива приведет к осушению территории;</li> <li>– планировка и выравнивание поверхности;</li> <li>– рекультивация (рыхление почвенного горизонта, создание искусственного микрорельефа).</li> </ul>   |
| С    | 12,5<br>(78,9)  | 63<br>(52,5)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Планировка и выравнивание поверхности,</li> <li>– оценка состояния почвы,</li> <li>– гидроизоляция свалки строительного мусора,</li> <li>– очистка древесно-кустарниковой растительности;</li> <li>– посев травы.</li> <li>– для поднятия плодородия посадка культур, адаптированных к данным условиям и дающих большое количество биомассы.</li> </ul> |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема рационального природопользования в настоящее время стала особенно актуальной на фоне ухудшения энергетической, экологической, экономической ситуаций в Чеченской Республике.

Постановка исследования определялась необходимостью поиска механизмов восстановления и дальнейшего развития геотермальной отрасли в ТЭК Чеченской Республики, изучения проблем воздействия изливающихся геотермальных вод на ландшафты и снижения геоэкологической напряженности в регионе в целом.

Выполненными исследованиями установлено, что ГВ представляют промышленный интерес для создания геотермального комплекса и выявлено перспективное для первоочередного освоения Ханкальское МТВ.

Исследованы основные геоэкологические проблемы территории ЧР, возникшие, по большей части, в результате хозяйственной деятельности нефтяной отрасли, которые привели к возникновению сложных геоэкологических ситуаций в районах, наиболее перспективных для освоения геотермального теплоносителя, из-за превышения экологической емкости ландшафтов и геологической среды и предложены пути выхода из этой ситуации.

Показана степень деформации ландшафтов под воздействием геотермальных вод изливающихся скважин 11-Т Гунюшки и 9-Т Каргалинская.

По результатам проведенных исследований в соответствии с поставленными целью и задачами сформулированы общие итоги диссертационной работы:

1. Выполнен контент-анализ результатов исследований по проблеме воздействия геотермальной энергетики на различные компоненты ГО, который подтверждает тот факт, что геотермальные воды являются источником трансформации природной среды (хотя оно и ниже, чем у других

доступных источников энергии). Кроме того, подтверждается тот факт, что слабо разработан методологический инструментарий по оценке данного воздействия.

2. Исследованы природные особенности формирования геотермальных вод на территории Чеченской Республики.

3. Рассмотрены возможности комплексного использования геотермального потенциала Ханкальского МТВ. Установлено, что геотермальные воды представляют промышленный интерес для создания геотермального комплекса и выявлено перспективное для первоочередного освоения Ханкальское МТВ.

4. Доказано, что в зоне излива ГВ скважин 11-Т Гунюшки и 9-Т Каргалинская наблюдается значительное угнетение растительных сообществ и увеличение площади деградируемых земель, что подтверждается геоботаническими исследованиями и данными дистанционного зондирования Земли.

**Рекомендации по использованию:** полученные данные могут быть использованы специалистами в области геотермального производства и органами экологического мониторинга.

Результаты исследований предполагают:

- разработку мероприятий, способствующих снижению геоэкологической напряженности в данном регионе;
- комплексное освоение геотермальных вод с максимальной утилизацией их полезных свойств;
- изучение геолого-технических особенностей разработки самого перспективного Ханкальского месторождения (обоснование сырьевой базы, выбор участка для организации производства, разработка строительных решений и т.д.).

Таким образом, основные выводы заключаются в следующем:



– Основные закономерности распространения геотермальных вод (минерализация, температура и т.д.) связаны с тектоническими, литолого-фациальными, гидродинамическими особенностями территории.

– В качестве первоочередного объекта реализации мероприятий по созданию геотермального комплекса ЧР предлагается ХМ термальных вод (обоснование сырьевой базы, изучение геолого-технических особенностей разработки, анализ состояния производства и потребления предлагаемой к выпуску геотермальной продукции и пр.). ГЦС-технология – один из актуальных методов решения проблем загрязнения окружающей среды.

– Под воздействием изливающихся геотермальных вод происходит трансформация ОС, замещение исходных фитоценозов на более устойчивые к теплу и влаге растительных сообществ, заболоченными лугами, обладающими низкими показателями видового состава, проективного покрытия.

– Площади деградируемых земель находятся в тесной взаимосвязи от продолжительности воздействия и степени минерализации ТВ.

Отчуждение земель, изменение уровня грунтовых вод, оседание почв, заболачивание, выбросы газов, тепловое загрязнение атмосферы и водоемов, сброс отравленных вод и конденсата, в небольших количествах загрязненного аммиаком, ртутью, кремнеземом, засоление почв, загрязнение подземных вод и водоносных пластов – это проблемы, с которыми сталкиваются при освоение геотермального теплоносителя, и они характерны для территории ЧР.

Но предлагаемые схема освоения геотермальных вод и мероприятия по рекультивации и оптимизации нарушенных ландшафтов будет способствовать решению целого ряда противоречий в энергетической, экологической, социально-экономической стратегии региона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Axtmann RC.* Environmental Impact of a Geothermal Power Plant. *Science*. 1975;187(4179): 795-803.
2. *Bayer P., Rybach L., Blum P., Brauchler R.* Review on life cycle environmental effects of geothermal power generation // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, vol. 26, pp. 446-463.
3. *Daukaev A.A., Zaburaeva Kh.Sh., Gatsaeva L.S., Sarkisyan I.V., Gatsaeva S.S.A.* Natural mineral waters of the Chechen Republic: current usage and prospects for development // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects"" 2020. С. 012025.
4. *Finser M., Clark C., Schroeder J., Martino L.* Geothermal produced fluids: Characteristics, treatment technologies, and management options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 50, pp. 952-966.
5. *Glover R B, Hunt T M, Severne C M.* 2000 Impacts of development on a natural thermal feature and their mitigation – Ohaaki Pool New Zealand *Geothermics* 29(4). Pp. 509-523.
6. Google Earth Engine [Электронный ресурс]. URL: <https://earthengine.google.com/timelapse>
7. *Haiyan H.* Environmental impact of geothermal development in Henan province, China // *Geothermal training programme. Report 2003*, vol. 11, pp. 253-274
8. <http://arhvak.minobrnauki.ov.ru/web/uest/316>
9. <http://voda.kr-company.ru>
10. [https://ecodelo.org/9133-osnovnye\\_metody\\_geoekologii-geoekologiya](https://ecodelo.org/9133-osnovnye_metody_geoekologii-geoekologiya)
11. *Jianguo Wu.* Landscape ecology, cross-disciplinary and sustainability science. *Landscape ecology*, vol. 21. Iss. 1. January 2006. Pp. 1-4.
12. *Junfeng L.* Environmental impact of geothermal development in the isafjardarbaerarea, Iceland // *Training Programme Reykjavik, Iceland*, 2004, vol. 9, pp. 160-182.
13. *Leynes R., Pioquinto W., Caranto J.* Landslide hazard assessment an mitigation measures in Philippine geothermal fields // *Geothermics*, 2005, vol.34, pp. 205-217.
14. *Loppi S., Paoli L., Gaggi C.* Diversity of epiphytic lichens and Hg contents of *Xanthoria parietina* Thalli as monitors of geothermal air pollution in the Mt. Amiata Area (Central Italy) // *Journal of Atmospheric Chemistry*, 2006, vol.53, pp. 93-105.
15. *Pashkevich R.I.* On environmental aspects of geothermal development. *Geothermal Resources Council*, September 29-October 2 1996, Portland, Oregon, GRC Transactions. Vol. 20, p. 241-243.

16. *Povarov K.O., Svalova V.B.* Geothermal Development in Russia: Country Update Report 2005-2009. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia (CD).
17. *Wanqing C.* Environmental impact of geothermal development in the Isafjardarbaer area, nw-iceland, Iceland // Geothermal training programme, Reykjavik, Iceland, Report 2001. Vol. 2, pp. 1-26.
18. *White P.A., Hunt T.M.* // Geothermy 34 (2005) 187-200.
19. *Zui V.I., Gribik Ya.G., Martynova O.A., Dubanevich M.A., Vasilionak E.A.* Geothermal field and geothermal resources in Belarus // Літасфера. 2016. № 2 (45). С. 108-121.
20. *Агеев В.А.* Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. М.: МРСУ. 2004. 174 с.
21. *Алиев Р.М., Бадавов Г.Б., Байрамов А.М.* Техничко-технологические особенности строительства геотермальных скважин // GEOENERGY. Материалы Международной научно-практической конференции. Грозный: ГГНТУ. Махачкала: АЛЕФ, 2015. С. 14-22.
22. *Алхасов А.Б.* Возобновляемая энергетика. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Физматлит, 2012. 255 с.
23. *Алхасов А.Б.* Возобновляемая энергетика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 256 с.
24. *Алхасов А.Б.* Возобновляемые источники энергии: учебное пособие / А.Б. Алхасов. М.: МЭИ, 2016. 271 с.
25. *Алхасов А.Б.* Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М.: Физматлит, 2008. 376 с.
26. *Алхасов А.Б.* Перспективы освоения геотермальных ресурсов Северного Кавказа // Перспективы энергетика. 2003. Т. 7. С. 367-375.
27. *Аргунова Т.В., Терентьев А.С., Тихонов И.О., Артамонова С.Ю.* Геохимические особенности поверхностных вод Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения // Разведка и охрана недр. 2012. № 7. С. 26-29.
28. *Аюшина Т.А.* Влияние Кучигерских гидротерм на содержание и формы натрия (Баргузинская котловина) // Природа Внутренней Азии. 2019. № 3 (12). С. 54-61.
29. *Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов С.В.* Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Новосибирск: Наука, 2007. 152 с.
30. *Байраков И.А.* Анализ современного экологического состояния окружающей природной среды Чеченской Республики // Теоретические и прикладные проблемы географической науки: демографический, социальный, правовой, экономический и экологический аспекты. Материалы международной научно-практической конференции: в 2 томах. 2019. С. 383-388.

31. *Балаба В.И.* Безопасность технологических процессов добычи нефти и газа: Учеб. пособие / *В. И. Балаба, И. И. Дунюшкин, В. П. Павленко.* М.: ООО Недра-Бизнесцентр, 2008. 477 с.
32. *Бегун Т.В.* Устойчивое развитие: определение, концепция и факторы в контексте моногородов // Экономика, управление, финансы (II): материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Пермь, декабрь 2012 г.). Пермь: Меркурий, 2012. С. 158-163.
33. *Безруких П.П., Стребков Д.С.* Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технология. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. 264 с.
34. *Белоусов В.И., Белоусова С.П.* Природные катастрофы и экологические риски (на примере развития геотермальной энергетике). Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2002. 160 с.
35. *Берман Э.* Геотермальная энергетика. М.: Мир, 1978. 416 с.
36. *Биткаева Л.Х.* Физическая география Чеченской Республики: учебное пособие для 8 класса. Грозный: Издательство «Глобус», 2006. 128 с.
37. *Богуславский Э.И.* Освоение тепловой энергии недр [Электронный ресурс]: монография. СПб.: Наукоемкие технологии, 2020. 435 с.
38. *Богуславский Э.И., Елистратов В.В.* Перспективы освоения нетрадиционных источников энергии / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) № 1, 2000. С. 204-248.
39. *Бочаров В.Л.* Геоэкология как наука: структурирование и тезаурус, современное состояние и перспективы развития // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2004. № 2. С. 166-171.
40. *Бутузов В.А.* Геотермальное теплоснабжение: российские научные и инженерные школы // Сантехника. Отопление. Кондиционирование, 2018. № 11. С. 52-61.
41. *Вадецкий Ю.В.* Бурение нефтяных и газовых скважин. М: Издательский центр «Академия 2», 2004. 352 с.
42. *Вайцеккер Э.* Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная: Новый доклад Римскому клубу / *Э. Вайцеккер, Э.Б. Ловинс, Л.Х. Ловинс.* М.: Academia, 2000. 400 с.
43. *Васильев Ю.С., Безруких П.П., Елистратов В.В., Сидоренко Г.И.* Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России. Учебное пособие, СПбГТУ, изд-во Политехн. ун-та, 2008, 250 с.
44. *Веселко А.Ю.* Экологические аспекты геотермальной энергетике // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 4 (71). С. 9-12.
45. *Витченко А.Н.* Геоэкология. Курс лекций. Белорусский государственный университет. Минск, 2002. 100 с.
46. *Выморков Б.М., Путник Н.П.* Геотермические ресурсы и их энергетическое использование. М.: Госэнергоиздат, 1960. 168 с.

47. *Габбасова И.М.* Изменение свойств почв и состава грунтовых вод при загрязнении нефтью и нефтепромысловыми сточными водами в Башкирии / *И.М. Габбасова, Р.Ф. Абдрахманов, И.К. Хабиров, Ф.Х. Хазиев* // Почвоведение. 1997. № 11. С. 1362-1372.
48. *Габбасова И.М.* Трансформация серых лесных почв при техногенном засолении и осолонцевании и в процессе их рекультивации в нефтедобывающих районах Южного Приуралья // Почвоведение. 2007. № 9. С. 1120-1128.
49. *Гагарина О.В., Полозов М.Б.* Исследование качества поверхностных вод в пределах месторождения стадии падающей добычи нефти (на примере Архангельского нефтяного месторождения Удмуртской республики) // Вестник Удмуртского университета. Серия биология. Науки о земле. 2013. № 6-1. С. 9-14.
50. *Гайрабеков У.Т.* Техногенная трансформация природно-антропогенной среды горного региона при длительном воздействии нефтяного комплекса (на примере Чеченской Республики): диссертация доктор. геогр. наук. Москва, 2020. 330 с.
51. *Гацаева Л.С.* Геотермальные месторождения Чеченской Республики: состояние и перспективы // Наука и образование: новое время. Научно-методический журнал. 2018. № 3 (10). С. 45-48.
52. *Гацаева Л.С.* Геотермальные системы теплоснабжения и возможные аспекты их использования на территории Чеченской Республики // Материалы V Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа». Грозный: Грозненский рабочий, 2016. С. 53-62.
53. *Гацаева Л.С.* Геохимический анализ качества термальной воды (на примере месторождения термальных вод Гунюшки) // Вестник КНИИ РАН. 2021. № 4 (8). С. 84-96.
54. *Гацаева Л.С.* Геоэкологические аспекты освоения геотермальных ресурсов Чеченской Республики и устойчивое развитие региона // В сборнике: Ландшафтные измерения устойчивого развития: исследование – планирование – управление. 2017. С. 109-114.
55. *Гацаева Л.С.* Геоэкологические проблемы освоения геотермальных ресурсов Чеченской Республики // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2017. № 3 (7). С. 17-21.
56. *Гацаева Л.С.* Гидрогеотермальный потенциал территории Чеченской Республики: проблемы и перспективы освоения // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа / Коллективная монография по материалам IX Всероссийской научно-технической конференции. 2019. С. 136-141.
57. *Гацаева Л.С.* К истории геотермальных исследований // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа / Коллективная

- монография по материалам IV Всероссийской научно-технической конференции. Грозный: Академия наук Чеченской Республики, 2015. С. 274-291.
58. *Гацаева Л.С.* К истории геотермических исследований в Чеченской Республике // В сборнике: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция, 2015. С. 256-260.
59. *Гацаева Л.С.* Перспективы использования геотермальных ресурсов Чеченской Республики // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы защиты окружающей среды и техносферной безопасности в меняющихся антропогенных условиях» – «Белые ночи-2014» (1-3 июня 2014 г. Россия, Чеченская Республика, г. Грозный). С. 208-211.
60. *Гацаева Л.С., Гайтукиева З.Х., Гацаева С.С.А.* Геотермальная энергетика: вчера, сегодня, завтра // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2020. № 3 (19). С. 65-72.
61. *Гацаева Л.С., Гацаева С.С.А.* Геотермальные ресурсы Чеченской Республики как основа развития бальнеологии // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2019. № 3 (15). С. 89-94.
62. *Гацаева Л.С., Гацаева С.С.А.* Современное состояние месторождений термальных вод Чеченской Республики: запасы, фонд скважин, перспективы использования // Вестник КНИИ РАН. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 2 (10). С. 72-84.
63. *Гацаева Л.С., Гацаева С.С.А.* Химический состав геотермальной воды (на примере скважины 9-Т месторождения Каргалинское) // В сборнике: Вузовское образование и наука. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ингушский государственный университет. 2022. С. 76-85.
64. *Гацаева Л.С., Гуня А.Н., Керимов И.А.* Геоэкологическая оценка влияния геотермальных скважин на ландшафт (на примере месторождения Гунюшки Чеченской Республики) // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2022. Т. 7. № 2 (28). С. 18-31.
65. *Гацаева Л.С., Гуня А.Н., Керимов И.А.* Геоэкологические последствия излива геотермальной скважины 11-Т Гунюшки на территории Чеченской Республики // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 4. С. 392-407.
66. *Гацаева Л.С., Керимов И. А., Махмудова Л. Ш.* Геоэкологические проблемы месторождения термальных вод Гунюшки // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, 2021. Т. 15. № 2. С. 63-74.

67. Генеральная схема освоения ресурсов термальных вод перспективных районов страны на период до 2000 г. /Отчет о НИР, кн.1 / НПО «Союзбургеотермия», испол. Алиев В.Г. и др. Махачкала, 1985.
68. Географический атлас Чеченской Республики / под редакцией И.А. Байракова. 2013. 32 с.
69. *Гилев В.П.* Оценка и проблемы экологического состояния глубоких геологоразведочных скважин на нефть и газ, пробуренных 50 лет назад // Экологический мониторинг в процессе добычи нефти и газа: Материалы науч-практ. конф. Тюмень, 2002. С. 138-145.
70. *Голованов В.К.* Эколого-физиологические закономерности распределения и поведения пресноводных рыб в термоградиентных условиях // Вопр. ихтиол. 2013а. Т. 53. № 3. С. 286-292.
71. *Головлев А.А.* К физико-географическому районированию аридных котловин Чечено-Ингушетии для целей сельского хозяйства / Материалы по изучению ЧИАССР. Вып. 4. Грозный, 1987. С. 53-61.
72. *Гольдфарб И. Л.* Влияние гидротермального процесса на почвообразование (на примере Камчатки): автореф. дисс. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2005. 24 с.
73. *Горбач В.А.* Анализ мирового опыта и научно-технических разработок в области извлечения химических соединений из геотермальных растворов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 9. С. 270-274.
74. Госдоклад о состоянии и об охране окружающей среды Чеченской Республики в 2019 году / отв. редактор С-М. М. Темирханов. Грозный, 2019. 163 с.
75. *Гранберг А.Г., Грудинин М.Ю.* Доклад «Анализ и оценка современной социально-экономической ситуации в Чеченской Республике». М., 2004. 228 с.
76. *Давыдова Н.С., Тимофеева О.И.* Устойчивое развитие города. Вопросы разработки стратегии // Муниципальная экономика, 2000. №4. С. 18-23.
77. *Даукаев А.А., Гацаева Л.С.* История и перспективы использования гидрогеотермальной энергии в Чеченской Республике // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа / Коллективная монография по материалам XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Москва, 2022. С. 713-722.
78. *Даукаев А.А., Гацаева Л.С., Даукаев Аслан А., Абумуслимова И.А.* История изучения и использования подземных вод и их источников на территории Чеченской республики // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2017. № 4 (37). С. 84-89.
79. *Даукаев А.А., Гацаева Л.С., Гагаева З.Ш., Собисевич А.В.* Добыча полезных ископаемых и геоэкологические проблемы XX столетия // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1655.

80. *Дворов И.М., Дворов В.И.* Освоение внутриземного тепла. М.: Наука, 1984. 160 с.
81. *Детков В.П.* Охрана природы нефтегазовых районов / *В.П. Детков, В.А. Астахов.* М.: Недра, 1994. 355 с.
82. *Дикаев Р.С., Батукаев А.А., Масаров И.Р.* Геотермальные месторождения Чеченской Республики. Современное состояние // Передовые научные исследования: опыт и актуальные вопросы. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. / Под редакцией *Р.Д. Иванова.* 2019. С. 25-38.
83. *Дикаев Р.С., Гадаева З.И., Масаров И.Х.* Месторождение теплоэнергетических вод Гунюшки и перспективы его использования // *Геоэнергетика – 2019.* Грозный, 2019. С. 269-274.
84. *Дядькин Ю.Д.* Использование тепла Земли. Л.: ЛГИ, 1987. 107 с.
85. *Дядькин Ю.Д.* Разработка геотермальных месторождений. М.: Недра, 1989. 231 с.
86. *Жарков Р.В., Побережная Т.М.* Влияние сольфатарно-гидротермальной деятельности вулканов на компоненты ландшафтов (влк. Менделеева, о-в Кунашир, Курильские острова) // *Вестник ДВО РАН.* 2008. № 1. С. 53-58.
87. *Забураева Х.Ш.* Проблемы и предпосылки сбалансированного природопользования в Чеченской Республике. Монография. Калининград: «Страж Балтики», 2010. 2016 с.
88. *Забураева Х.Ш., Газалиев И.М.* К проблеме углеродного загрязнения земель в регионах Северо-Восточного Кавказа // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе.* 2014. № 2. С. 43-48.
89. *Забураева Х.Ш., Керимов И.А.* К истории развития геоэкологии // *Вестник Академии наук Чеченской Республики.* 2019. № 4 (47). С. 88-93.
90. *Заурбеков Ш.Ш., Минцаев М.Ш., Лабазанов М.М., Черкасов С.В., Бурузов В.В.* Результаты разработки технического проекта для пилотной геотермальной станции на Ханкальском месторождении Чеченской Республики / *Мат. Международной научно-практической конференции «Geoenergo-2015».* Грозный, 2015. С. 68-77.
91. *Иванов Ю.Л., Бешенцев В.А.* Техногенная трансформация состава природных вод Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа // *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология.* 2006. № 4. С. 313-320.
92. *Казаков Н.В.* Почвенный покров на гидротермальных субстратах источника «Большой котел» Налычевской долины (Восточная Камчатка) // *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Тезисы докладов 16 международной конференции, посвященной к 20-летию образованию природных парков на Камчатке.* Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2015. С. 294-298.
93. *Карцев А.А.* Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений (издание второе, переработанное и дополненное). М.: Недра, 1972. 280 с.



94. Керимов И.А., Гагаева З.Ш., Абумуслимов А.А., Гацаева Л.С., Тасуева Т.С. Природно-ресурсный потенциал ЧР: экологические проблемы и устойчивое развитие // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2013. № 1 (18). С. 77-80.
95. Керимов И.А., Гайрабеков У.Т., Гагаева З.Ш. Геоэкология Терско-Сунженской нефтегазоносной области: актуальные проблемы и пути решения // В книге: Перспективы устойчивого развития нефтегазовой отрасли и электроэнергетики в Российской Федерации и мире. Материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 25-29.
96. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Ахматханов Р.С. Программа развития энергетики Чеченской Республики на 2011-2030 гг. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной к 10-летию со дня основания КНИИ РАН «Наука и образование в Чеченской Республике: состояние и перспективы развития» (7 апреля 2011 г., г. Грозный). Грозный, 2011. С. 38-63.
97. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Гацаева Л.С. Геотермальные ресурсы Чеченской Республики // Материалы II Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа». Грозный, 2012. С. 484-498.
98. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Гацаева Л.С. Потенциал и перспективы развития геотермальных ресурсов Чеченской Республики // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа». Грозный: Академия наук Чеченской Республики, 2011. С. 424-432.
99. Керимов И.А., Гацаева Л.С. Геоэкологические проблемы геотермальной энергетики // Коллективная монография по материалам V-й Международной научно-практической конференции. Научные редакторы С.В. Алексеенко, М.Ш. Минцаев, И.А. Керимов. Грозный, 2022. С. 243-256.
100. Керимов И.А., Уздиева Н.С. Геоэкология нефтяного комплекса Чеченской Республики. Назрань: Пилигрим, 2008. 252 с.
101. Киссин И.Г. Вода под Землей. М.: Наука, 1976. 224 с.
102. Киссин И.Г. Восточно-Предкавказский артезианский бассейн. М.: Наука, 1964. 240 с.
103. Кондратьева Т.А., Борисович М.Г., Халиуллина Л.Ю., Степанова Н.Ю. Влияние нефтедобывающей деятельности на экологическое состояние водоемов национального парка «Нижняя Кама // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. №11. С. 4-8.
104. Коновалов И.А. Экологические последствия воздействия пластовых вод из устья геологоразведочных скважин: автореферат на соиск. уч. степ. канд. биол. наук, Тюмень, 2012. 19 с.

105. *Кононов В.И.* Геотермальные ресурсы России и их использование / Литология и полезные ископаемые, № 2. 2002. С. 115-125.
106. *Корценштейн В.Н.* Гидрогеология мезозойской водонапорной системы Предкавказья. М.: Недра, 1964. (Труды ВНИИгаз, №22/30).
107. *Коцарев И.Ю., Власова С.П.* Геотермические условия среднемиоценовых отложений Северного Кавказа // Известия вузов. Нефть и газ, 1963. №12. С. 124-125.
108. *Курбанов М.К.* Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М.: Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 206 с.
109. *Курбанова Л.М.* Геоэкологические проблемы подземных вод (на примере Махачкалинского геотермального месторождения). // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2009. № 55. С. 85-87.
110. *Куриленко В.В.* Экологическая геология: ее роль в науках о Земле и место в структуре экологического знания // Школа экологической геологии и рационального недропользования / Мат. V-й межвуз. молодежной науч. конф. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. С. 45-61.
111. *Лабейш В.Г.* Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. СПб.: СЗТУ, 2003. 79 с.
112. *Леднев А.В.* Изменение свойств дерново-подзолистых суглинистых почв под действием загрязнения продуктами нефтедобычи и приёмы их рекультивации: автореф. дис. на соиск. учен. степ. доктора. с-х. наук / *Леднев Андрей Викторович.* 2008. 43 с.
113. *Лимаренко А.Н., Тараненко О.О.* Экологические последствия получения и использования геотермальной энергии в Украине / Технологический аудит и резервы производства, № 3/1 (23), 2015. С. 4-8.
114. *Лопатовская О.Г., Осадовский З.* Галогенез почв и гидрохимия минеральных источников предгорий Хамар-Дабана. // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2008. № 2. С. 128-131.
115. *Маврицкий Б.Ф., Антоненко Г.К. и др.* Ресурсы термальных вод СССР. М.: Недра, 1975. 152 с.
116. *Магомадова Р.С., Тайсумов М.А., Абдурзакова А.С., Умаров М.У. и др.* Анализ растительного покрова окрестности урочища Киссык Шелковского района Чеченской Республики // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2016. Т. 10. № 1. С. 34-41.
117. *Мальшев Ю.Н., Таймасханов Х.Э., Заурбеков Ш.Ш., Минцаев М.Ш.* Геотермальные ресурсы ЧР: состояние и перспективы // GEOENERGY.

- Материалы международной научно-практической конференции. Грозный: ГГНТУ. Махачкала: АЛЕФ, 2015. С. 83-91.
118. *Медоуз Дон, Рандерс Й., Медоуз Ден.* Пределы роста. 30 лет спустя. М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. 342 с.
119. *Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А.* Физическая география СССР. М.: Мысль. 1976. 448 с.
120. Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики. Монография / под ред. *Керимова И.А., Аксенова Е.М.* Грозный: Грозненский рабочий, 2015. 512 с.
121. *Михайлева Н.Ю.* Социально-экономические и экологические проблемы горных территорий Северного Кавказа: учебное пособие. Владикавказ: Издательство Северо-Осетинского государственного университета имени К.Л. Хетагурова, 2013. 251 с.
122. *Московченко Д.В., Алешин С.А., Казанцев Ю.В.* Эколого-гидрохимическая оценка состояния поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа. // Геозэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2006. № 6. С. 536-543.
123. *Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. и др.* Нефтяное загрязнение поверхностных вод на территории ХМАО-Югры // Экология и промышленность России. 2014. № 4. С. 34-38.
124. *Николаев В.М.* Термальные воды Терско-Сунженской нефтеносной области // Термальные воды СССР и вопросы их теплоэнергетического использования. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 218-245.
125. *Николаева А.Г., Карпов Г.А., Бычков А.Ю.* Гидрогеохимическая эволюция водной среды Карымского озера в период 1996-2015 гг. после подводного извержения (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2018. №2. С.40-60.
126. Основные положения стратегии устойчивого развития России / *Под ред. А.М. Шелехова.* М., 2002. 161 с.
127. Отчет СКУИГТЗ «Изучение гидродинамических и теплофизических показателей карагано-чокракских отложений в процессе эксплуатационной разведки в Ханкальской долине ЧИАССР с целью увеличения использования геотермальной энергии путем создания искусственной системы восполнения ресурсов термальных вод», пос. Гикало, 1984 г. Автор: *Крылов В.Б.*
128. *Павловцев А.В., Иванова И.В.* Геотермальная энергия как один из перспективных альтернативных источников энергии // Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2020. Санкт-Петербург, 2021. С. 229-235.
129. *Парфенов В.Г., Сивков Ю.В.* Геозэкология: учебное пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 176 с.

130. *Перминов Э.М.* К вопросу о состоянии и перспективах развития мировой возобновляемой энергетики // *Энергетик*. 2018. № 11. С. 38-43.
131. *Поваров О.А., Томаров Г.В.* Всемирный геотермальный конгресс WGC-2005 / *Теплоэнергетика*, 2006. № 3. С. 78-80.
132. *Полезные ископаемые Чеченской Республики / Керимов И.А., Ямалханов И.А., Усманов А.Х. и др. / под ред. Керимова И.А.* Грозный: АН ЧР, 2009. 246 с.
133. *Попель О.С.* Состояние и перспективы развития возобновляемых источников энергии в мире // *Материалы школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов»*. Махачкала: Издательство ООО «Деловой Мир», 2006. С. 12-31.
134. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование. М.: Мысль, 1990. 638 с.
135. *Розанов Л.Л.* Основы учения о геоэкологических процессах // *Вестник Московского государственного областного университета. Сер. Естественные науки*. 2019. №1. С. 137-142.
136. *Романис Т.В., Скютте Н.Г.* Памятник природы «Термальные Источники Пым-Ва-Шор» В Ненецком автономном округе: температуры и почвенный покров // *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей / Тезисы докладов XIV международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения известного дальневосточного учёного, д.б.н., профессора В.Я. Леванидова*. 2013. С. 179-182.
137. *Самкова Т.Ю.* Влияние гидротермального процесса на растительность (на примере Паужетской гидротермальной системы Камчатки). Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ). Биологический факультет. Петропавловск-Камчатский*, 2009. 209 с.
138. *Самсонова И.Д., Саттаров В.Н., Гильманова Г.Р.* Методы исследований и обработки информации в природопользовании. Уфа: БГПУ им. Акмуллы, 2021. 148 с.
139. *Свалова В.Б.* Геотермальная энергетика в России / *Материалы Международной научно-практической конференции*. 2015. С. 290-302.
140. *Свалова В.Б.* Комплексное использование геотермальных ресурсов / *Научно-технический журнал «Георесурсы»*. 1 (29). 2009. С. 17-22.
141. *Сванидзе И. Г., Моисеенко Т. И., Якимов А. С., Соромотин А.В.* Воздействие техногенного галогенеза на водосборные ландшафты речных долин и водные системы (на примере юга Тюменской области) // *Водные ресурсы*. 2014. Т. 41. № 1. С. 94-103.
142. *Сванидзе И.Г.* Воздействие минерализованных пластовых вод на ландшафты речных долин южной тайги западной Сибири (на примере юга Тюменской области): дисс. кандидата географических наук. Барнаул, 2015. 155 с.

143. *Сванидзе И.Г., Кремлева Т.А., Соромотин А.В.* Воздействие подземных вод Западно-Сибирского артезианского бассейна на миграцию макро- и микроэлементов малых рек // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. С. 55-63.
144. *Сванидзе И.Г., Соромотин А.В.* Воздействие геотермальных скважин на водосборы и водные системы гумидных регионов (на примере юга Тюменской области) // Вестник Тюменского государственного университета, 2011. №12. С. 78-89.
145. *Седых В.Н.* Устойчивость древесных растений к отходам бурения / *В.Н. Седых, В.В. Тараканов.* Новосибирск: Наука, 2004. 86 с.
146. *Сибикин М.Ю., Сибикин Ю.Д.* Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. М.: КноРус, 2017. 240 с.
147. *Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю.* Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. М.: ИП «Радио Софт», 2008. 228 с.
148. *Сладкопевцев С.А.* Проблемы и перспективы развития геоэкологии // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 2. С. 111-114.
149. *Смирнов А.К., Голованов В.К., Голованова И.Л., Артаев О.Н.* Избираемая температура и температурная устойчивость озерного гольяна // Биология внутренних вод, 2020. № 2. С. 156-161.
150. *Солнцева Н.П.* Добыча нефти и геохимия ландшафта. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 376 с.
151. *Солнцева Н.П., Садов А.П.* Влияние сточных минерализованных вод на почвы в районе Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (Западная Сибирь) // Почвоведение, 1997. № 3. С. 322-329.
152. *Соловьева З.Е., Трофимов С.Я.* Особенности трансформации почвенно-растительного покрова при загрязнении нефтью и минерализованными водами в среднем Приобье. // Вестник Московского университета. Серия: Почвоведение. 2008. № 1. С. 3-9.
153. *Солтанмурадова З.И., Теймуров А.А.* Сезонная динамика и смена аспектов отдельных видов двудольных растений в зоне воздействия Каякентской группы термальных вод // В сборнике: Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России. Материалы XVII Международной научной конференции. 2015. С. 198-200.
154. *Сочава В.Б.* География и экология // Материалы V съезда Геогр. об-ва СССР. Л., 1970. С. 8-10.
155. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям) / Под ред. Безруких П.П. М.: ИАЦ Энергия, 2007. 272 с.

156. Суздалева А.Л., Безносков В.Н., Кучкина М.А., Суздалева А.А. Оценка экологической безопасности геотермальной электростанции на основе идентификации ее экологических аспектов // Малая энергетика. 2010. №1-2. С. 59-65.
157. Сулейманов Р.Р. Изменение свойств нефтезагрязненной серой лесной почвы в процессе биологической рекультивации / Сулейманов Р.Р., Габбасова И.М., Ситдииков Р.Н. // Известия РАН. Серия биологическая. 2005. № 1. С. 109-115.
158. Сухарев Г.М., Мирошников М.В. Подземные воды нефтяных и газовых месторождений Кавказа. М.: Гостоптехиздат, 1963. 328 с
159. Сухарев Г.М. Подземные воды – огромный источник тепловой энергии. М.: Недра, 1968. 78 с.
160. Сухарев Г.М. Подземные воды нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра, 1979. 345 с.
161. Тайсумов М.А., Умаров М.У., Абдурзакова А.С., Астамирова М.А., Абумуслимов А.А. Эколого-флористический анализ степной и полустепной растительности Чеченской Республики // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2016. № 1 (1). С. 36-42.
162. Теймуров А.А., Абдурахманов Г.М., Умарова Б.Я. Пространственная дифференциация и динамика сезонных аспектов растительности в зоне воздействия Каякентской группы термальных вод // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России / Материалы XVII Международной научной конференции. Махачкала: Издательство: Типография ИПЭ РД, 2015. С. 213-214.
163. Темукуев Б.Б., Темукуев Т.Б. Технические и экономические аспекты развития геотермального теплоснабжения. Нальчик, 2009. 118 с.
164. Трофимов В.Т. Парадоксы современной геоэкологии // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 4. С. 3-11.
165. Трофимов В.Т., Барабошкина Т.А., Харькина М.А., Жигалин А.Д. Эволюция термина «геоэкология» в геологии // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. 2017. №3. С. 3-11.
166. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Аверкина Т.И. Геоэкология как термин и междисциплинарная наука // Вестник Московского ун-та. Сер. 4. Геология. 1994. №5. С. 43-55.
167. Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Рупышев Ю.А и др. Почвенно-растительный покров болот и заболоченных понижений в зоне влияния термальных полей Баргузинского рифта // Природа Внутренней Азии. 2019. № 3(12). С. 37-53.
168. Урсул А.Д., Урсул Т.А. 2017. Устойчивое развитие и способы социоприродного взаимодействия // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 3. № 5. С. 120-128.

169. *Устаев А.Л.* География Чеченской Республики: природа, экология, социальная сфера, экономика. Учебное пособие для учащихся 8-9 классов общеобразовательных учреждений / *А.Л. Устаев, А.А. Устаев.* Грозный: АО «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий»», 2019. 208 с.
170. *Фархутдинов А.М.* Термальные подземные воды Ханкальского месторождения: формирование, использование, прогнозы: дис... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.07 / *Фархутдинов Анвар Мансурович.* Уфа; Фонтенбло, 2016. 165 с.
171. *Фархутдинов А.М.* Экологические аспекты использования теплоэнергетических вод Ханкальского месторождения // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. 2014. № 20. С. 81-84.
172. *Фортон В.Е., Шпильрайн Э.Э.* Возобновляемые источники энергии на энергетической сцене мира // Материалы междун. конф. «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Т. 1, Махачкала, 2005. С. 14-30.
173. *Хребтов А. И.* Геотермические условия и термальные воды Центрального Предкавказья. М.: Наука, 1965. 110 с.
174. *Чайкин С.А.* Экогеохимическое состояние поверхностных вод для оценки трансформации экосистем на территории староосвоенных месторождений Пермского края // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2013. № 1. С. 12-18.
175. *Шагоянц С.А.* Подземные воды Центральной и Восточной частей Северного Кавказа. М.: ГосГеотехиздат, 1959. 307 с.
176. *Шаипов А.А., Лабазанов М.М., Батукаев А.А. и др.* Перспективы разработки термальных месторождений Чеченской Республики // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты / Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»: в 2 томах. ГГНТУ. 2017. С. 656-662.
177. *Шантукаев Р.Р., Идрисова А.У.* О состоянии и перспективах использования геотермальных вод на территории Чеченской Республики // ГЕОЭНЕРГЕТИКА – 2019. Материалы VI-й Всероссийской научно-практической конференции / Под редакцией д.т.н. *М.Ш. Минцаева.* Грозный: НПП «Геосфера», 2019. С. 57-60.
178. Электроэнергетика Северного Кавказа: проблемы и возможные решения Аналитический доклад. Фонд национальной энергетической безопасности, 2013.

**Запасы геотермальных вод по субъектам Российской Федерации (по состоянию на 1.01.2010 г.)**

| №/№ | Субъект Федерации               | Количество месторождений (участков) | Эксплуатационные запасы, подготовленные для промышленного освоения, тыс. м <sup>3</sup> /сутки |               |                |              |               | Температура теплоносителя на устье скважины, °С |
|-----|---------------------------------|-------------------------------------|--|---------------|----------------|--------------|---------------|---|
|     |                                 |                                     | прогнозные   | разведанные   | утвержденные   | используемые | Резерв        |   |
| 1   | Республика Дагестан             | 12                                  | 258,1  | 86,200        | 39,300         | 10,4         | 75,800        | 75-104  |
| 2   | Камчатский край                 | 10                                  | 452,0  | 77,600        | 67,766         | 34,3         | 43,345        | 82-96   |
| 3   | Чеченская Республика            | 14                                  | 129,36   | 64,680        | 14,060/16,25   | н/д          | 64,680        | 82-108  |
| 4   | Краснодарский край              | 13                                  | 139,27   | 35,574        | 12,964         | 4,39         | 31,184        | 88-117  |
| 5   | Ставропольский край             | 4                                   | 48,20  | 12,200        | 2,900          | 1,00         | 11,20         | 97-119  |
| 6   | Республика Адыгея               | 3                                   | 30,00  | 8,980         | 4,980          | 2,10         | 6,880         | 71-86   |
| 7   | Карачаево-Черкесская Республика | 1                                   | 14,40  | 6,800         | 4,800          | 0,40         | 6,400         | 50-75   |
| 8   | Кабардино-Балкарская Республика | 2                                   | 115,1  | 5,300         | -              | 0,05         | 5,250         | 62-67   |
| 9   | Чукотский АО                    | 1                                   | 29,60  | 2,200         | 2,200          | -            | 2,200         | 48-58   |
| 10  | Магаданская область             | 1                                   | 7,100  | 0,135         | 0,135          | -            | 0,135         | 59  |
|     | <b>В с е г о по РФ</b>          | <b>61</b>                           | <b>1223,13</b>   | <b>299,67</b> | <b>149,105</b> | <b>52,6</b>  | <b>247,07</b> |   |

*Примечания:*

1. Прогнозные ресурсы определены для параметров теплоносителя 90–40 °С и при числе часов использования 4632 ч/год.
2. Энергетический потенциал разведанных запасов рассчитан исходя из нижнего предела температуры в 35 °С.



## Рекомендуемый спектр использования геотермальных теплоносителей (караган-чокракские отложения)

| №/<br>№<br>п/п | Наименование<br>месторождений             | Температура на устье, °С | Дебит, м <sup>3</sup> /сутки | Давление на устье,<br>МПа | Глубина<br>залегания, м | Минерализация<br>г/дм <sup>3</sup> (г/л) | Энергетика     |   | Градостроительство |                          |                     |                 | Сельское<br>хозяйство |              |               |
|----------------|---|--------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|--|----------------|---|--------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|--------------|---------------|
|                |   |                          |                              |                           |                         |  | Бинарная ГеоЭС | Геотермоэнергетика с<br>применением вещества<br>холодильных машин | Отопление          | Горячее<br>водоснабжение | Теплохладоснабжение | Бассейны и души | Обогрев теплиц        | Обогрев почв | Теплоорошение |
| 1              | Ханкальское<br>IV-VII/XIII/XXII<br>пласты | 88/98/<br>101            | 31000                        | 0,1-1,5                   | 1000/<br>1300/<br>1500  | 0,5-1,1                                  | +              | +   | +                  | +                        | +                   | +               | +                     | +            | +             |
| 2              | Гойтинское<br>XIII / XXII пласт           | 80/87                    | 1150                         | 0,13-0,29                 | 2400/<br>2600           | 0,8-2,8                                  | -              | -   | +                  | +                        | -                   | -               | +                     | -            | -             |
| 3              | Новощедринское                            | 105                      | 1420                         | 0,3                       | 3500                    | 1,9-7,2                                  | +              | -   | +                  | +                        | +                   | -               | +                     | -            | -             |
| 4              | Дубовское                                 | 95                       | 3300                         | 0,65                      | 3000                    | 1,9-7,2                                  | +              | -   | +                  | +                        | -                   | -               | -                     | -            | -             |
| 5              | Каргалинское                              | 100                      | 5000                         | 0,3-1,6                   | 3200                    | 2,0-6,3                                  | +              | -   | +                  | +                        | -                   | -               | -                     | -            | -             |
| 6              | Шелковское                                | 100                      | 2300                         |                           | 3600                    | 1,9-7,2                                  | +              | -   | +                  | +                        | -                   | +               | +                     | +            | +             |
| 7              | Червленское                               | 80                       | 5200                         | 0,2-0,5                   | 1250-1750               | 1,65                                     | -              | +   | +                  | +                        | +                   | +               | +                     | +            | +             |
| 8              | Герменчукское                             | 80                       | 1000                         | 0,1-0,4                   | 3200                    | 1,7                                      | -              | +   | +                  | +                        | -                   | +               | +                     | +            | +             |
| 9              | Гудермесское                              | 60                       | 1000                         | 0,05-0,2                  | 950                     | 1,7                                      | -              | -   | +                  | +                        | +                   | +               | +                     | +            | +             |
| 10             | Гунюшки                                   | 70                       | 1500                         |                           | 900                     | 1,65                                     | -              | -   | +                  | +                        | +                   | +               | +                     | +            | +             |
| 11             | Комсомольское                             | 97                       | 2000                         | 0,77                      | 2710                    | 3,0                                      | -              | -   | +                  | +                        | -                   | -               | +                     | +            | -             |
| 12             | Новогрозненское                           | 80                       | 3410                         | 0,12-0,54                 | 1250-1750               | 0,7-1,6                                  | -              | +   | +                  | +                        | +                   | +               | +                     | +            | +             |
| 13             | Петропавловское                           | 74                       | 3000                         | 0,03-0,06                 | 3500-3800               | 1,0                                      | -              | -   | +                  | +                        | -                   | +               | -                     | -            | -             |
| 14             | Центрально-Бурунное                       | 98                       | 3400                         | 0,8                       | 2820                    | 3,8                                      | -              | -   | +                  | +                        | -                   | +               | -                     | +            | -             |

## Фонд скважин на теплоэнергетические воды СКУИГТЗ на 1 октября 1999 года

| №/№ | Месторождение термальных вод | Всего скважин на балансе | Действующий фонд |   |                |   |                |                            | Бездействующий фонд |   |                                |                                       | Примечание<br>По экспедиционным выездам   |
|-----|------------------------------|--------------------------|------------------|---|----------------|---|----------------|----------------------------|---------------------|---|--------------------------------|---------------------------------------|---|
|     |                              |                          | водозаборные     |   | нагнетательные |   | наблюдательные |                            | в консервации       |   | требующие капитального ремонта |                                       |   |
|     |                              |                          | количество       | номер скважин   | количество     | номер скважин                                   | количество     | номер скважин              | количество          | номер скважин   | количество                     | номер скважин                         |   |
| 1   | Ханкальское                  | 39                       | 12               | 1-Т, 2-Т, 3-Т, 4-Т, 14-Т, 20-Т, 41-Т, 33-28, 8-32, 10-28, 27-32, 5-31 | 7              | 31-25, 29-25, 30-25, 14-25, 33-25, 52-25, 43-25 | 5              | 6-Т, 7-Т, 17-Т, 60-23, 253 | 9                   | 13-Т, 16-Т, 18-Т, 19-Т, 22-Т, 23-Т, 26-Т, 29-Т, 18-26 | 6                              | 5Т, 42-25, 54-25, 40-25, 21-24, 24-28 | Скважины 8-Т, 9-Т, 11-Т, 15-Т, 21-Т, 26-Т, 27-Т, 28-Т, 30-Т, 31-Т переданы на баланс СКУИГТЗ.<br>Скважина 18-Т задействована в опытном выпуске из XXII пласта |
| 2   | Гойтинское                   | 5                        | 2                | 8-Т, 10-Т   |                |   | 2              | 7-Т, 16-Т                  | 1                   | 15-Т  |                                |                                       | 8Т – построена баня<br>7-Т – изливает<br>16-Т приблизительное местоположение (10-Т – ликвидирована, 15-Т находится под горами мусора)                         |

|    |   |    |    |                        |   |  |   |        |                        |    |                               |  |
|----|---|----|----|------------------------|---|--|---|--------|------------------------|----|-------------------------------|--|
| 3  | Новошедринское                              | 1  |    |                        |   |  |   | 1      | 1-Т                    |    |                               |  |
| 4  | Дубовское                                   | 2  |    |                        |   |  |   | 2      | 11-Т, 2-Т              |    |                               |  |
| 5  | Каргалинское                                | 7  | 4  | 5-Т, 6-Т,<br>7-Т, 8-Т  |   |  |   | 3      | 9-Т, 10-Т,<br>11-Т     |    |                               |  |
| 6  | Шелковское                                  | 3  |    |                        |   |  |   | 3      | 1-Т, 2-Т, 3-Т          |    |                               |  |
| 7  | Червленское                                 | 6  | 4  | 1-Т, 2-Т,<br>3-Т, 4-Т, |   |  |   | 1      | 22 Сев.-<br>Брагунская | 1  | 19<br>Сев.-<br>Брагунска<br>я |  |
| 8  | Герменчукское                               | 1  | 1  | 25Г-К                  |   |  |   |        |                        |    |                               |  |
| 9  | Гудермесское                                | 3  | 1  | 8-Т                    |   |  |   |        |                        | 2  | 2Терек<br>1Магистр<br>альная  |  |
| 10 | Гунюшки                                     | 1  | 1  | 11-Т                   |   |  |   |        |                        |    |                               | Скважина 1-Т в 1991<br>году ликвидирована<br>физически |
| 11 | Комсомольское                               | 2  | 1  | 128                    |   |  |   |        |                        | 1  | 171                           |  |
| 12 | Новогрозненское                             | 9  | 3  | 6, 100,<br>101/91?     |   |  |   | 4      | 65, 57, 23,<br>61      | 2  | 31, 33                        |  |
| 13 | Петропавловское<br>(Северо-<br>Грозненское) | 1  | 1  | 1-Т                    |   |  |   |        |                        |    |                               |  |
| 14 | Центрально-<br>Бурунное                     | 3  | 1  | 1-Т                    |   |  |   | 2      | 2Т, 3Т                 |    |                               |  |
|    | Итого:                                      | 83 | 31 |                        | 7 |  | 7 | 2<br>6 |                        | 12 |                               |  |

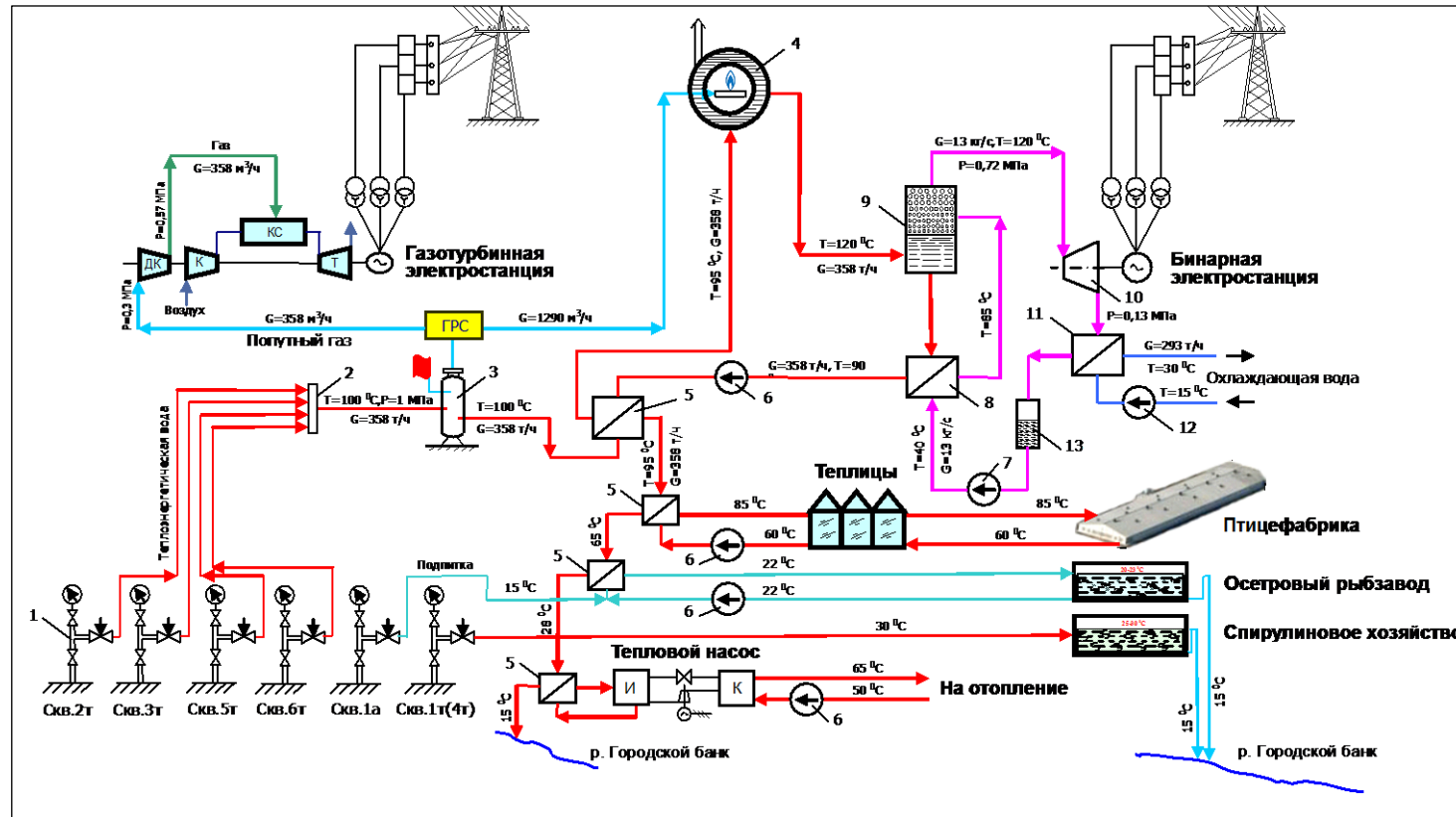


Схема энергобиологического комплекса

1 – продуктивная скважина; 2 – коллектор; 3 – сепаратор горючих газов; 4 – котел; 5 – промежуточный теплообменник; 6 – циркуляционный насос; 7 – питательный насос; 8 – подогреватель; 9 – испаритель; 10 – турбина; 11 – конденсатор; 12 – конденсатный насос; 13 – ресивер; ГРС – газораспределительная станция; ДК – дожимной компрессор; К – воздушный компрессор; КС – камера сгорания; Т – газовая турбина; 1а – артезианская скважина; 1т, 4т – термальные скважины.

## МТВ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (состояние и использование)

| №/№ | Наименование месторождений | Потребители в прошлом   | Рекомендации по использованию  | Современное состояние использования ГВ и фонда скважин  |
|-----|----------------------------|---|--|---|
| 1   | Ханкальское                | Совхозы «Тепличный», «Пригородный», Гикаловский консервный завод, НГДУ «Грознефтегаз», Грозненское району, кооператив «Машар» | Отопление, ГВС, ТПК, орошение, бани, спортивно-оздоровительных и других культурных нужд. | 12 скв.(3-Т, 33-28, 10-28, 27-32, 5-31, 16-Т, 17-Т, 18-Т, 19-Т, 22-Т, 27-32, БН1, БН2) используется для нужд близлежащих населенных пунктов Пригородный, Гикало и др. (ТПХ, бани, ГВС, отопление); 5 скв. (1-Т, 2-Т, 6-Т, 14-Т, 25-Т) находились в аварийном состоянии. В 2015 году построена Ханкальская ГеоТЭС (вновь пробурены 1-ДГТ и 2-НГТ), обогревает ТПК площадью 8 га. Все аварийные скважины загерметизированы. |
| 2   | Гойтинское                 | Плодосеменоводческий госхоз   | Теплоснабжение.  | Обнаружены все 5 скважин. Скв. №7-Т, 10-Т находятся в аварийном состоянии, установлено приблизительное местонахождение скв.16-Т без устьевого оборудования, 15-Т загерметизирована, на скв. 8-Т построена баня.   |
| 3   | Новощедринское             | Для нужд колхоза Коминтерн».  | Теплоснабжение.  | Установлено приблизительное местонахождение скв.1-Т   |
| 4   | Дубовское                  | Колхоз «Путь Коммунизма». отопление животноводческих комплексов, культурно-бытовых и административных зданий.                 | Теплоснабжение.  | Скв. 1-Т и 2-Т загерметизированы. Оборудование находится в критическом состоянии. С середины 2019 года скв. 2-Т начала фонтанировать горячей водой.   |
| 5   | Каргалинское               | Винсовхоз «Алый Терский», коньячный завод «Красный пахарь», совхоз Каргалинский», Терский рыбзавод.                           | Теплоснабжение.  | Местоположение всех скважин установлено. Оборудование находится в критическом состоянии. В 1994-1995 гг. скважины были разгерметизированы и изливались. В 2003-2005 гг. скважины были загерметизированы. В настоящее время скв.9-Т  |

|    |   |   |                                 |   |
|----|---|---|---------------------------------|---|
|    |   |   |                                 | фонтанирует горячей водой.  |
| 6  | Шелковское                              | Для нужд Шелковского аграрного района   | Теплоснабжение                  | Все скважины загерметизированы  |
| 7  | Червленское                             | Винсовхоз «Бурунный»,<br>винзавод «Червленский»,<br>коньячный завод Червленский»,<br>Шелковское району, трест<br>Грознефтегеофизика | Теплоснабжение                  | Установлено местонахождение всего 4 скважин.<br>Скв. 2-Т, 3-Т используются для нужд частной бани и воинской части, расположенной на северной окраине н.п. Червленное, остальные – загерметизированы   |
| 8  | Герменчукское                           | Совхоз «Шалинский»  | Теплоснабжение                  | Скв. 25-Т используется для нужд частной бани  |
| 9  | Гудермесское                            | Управление коммунального хозяйства г. Гудермеса   | Теплоснабжение                  | Скв. 8-Т, 12-Т используются для бытовых нужд частного сектора, а также для местной бани.<br>Пробурены новые скважины, эксплуатируемые хозяйственными структурами. Никакой информации об этих скважинах нет, в том числе, и в СевКавГеолФонде. |
| 10 | Гунышки                                 | Рыборазведение, бани, на технические нужды кирпичного завода «Побединский»  | Теплоснабжение,<br>бальнеология | Скв. 11-Т используется для ГВС частного сектора, Побединской СОШ, пруды для питьевых потребностей КРС. Скв. БН загерметизирована  |
| 11 | Комсомольское                           | Винзавод<br>«Комсомольский».  | Теплоснабжение                  | Скв. № 128, 142, 150 используются для нужд ТПК, отопления и ГВС поселка Левобережный.   |
| 12 | Новогрозненское                         | Винсовхоз «Новогрозненский»,<br>НГДУ «Октябрьнефть»,<br>Суворов-Юртовский<br>животноводческий совхоз                                | Теплоснабжение                  | Скв. № 6-Т, 100, 101, 57 используются для бытовых нужд и частично для отопления.  |
| 13 | Петропавловское<br>(Северо-Грозненское) | Совхоз «Юбилейный» и<br>Грозненские теплосети.  | Теплоснабжение и<br>ГВС         | На скв. № 1-Т построена частная баня.   |
| 14 | Центрально-Бурунное                     | Госплемзавод «Шелковский»   | Теплоснабжение                  | Скв. № 1-Т, 2-Т, 3-Т используются для обогрева и ГВС частного сектора.  |