

На правах рукописи



Гацаева Лиана Саидовна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОСВОЕНИЯ
ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Специальность 1.6.21. Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Грозный – 2023

Работа выполнена на кафедре экологии и природопользования Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова

Научный
руководитель: **Керимов Ибрагим Ахмедович,**
доктор физико-математических наук, профессор,
зав. кафедрой экологии и природопользования
ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова

Официальные
оппоненты: **Бармин Александр Николаевич,**
доктор географических наук, профессор, декан
геолого-географического факультета
Астраханского государственного университета

Хацаева Фатима Мусаевна,
кандидат географических наук,
декан факультета географии и геоэкологии
СОГУ имени К.Л. Хетагурова

Ведущая
организация: Институт геологии ДФНЦ РАН
(г. Махачкала)

Защита состоится «29» февраля 2024 года в _____ на заседании диссертационного совета 99.0.075.03 (Д 999.228.03) при ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр РАН», ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М.Д. Миллионщикова», ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова» по адресу: г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а (ГФИ ВНЦ РАН).

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, подписанные и заверенные печатью организации) просим направить по адресу: 364051, г. Грозный, пр. Х. Исаева, д. 100, на имя ученого секретаря диссертационного совета 99.0.075.03 (Д 999.228.03) З.Ш. Гагаевой.

E-mail: geodissovets@mail.ru; тел./факс 8(8712) 22-26-07.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова» и на сайтах:

https://gstou.ru/science/dissertation_council/, vak.minobrnauki.gov.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 99.0.075.03 (Д 999.228.03)
К.Г.Н.



З.Ш. Гагаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Геотермальная энергетика – одна из самых быстрорастущих отраслей мира. В Чеченской Республике с пассивным топливно-энергетическим балансом развитие геотермальной энергетики будет способствовать: замещению большей доли используемого традиционного УВ-сырья при одновременном повышении надежности энергообеспечения; решению проблем загрязнения природной среды за счет уменьшения вредных выбросов от традиционных энергетических установок; созданию рабочих мест и т.д.

При разливах минерализованных геотермальных вод загрязняются прилегающие к месторождению территории, в том числе и водные объекты. Содержащиеся в составе вод растворенные газы, фенолы и другие токсичные летучие компоненты загрязняют атмосферу. Также с геотермальными водами связано тепловое загрязнение природной среды. Экологические риски от поступления минерализованных подземных вод на дневную поверхность связаны со скважинами и сохраняются на всех этапах их строительства и функционирования.

С середины XX столетия на территории Чеченской Республики пробурено 83 геотермальные скважины, половина из которых по разным причинам изливаются водами различной температуры и минерализации, остальные из-за изношенности оборудования и срока давности функционирования представляют потенциальную угрозу для природной среды. Многие из них близко подходят к долинам рек и системам дренажно-оросительных каналов, усиливая тем самым экологическую нагрузку на поверхностные и подземные воды. Как известно, 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 хозяйстве 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;
- выполнить анализ природных условий и особенностей 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 т.ч. дать экономически обоснованные направления комплексного использования геотермальных вод республики.

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

Предмет исследования – изучение трансформации ландшафтов на территории изливающихся скважин геотермальных месторождений и возможностей комплексного использования геотермального потенциала.

Методология и методы. Теоретико-методологической основой работы является 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: Microsoft Excel, 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 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», 2011-2022 гг.; V Международный симпозиум «Инженерные науки и науки о Земле: прикладные и фундаментальные исследования» (25-26 февраля 2022 г., г. Грозный) и др.

Публикации. По теме диссертации опубликовано более 20 научных работ, в том числе 6 – в рецензируемых журналах из перечня 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 благодарность своему научному руководителю д.ф.-м.н., профессору, 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цель и основные задачи исследования, научная новизна работы, определяются положения, выносимые на защиту. Теоретическая и практическая значимость работы доказывают ее необходимость для территории Чеченской Республики.

Глава 1. Теоретико-методологические подходы освоения геотермальных вод и их воздействия на природную среду

Тепло Земли для повседневных нужд используется человеком с незапамятных времен. Начало современной геотермальной энергетике и теплоснабжению положено в Италии. В 1916 г. здесь построена первая геотермальная электростанция ГеоЭС «Лардерелло-1» мощностью 12 МВт. Развитие геотермальной энергетике в нашей стране началось в середине XX века: в 1966 г. на Камчатке пущена в эксплуатацию первая ГеоЭС мощностью 5 МВт. В 1967 г. на Паратунском месторождении заработала опытно-промышленная ГеоЭС мощностью около 500 кВт.

Постановление Совета Министров СССР «О развитии работ по использованию в народном хозяйстве глубинного тепла Земли» (1964 г.) положило начало освоению геотермальных месторождений ЧИАССР. К этому периоду относятся специальные исследования по геотермии Северного Кавказа.

По запасам геотермальных вод среди субъектов РФ республика занимает 3-е место: здесь сосредоточено 14 месторождений с разведанными запасами 64,68 тыс. м³/сут. (рис. 1).

Факторы воздействия геотермальной энергетике на природную среду можно разделить на две группы, в зависимости от последовательности их проявления: 1 группа – при строительстве геотермального комплекса (в основном прекращаются после завершения строительства) и 2 группа – при эксплуатации МТВ. Некоторые факторы (например, загрязнения атмосферы и поверхностных водотоков) частично повторяются во время эксплуатации МТВ и негативный эффект даже усиливается при длительности воздействия. Анализ работ по вопросам воздействия геотермальной энергетике на природную среду выявил несколько экологических характеристик, важных в геотермальном производстве: образование загрязняющих веществ не зависит от мощности производства при использовании последних технических решений; направление движения изливающихся вод могут резко измениться в зависимости от режима излива скважины и поверхностных условий, создавая непредвиденные проблемы; необходимость более глубокого использования энтальпии отработанного теплоносителя.

Глава 2. Природные условия и особенности формирования геотермальных вод Чеченской Республики

Территория Чеченской Республики расположена в центральной части северного склона Большого Кавказа и прилегающих к нему Чеченской

равнины и Терско-Кумской низменности. Площадь более 16 тыс. км².
Административный центр – г. Грозный.



Рисунок 1. Месторождения термальных вод Чеченской Республики

Рельеф. В орографическом отношении территория делится на четыре крупные зоны: Большой Кавказ, Терско-Сунженская возвышенность, Чеченская равнина, Затеречная равнина (южная часть Терско-Кумской низменности).

Климат. Характерен континентальный климат с большим разнообразием климатических условий (от засушливого до холодного влажного климата). Главную роль в распределении температур и осадков играет высота над уровнем моря.

Гидрография. Гидрографическая сеть относится к бассейну внутреннего стока. Главная водная артерия – р. Терек. Реки по всей территории распределены неравномерно, причем горная часть и прилегающая к ней

Чеченская равнина имеют густую, сильно разветвленную речную сеть, а на оставшейся территории их практически нет.

Геологическое строение. В литолого-стратиграфическом отношении регион представлен терригенно-карбонатным комплексом мезокайнозоя (рис. 2). Непосредственно МТВ связаны с миоценовыми (караган-чокрак) отложениями. Высокогорная часть характеризуется с выходом на поверхность наиболее древних по возрасту горных пород. Связь геологического строения с современным рельефом четко проявляется в горной части республики, где основные черты рельефа предопределены, тектоникой и чередованием в разрезе мезокайнозойских отложений пород различной устойчивости к процессам разрушения.

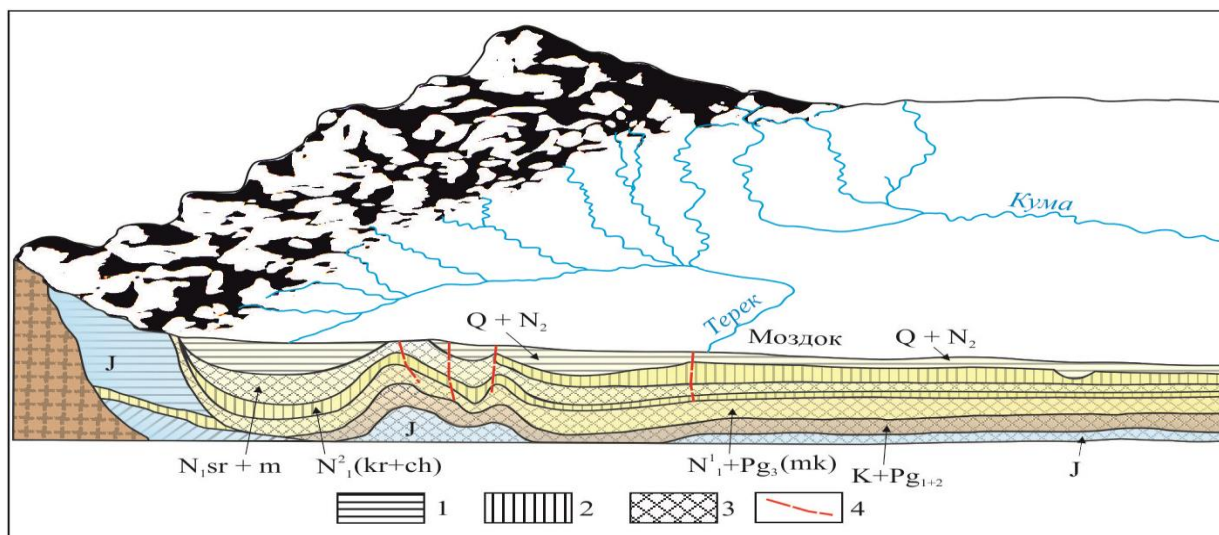
Тектоника и сейсмичность. Главными структурно-тектоническими элементами являются мегантиклинорий Большого Кавказа, Скифская эпигерцинская платформа и Терско-Каспийский передовой прогиб, отличающихся историей геологического развития, геолого-тектоническим строением, литолого-фациальным составом слагающих пород, сейсмическим режимом, что обусловило гидрогеологические, геотермические и гидрохимические особенности.

Анализ и обобщение имеющегося материала указывает на связь между распределением тектонических элементов и МТВ. Наибольшее количество месторождений сосредоточено в восточной части Сунженского хребта, в Затеречном и Притеречном районах.

Основные термоводоносные горизонты и комплексы – караган-чокракские отложения. Рассматриваются как единый водонапорный комплекс, характеризующийся общими условиями залегания, питания, разгрузки и формирования химического состава вод.

Вскрыты геотермальные воды также в мезозое и в апшероне. Пьезометрическая поверхность всех водоносных комплексов (при отдельных аномалиях) снижается по мере движения подземных вод от области питания (Черные горы) к областям разгрузки. С юга на север меняется и качественный состав вод (от пресных и слабоминерализованных до высокоминерализованных). Движение вод караган-чокракских отложений идет с юга на север. Достигая дна синклиналильных прогибов и прогреваясь до высоких температур в районе Передовых хребтов, дополнительно прогреваются за счет термоаномалий в антиклиналильных структурах и поднимаются на поверхность в виде термоминеральных источников (Серноводские, Брагунские, Горячеводские и др.).

Геотермическое поле. Распределение температур в земной коре обусловлено особенностями геологического строения. В разрезе Терско-Сунженского геотермального района выделяют ряд толщ, различных по своей геотермической характеристике: 3 теплопроводные толщи отложений (четвертичные и плиоценовые; среднемиоценовые; эоцен-палеоценовые и более древние) и 2 теплоизолирующие толщи (сарматские и майкопские глины). Среднее значение геотермической ступени для района составляет 25 м/°С.



Условные обозначения: 1 – сульфатнонатриевый; 2 – гидрокарбонатнонатриевый; 3 – хлоркальциевый; 4 – тектонические разломы

Рис. 2. Геологическое строение и рельеф с гидрогеологическими данными по профилю Центральный Кавказ, Передовые хребты, Затеречная равнина (по материалам Сухарева Г.М., 1961)

Обобщение большого фактического материала позволяет сделать следующие выводы:

1. Существует связь между пространственным распределением тектонических элементов и МТВ.
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 XVI и XXII пласты).
4. Для этих пластов характерны наиболее благоприятные гидрогеологические условия.

Глава 3. Геоэкологическая оценка влияния геотермальных вод на природную среду Чеченской Республики

МТВ приурочены к неогеновым песчаникам. Глубина залегания водоносных горизонтов колеблется от 570 м (Ханкальское) до 3800 м (Петропавловское). Минерализация – 0,7-7,2 г/л. Температура – 60-110⁰С. Тип воды в основном термальный, гидрокарбонатно-натриевый хлоридный. Опираясь на ориентировочные показатели использования геотермальных вод в качестве теплоносителей, в лечебных и бальнеологических целях уточнены возможные схемы использования теплоэнергетических вод. Эффективность использования геотермальных вод возрастает при максимальном срабатывании теплового потенциала в его поступенчатой утилизации. Ярким примером является Мостовское месторождение (Краснодарский край). Аналогичная схема предусматривается и на Ханкальском МТВ – наиболее перспективного из всех месторождений, что обусловлено особенностями

месторождения, физико-химическими характеристиками геотермальных вод, возможным потенциалом реализации геотермальной энергии для теплоснабжения г. Грозный, военного гарнизона в Ханкале, строительства теплично-парникового комбината мощностью 6-18 га. Кроме того, в водах Ханкальского МТВ установлено содержание микроэлементов (*K, Li, Fe, Cu, Zn, Al, B, Sr, Pb, F* и др.), свидетельствующих об их перспективности для извлечения ценных компонентов. По Ханкальскому месторождению за счет внедрения гидроциркуляционной системы (ГЦС) может проектироваться добыча 31,0 тыс. м³/сут. воды с температурой 85-100 °С.

Расчеты по оценке эффективности Ханкальского МТВ показывают, что при использовании геотермального потенциала термоводозабора только для целей горячего водоснабжения (ГВС) теплом могут быть охвачены населенные пункты и городские микрорайоны общей тепловой мощностью 93,2 Гкал/ч и населением более 370 тыс. чел. При использовании одновременно для отопления и ГВС геотермальным теплом могут быть охвачены 150 тыс. чел. При этом сокращении выбросов вредных веществ в атмосферу составляет более 250 тыс. т и ежегодная экономия органического топлива более 130 тыс. т.у.т. Также возможна выработка электроэнергии по бинарному циклу, но на сегодняшний день малоэффективна ввиду отрицательной доходности.

Фонд скважин. По состоянию на 1 октября 1994 г. по 14 МТВ фонд термальных скважин состоял из 83 единиц (действующий фонд – 45 ед.). По результатам инвентаризации уточнено местоположение 76 скважин, 37 из которых на момент проверки давали приток воды (табл. 1). Большая часть скважин выработала амортизационный период (25 лет), находится в эксплуатации более 50 лет и нуждается в ликвидации, часть скважин требует герметизации и капитального ремонта. На месторождениях (за исключением Ханкальского) не проводятся мероприятия по ППД.

Воздействие нефтяного комплекса ЧР привело к трансформации природно-антропогенной среды из-за формирования техногенных залежей нефтепродуктов, плавающих на грунтовых водах. К 1995 г. почти 1/2 территории ЧР характеризовалась как зона экологического бедствия (Керимов и др., 2011 г). Согласно схеме геоэкологического районирования территории ЧР (ФГУГП «Севкавгеология», 2003) МТВ попадают преимущественно в области с умеренным и со средним уровнем деформации геологической среды, а объект первоочередного освоения (Ханкальское) – с неудовлетворительным и кризисным состоянием, что необходимо учитывать при освоении.

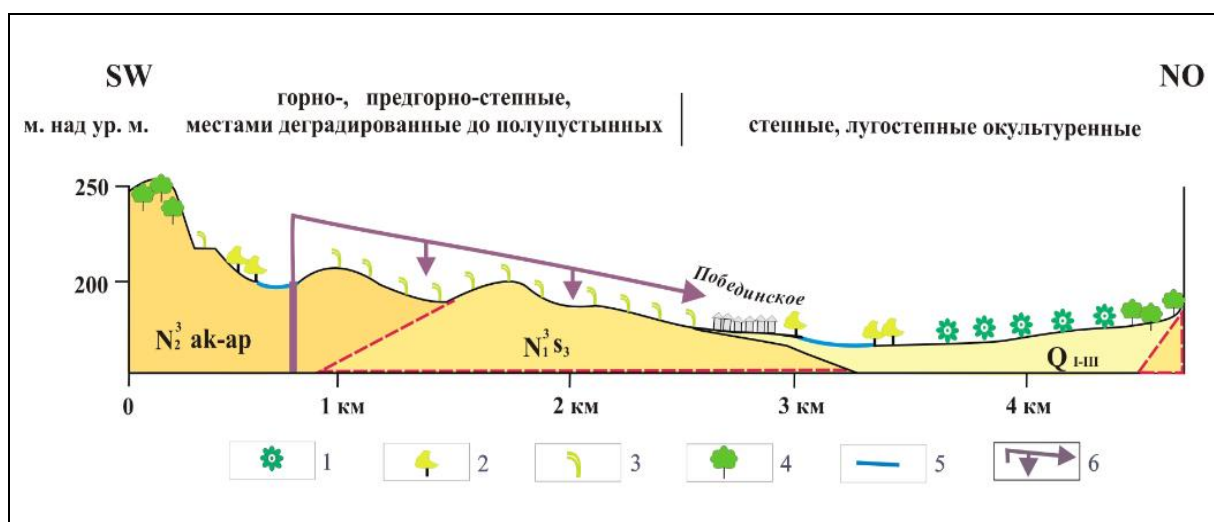
Для комплексной геоэкологической оценки воздействия изливающихся геотермальных вод на природные и природно-хозяйственные компоненты и в целом структуру всего вмещающего ландшафта для исследований были выбраны скважины 11-Т Гунюшки и 9-Т Каргалинская.

Опираясь на фондовые материалы и полевые исследования с использованием спутниковых данных и квадрокоптера, проведено картографирование ареалов влияния выбранных скважин. На

мезомасштабном уровне была дана оценка их встроенности в региональную ландшафтную структуру (построены профили с обозначением основных геолого-географических границ и единиц физико-географической дифференциации: типы и группы ландшафтов). На крупномасштабном уровне 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, почв, донных отложений.

Скважина И-Т Гунюшки. Ареал воздействия скважины затрагивает два основных типа ландшафтов: склоны отрогов передовых хребтов и террасы и присклоновые поверхности межгорных долин, что дало возможности активному освоению с сочетанием земледелия и животноводства. Физико-географическую дифференциацию на локальном уровне демонстрируют высотный профиль и карта ландшафтов, составленных по материалам полевых исследований (рис. 3 и 4).



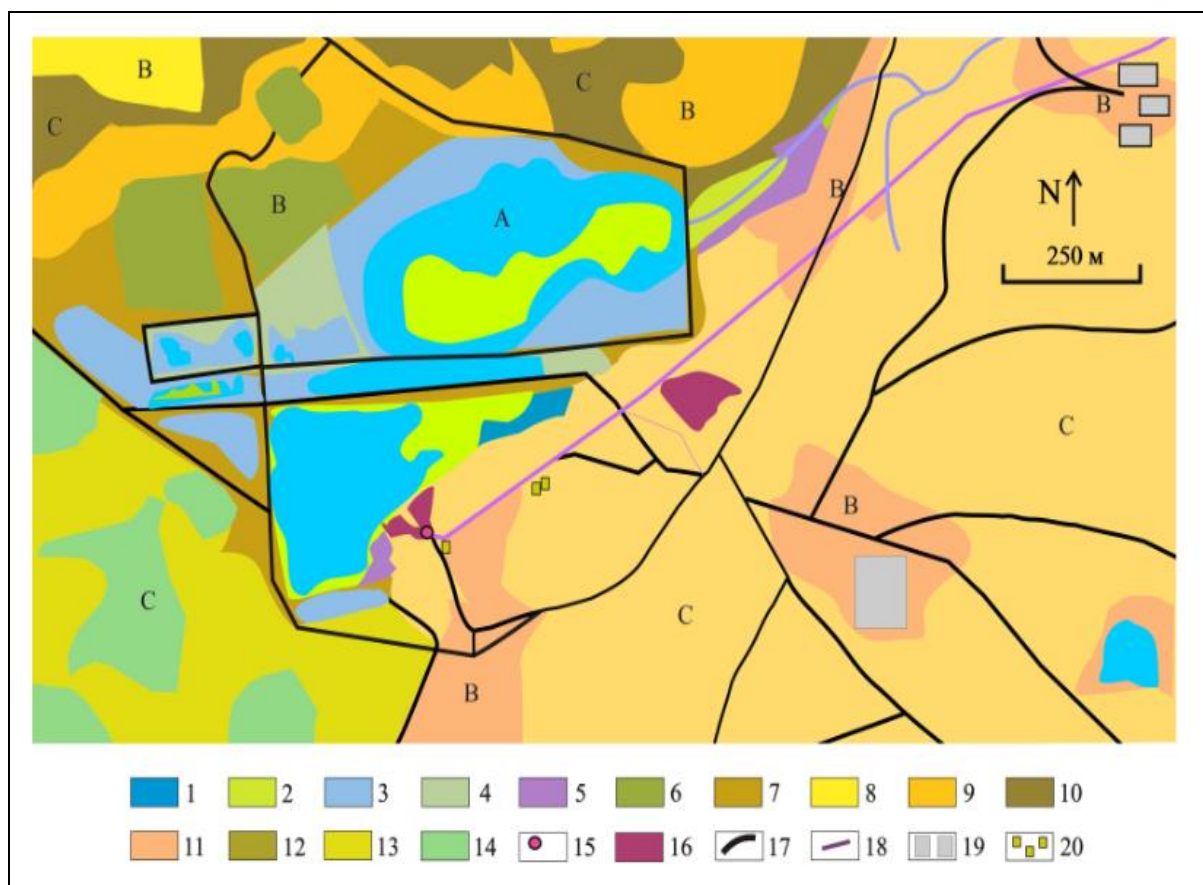
Условные обозначения: 1 – сельскохозяйственные поля разной интенсивности; 2 – кустарники в гидроморфных понижениях (ива и др.); 3 – степное разнотравье; 4 – лесные заросли из диких плодовых деревьев и др.; 5 – водоемы; 6 – скв. И-Т и продуктопровод

Рис. 3. Комплексный физико-географический профиль по линии Сунженский хребет – Алханчуртский канал через с. Побединское

На карте ареал воздействия скважины значительно увеличивается в направлении на север, где располагались каскады резервуаров воды, использованные в животноводстве (рис. 4).

Динамический ряд природных комплексов формируется под влиянием двух основных факторов антропогенного происхождения: условия увлажнения и воздействия на почвенно-растительный покров. Условия увлажнения меняются в зависимости от нахождения и перераспределения воды из скважины и выпадения атмосферных осадков. Например,

максимальное среднегодовое количество осадков характерно для 2017 г., и на космоснимке отчетливо прослеживается увеличение площади водоема. 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. Наименее деградированы природные комплексы склонов северной и северо-восточной экспозиции.



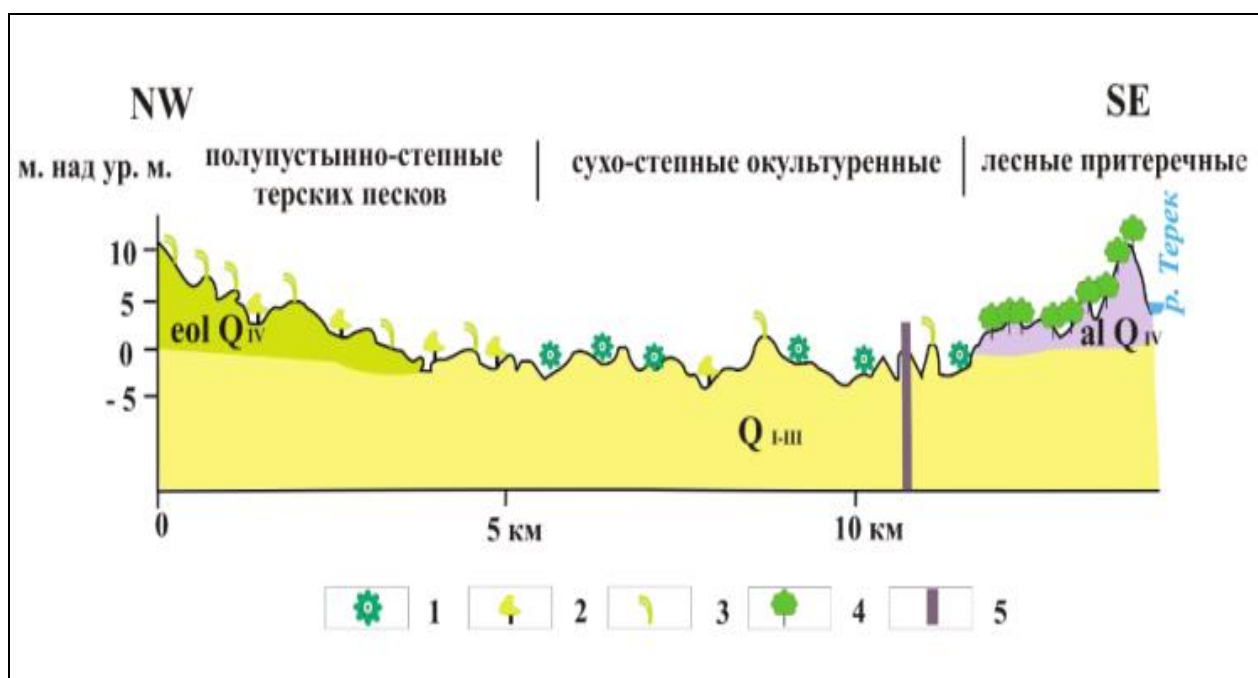
Условные обозначения: 1-6 – природно-антропогенные комплексы с коренными изменениями рельефа и водного режима; 7-8 – природно-антропогенные комплексы переходного типа с природно-антропогенной динамикой; 9-14 – природно-антропогенные и природные комплексы преимущественно с природной динамикой; 15-20 – техногенные комплексы

Рис. 4. Ландшафтная карта ареала воздействия скважины 11-Т Гунюшки

Вода из скв. 11-Т Гунюшки относится к слабоминерализованной. Издержки по содержанию и эксплуатации скважины осуществляются за счет потребителей с. Побединское. Вся прискважинная территория захламлена мусором и различными приспособлениями для ванн и саун, стоки которых также являются одним из источников загрязнения техногенных водоемов. Длительное антропогенное воздействие способствовало образованию новых природно-антропогенных и техногенных комплексов с коренными изменениями рельефа и водного режима. Излив вод из скважины привел к переувлажнению и заболачиванию прилегающей территории. В целом антропогенное воздействие определяется как «сумма прямых и

опосредованных (косвенных) влияний на окружающую среду» (Реймерс, 1990). Под прямым антропогенным воздействием 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 характеризуется как сильно- и среднедеградированное, приходится около 63 га (ландшафты 9-14). И таким образом, в результате наложения двух основных факторов в районе разлива скважины 11-Т Гунюшки в общей сложности из сельскохозяйственного оборота изъято порядка 120 га земель.

Скважина 9-Т Каргалинская. Расположена в Шелковском районе ЧР. В 2019 г. стала фонтанировать в результате герметизации скважины 2-Т на Дубовской площади в районе ст. Бороздиновская. Сама скважина и ареал ее воздействия расположены в долине р. Терек между Терским массивом и приречными террасами Терека (рис. 5). Рельеф территории грядово-бугристый, глубины понижений достигают несколько метров, определяя большие разнообразия в условиях увлажнения.



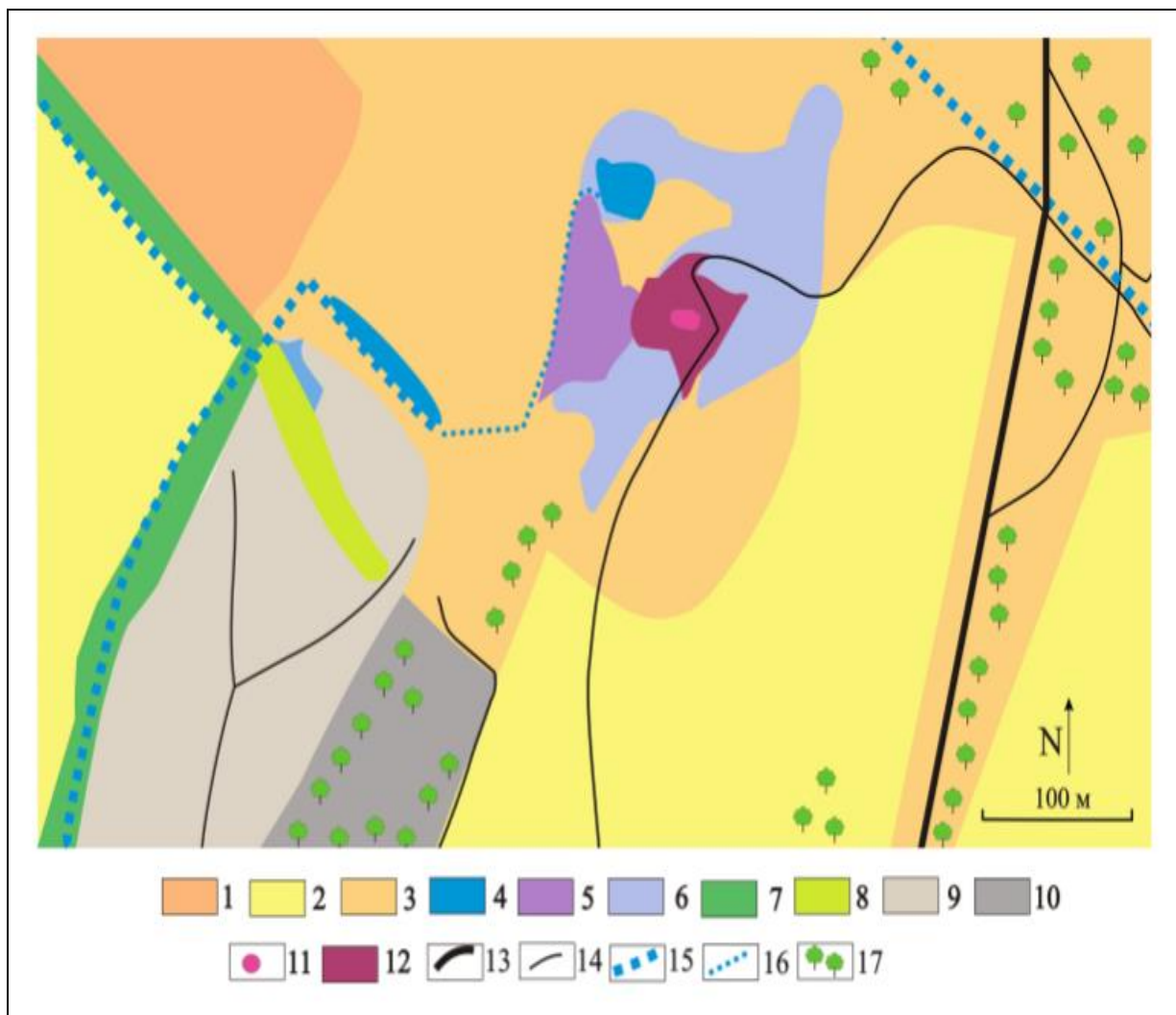
Условные обозначения: 1 – сельскохозяйств. поля разной интенсивности; 2 – кустарники в гидроморфных понижениях (ива и др.); 3 – степное разнотравье; 4 – лесные заросли из тополя, дуба, карагача, диких плодовых и др.; 5 – скважина

Рис. 5. Комплексный физико-географический профиль по линии Терские пески – Терек

Физико-географическую дифференциацию на локальном уровне демонстрирует ландшафтная карта-схема (рис. 6). Ландшафтная структура значительно усложнилась вследствие влияния скважины: 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 представляли пашни).

Гидроморфный ряд природных комплексов представлен озерками воды, вблизи которых развиваются природные комплексы с заболоченным почвенно-растительным покровом (5) и участки с повышенной увлажненностью с осоковой и другой гидроморфной растительностью (6). К гидроморфному ряду также можно 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).



Условные обозначения: 1 – поверхности полей с интенсивным использованием; 2 – поверхности полей с экстенсивным использованием; 3 – грядово-бугристые поверхности; 4 – водоемы; 5 – заболоченные участки; 6 – поверхности с повышенной увлажненностью; 7 – каналы оросительно-дренажной сети; 8 – прибрежные к водоемам участки с камышовыми зарослями; 9 – свалка строительного грунта; 10 – законсервированная свалка бытового мусора; 11 – скважина; 12 – ареал с пионерной растительностью; 13 – магистральные дороги; 14 – полевые дороги; 15 – основные водные каналы; 16 – второстепенные каналы; 17 – участки лесовозобновления.

Рис. 6. Карта-схема ландшафтов и использования земель в ареале воздействия скважины 9-Т Каргалинская

Таблица 1 – Состояние фонда термальных скважин

Название месторождения	Фонд скважин	Местоположение известно	Использование	Примечание
Ханкальское	39+2 вновь пробуренные	36+2	Построена ГеоТЭС Сква. 12-Т – для нужд ТПК, Б, ГВС, Т.	Все авар. скважины загерметизированы. Соблюдается режим ППД.
Гойтинское	5	сква. 16-Т приблизительно	сква. 8-Т – Б	Сква.10-Т – ликвидирована Сква.15-Т – находится под горами мусора. Сква.7-Т – изливается
Новошедринское	1	приблизительно	-	Без устьевого оборудования
Дубовское	2	да	-	Не функционируют
Каргалинское	7	да	ВПЦ для скота, Т, ГВС	Фонтанирует сква. 9-Т
Шелковское	4	номера не установлены	-	Сква. 3-Т не передана на баланс СКУИГТЗ
Червленское	5	4	сква. 2-Т, 3-Т – Б	-
Герменчукское	1	да	Б	-
Гудермесское	3	да	ХБН, Б	Пробурены новые скважины, информации нет
Гунюшки	2	сква. 11-Т – да	ВПЦ, Т, техническое водоснабжение	Сква. 1-Т – местоположение неизвестно
Комсомольское	3	да	ТПК, Т, ГВС	-
Новогрозненское	9	да	ХБН, частично для Т	-
Петропавловское	1	да	Б	Вода сбрасывается в канализацию
Центрально-Бурунное	3	да	Т, ХБН	Самоизливают

Примечание: Т – теплоснабжение; ГВС – горячее водоснабжение, ТПК – теплично-парниковый комплекс, ХБН – хозяйственно-бытовые нужды, Б – баня, ВПЦ – водо-питьевые цели

Сам очаг скважины представляет собой оголенную от растительности поверхность (11), к которой примыкает ареал, в котором встречаются куртины пионерной растительности (12), наблюдается значительная замусоренность.

Температура воды в самой скважине близка к 100⁰С. По мере удаления от скважины она опускается, достигая в канаве, соединяющей с дренажно-оросительной сетью, 27⁰С. (около 70 м от скважины). Таким образом, налицо тепловое и водно-химическое влияние на вмещающий ландшафт.

Другим источником техногенного воздействия является свалка, имеющая два ареала. Один из них 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 свозят строительный грунт (9). По сути, здесь смыкаются два источника антропогенного воздействия, представленные скважиной и свалкой. Они нарушают природно-антропогенную структуру сельскохозяйственных угодий. Таким образом, под прямым антропогенным воздействием находится участок с площадью более 0,35 га, под прямым и относительно слабым воздействием – 3 га, а в зоне косвенного воздействия – 12,5 га.

Химические анализы. На базе ГБУ «Лаборатория экологического контроля» (Аттестат аккредитации № RA.RU.21ЧР01) проведены химические анализы отобранных проб воды, почв, донных отложений. Определялись следующие показатели: аммоний-, хлорид-, нитрит-, нитрат-, сульфат-ионы, хром, общее железо, хлориды, окисляемость перманганатная, сухой остаток, БПК₅, марганец, свинец, кадмий, цинк, цветность. Непосредственно на месте определялись некоторые органолептические показатели воды: температура, запах, привкус и др. В районе скважин слегка ощутил запах сероводорода (у скв. 9-Т Каргалинская сильнее).

Результаты анализа проб воды свидетельствуют о том, что содержание большинства исследуемых показателей незначительно или вообще не превышает значения ПДК. Но в воде из скв. 9-Т Каргалинская содержание хлоридов составляет 3527,2 мг/дм³ (10-кратное превышение нормы), 5-ти кратное превышение значения сухого остатка (5800 мг/дм³). По показателю общей минерализации вода относится к солоноватым и не пригодна для использования в питьевых целях.

Исследуемые показатели грунтовых вод из котловины, вырытой для капельного орошения бахчевых культур, тоже в пределах допустимых ПДК и пока вода не подвержена влиянию скв. 9-Т Каргалинская, но со временем возможно просачивание геотермальных вод из озерцов вокруг скважины и ухудшение этой картины.

Химический анализ почв и донных отложений показал, что содержание большинства показателей не превышают ПДК. 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.

Химико-аналитические исследования отобранных материалов также выявило следующее:

- Сравнительный анализ данных по 2-м скважинам показывает, что основные исследуемые показатели являются близкими по абсолютной величине. Некоторые отличия обусловлены приуроченностью скважин к различным горно-геологическим условиям (глубина, литология, стратиграфия, тектоника, физико-химические свойства геотермальных вод и т.д.).
- В отобранных пробах по всем объектам содержание наиболее вредных компонентов (ртуть, мышьяк, свинец, нефтепродукты, хром) находятся в основном в пределах нормативов качества и они не могут оказывать негативное воздействие на природную среду.
- Однако, несмотря на низкие показатели ПДК, ПДС, ПДВ, длительный период излива геотермальных вод по указанным объектам может привести к отрицательному воздействию на почвы и выводу значительных площадей земель из сельскохозяйственного оборота.

Геоботанические исследования. С целью исследования флоры в зоне излива геотермальных вод в начале осени 2020-2022 гг. велись флористические наблюдения. Маршруты проложены с учетом рельефа и уровня воздействия изливающихся вод на ландшафты. Для сравнительного анализа на каждой из исследуемых территорий закладывались по два профиля: профиль I непосредственно в зоне воздействия геотермальных вод, и II – контрольный (рис. 7).

Геоботанические исследования проводились с выделением основных фитоценозов, в отдельных точках которых закладывались трансекты (1 м²) и определялись доминирующие ассоциации, количество доминантов, общее проективное покрытие (табл. 2). На профиле I (скв. 11-Т Гунюшки) флора представлена 17 видами растений, относящимися к 14 родам и 11 семействам, на контрольном профиле II видовой 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 видовой разнообразия чуть больше: здесь имеется 20 видов растений, относящихся к 13 родам и 8 семействам.

Таким образом, на контрольных профилях видовой состав и площадь проективного покрытия выше, за исключением тех трансект, на которые оказывают влияние и другие факторы (близость к прогонным тропам и дорогам, озерам, продуктопроводу).



а) ареал воздействия скв. 11-Т Гунюшки



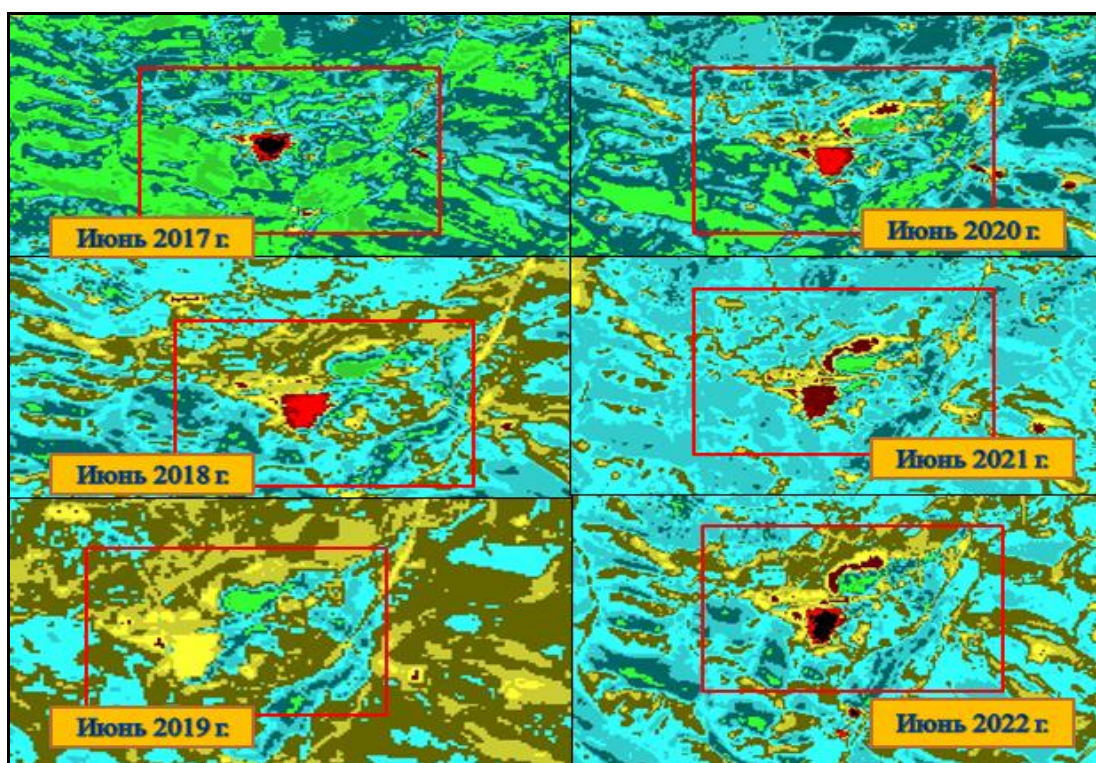
б) ареал воздействия скв. 9-Т Каргалинская

Рис. 7. Карты-схемы полевых исследований

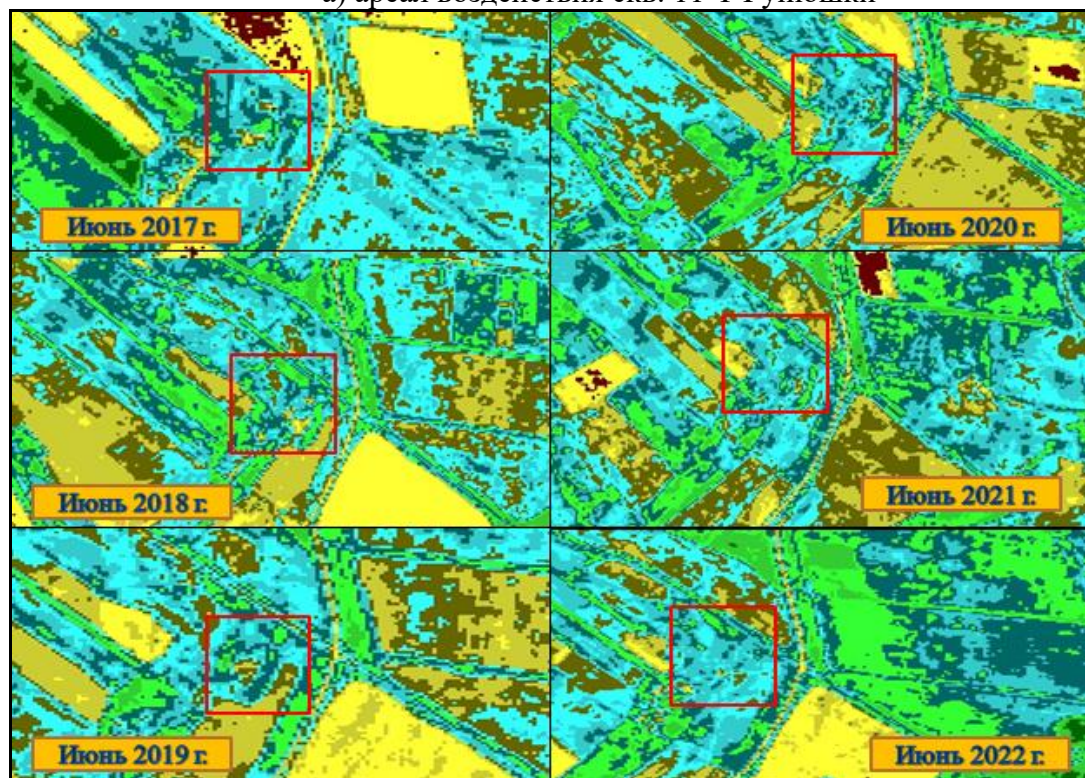
Таблица 2 – Геоботанические описания трансект

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

Дешифрирование космоснимков за период 2017-2022 гг. показало признаки значительного угнетения растительных сообществ и увеличение площади деградируемых земель в районах исследований (рис. 8).



а) ареал воздействия скв. 11-Т Гуношки



б) ареал воздействия скв. 9-Т Каргалинская

Рис. 8. Временная динамика площадных нарушений (2017-2022 гг.)

Возможно, это связано также и с интенсификацией сельского хозяйства, с одной стороны, и сезонной динамикой выпадения осадков, с другой. В зоне максимального воздействия изливающихся вод прослеживается существенная трансформация естественных растительных сообществ.

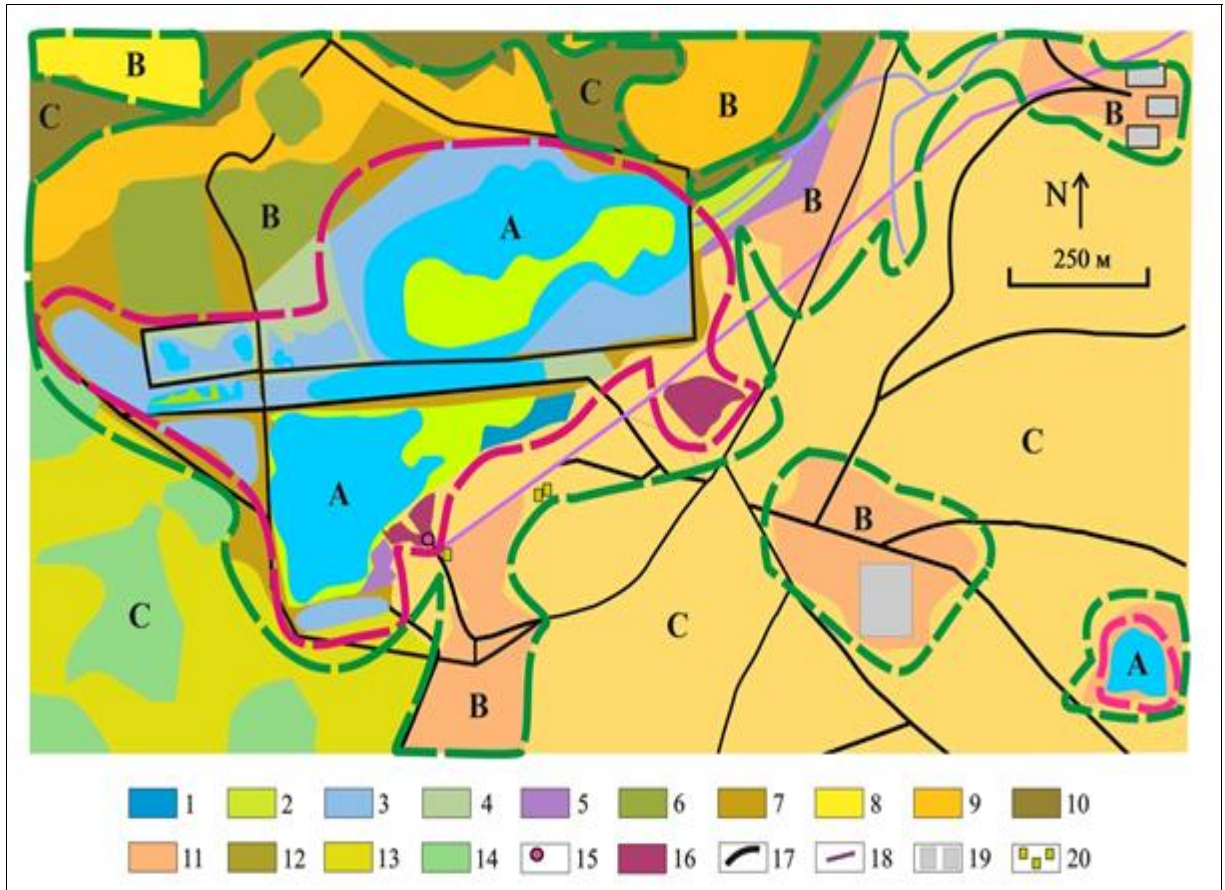
Геоэкологическое зонирование ареала воздействия геотермальных вод изливающихся скважин. Нарушения гидрологического режима, связанного с воздействием скважин, привело к прямым и косвенным влияниям на ландшафт. С одной стороны наблюдается закустаривание и лесовозобновление (причина также и снижение интенсивности хозяйственного использования на данной местности), а с другой стороны, в результате теплового воздействия и перевыпаса скота наблюдается ухудшение видового состава растительного покрова (вплоть до дефляции).

Отсутствие древесного подроста, кустарничков, характерных для природной зоны степей и лесостепей, привело к изменению комплекса абиотических факторов, это сопровождается формированием заболоченного сообщества с высокой плотностью проективного покрытия (до 70-80 %) и доминированием одного вида (тростник обыкновенный *Phragmites australis Cav.*), который одновременно является и гидрофитом, и галофитом. Кроме него на заболоченных участках встречаются заросли камыша (*Scirpus sylvaticus L.*), которые выдерживают сильное увлажнение, высокие температуры, засоление почв.

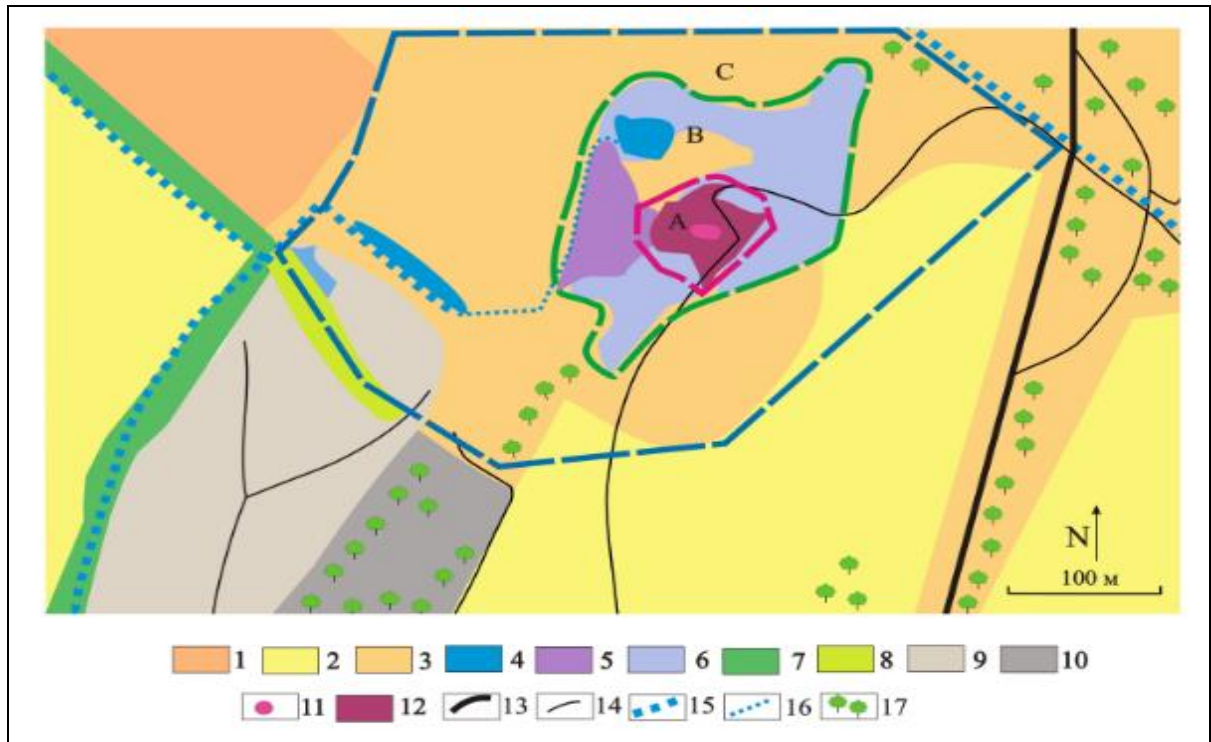
На основе ландшафтных карт и других материалов (орографии, геологического строения, состояния почвенного покрова, биоты и др.) составлены карты-схемы геоэкологического зонирования исследуемой территории с учетом антропогенного воздействия на природную среду. На них выделены три совокупных ареала техногенного воздействия: А – сильное, прямое, В – косвенное сильное, С – косвенное слабое (рис. 9).

Зона А – ареал, где непосредственно изливается горячая и минерализованная вода. Здесь природные комплексы полностью уничтожены, вместо них формируются техногенные 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 экономический интерес вследствие снижения доступности, расчлененности и т.д.

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 данных районах. Но в очагах сильного (14,1 % и 2,2 %) и косвенно сильного уровня экологической напряженности (33,3 % и 18,2 %) должны проводиться рекультивационные мероприятия по восстановлению ландшафтов.



а) ареал воздействия скв. 11-Т Гунюшки



б) ареал воздействия скв. 9-Т Каргалинская

Рис. 9. Карты-схемы геоэкологического зонирования ареалов воздействия геотермальных скважин

Таким образом, выполненными исследованиями установлено, что скважины 11-Т Гунюшки и 9-Т Каргалинская являются источниками трансформации природной среды, которая проявилась в деградации растительного покрова, смене растительных сообществ, изменении всей системы землепользования и т.д. Нарушение экологического равновесия на исследуемых территориях находится в тесной взаимосвязи с минерализацией и энthalпией геотермальных вод. В результате длительного излива (более 30 лет) воды невысокой минерализации из скв. 11-Т Гунюшки привело к отторжению из сельхозоборота порядка 120 га земель, а в районе излива солоноватых и более горячих вод из скв. 9-Т Каргалинская за 3 года вышло из оборота порядка 15 га сельхозугодий.

Рекомендации к рекультивации и оптимизации использования нарушенных ландшафтов зависят, прежде всего, от того, в каком направлении пойдет дальнейшая эксплуатация скважин и МТВ в целом. При консервации данных скважин восстановление типичной для данной природной зоны биоты займет несколько лет. На наш взгляд, ландшафты сохранили ассимиляционный потенциал, необходимый для компенсации антропогенного воздействия. Такие же работы надо проводить и на других скважинах и месторождениях, т.к. существует гидродинамическая связь между водоносными горизонтами, и прорыв можно ожидать на любом из них, что чревато последствиями. После ликвидации и/или герметизации скважины необходимо некоторое время вести наблюдения за восстановлением растительного покрова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема рационального использования геотермальных вод Чеченской Республики стала актуальной в связи с необходимостью развития альтернативной энергетики в регионе, в т.ч. геотермальной отрасли с учетом геоэкологических аспектов.

Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы:

- Основные закономерности распространения геотермальных вод (минерализация, температура и т.д.) связаны с тектоническими, литолого-фациальными, гидродинамическими особенностями территории.
- Под воздействием изливающихся геотермальных вод происходит трансформация природной среды, замещение исходных фитоценозов на более устойчивые к теплу и влаге растительных сообществ, заболоченными лугами, обладающими низкими показателями видового состава, проективного покрытия и флористического сходства с фоновыми сообществами.
- Анализ геотермальных ресурсов республики, особенностей разработки, характера потребления геотермальной продукции позволяет рекомендовать Ханкальское месторождение в качестве первоочередного для освоения.

- Предлагаемая схема по комплексному освоению геотермальных ресурсов базируется на ключевых направлениях энергетической, экологической, социально-экономической стратегии развития Чеченской Республики.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1. Гакаев Р.А., Гацаева Л.С. Гидрогеологические условия формирования термальных вод в Чеченской Республике // Проблемы региональной экологии. 2013. № 6. С. 26-28.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Гацаева Л.С., Гуня А.Н., Керимов И.А., Бадаев С.В. Геоэкологическая оценка воздействия геотермальной скважины 9-Т Каргалинская на ландшафты и использование земель // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 1. С. 29-41.

Статьи в других изданиях

7. Daukaev Arun A., Zaburaeva Kh.Sh., Gatsaeva L.S., Daukaev Aslan A., Sarkisyan I.V., Gatsaeva S. S-A. Natural mineral waters of the Chechen Republic: current usage and prospects for development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Symposium «Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects»» 579 (2020). 012025
8. Daukaev A.A., Dadashev R.K., Gatsaeva L.S., Gakaev R.A. Landslides and mudflows in the Chechen Republic: synergetic aspects. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering 2019. 2019. С. 012084.
9. Daukaev A.A., Gatsaeva L.S., Abubakarova E.A., Elzhaev A.S. Analysis of local structure in mesozoic deposits and their oil and gas content to justify geologic

- exploration. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Issue 8. 2018. С. 082009
10. *Гацаева Л.С.* Геоэкологические проблемы освоения геотермальных ресурсов Чеченской Республики // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2017. № 3 (7). С. 17-21.
 11. *Гацаева Л.С.* Геоэкологические аспекты освоения геотермальных ресурсов Чеченской Республики и устойчивое развитие региона // Ландшафтные измерения устойчивого развития: исследование - планирование - управление. Тбилиси, 2017. С. 109-114.
 12. *Гацаева Л.С., Гацаева С.С.А.* Геотермальные ресурсы Чеченской Республики как основа развития бальнеологии // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2019. № 3 (15). С. 89-94.
 13. *Гацаева Л.С., Гайтукиева З.Х., Гацаева С.С.А.* Геотермальная энергетика: вчера, сегодня, завтра // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2020. № 3 (19). С. 65-72.
 14. *Гацаева Л.С.* К истории геотермальных исследований // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Грозный: Академия наук Чеченской Республики. 2014. С. 274-291.
 15. *Гацаева Л.С.* Геохимический анализ качества термальной воды (на примере месторождения термальных вод Гунюшки) // Вестник КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН. Грозный, 2021. № 4 (8). С. 84-96.
 16. *Даукаев А.А., Гацаева Л.С.* История и перспективы использования гидрогеотермальной энергии в Чеченской Республике // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Т. XI. М.: ИИЕТ РАН, 2022. С. 713-722.
 17. *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.
 18. *Керимов И.А., Гацаева Л.С.* Геоэкологические проблемы геотермальной энергетики // Геоэнергетика-2022. Коллективная монография по материалам V-й Международной научно-практической конференции. Грозный, 2022. С. 243-256.
 19. *Гацаева Л.С., Гацаева С.С.А., Даукаев А.А.* Геотермальный ресурс как важный источник энергии // Вестник КНИИ РАН. 2020. № 4 (4). С. 87-92.
 20. *Керимов И.А., Гагаева З.Ш., Абумуслимов А.А., Гацаева Л.С., Тасуева Т.С.* Природно-ресурсный потенциал, экологические проблемы и устойчивое развитие // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2013. № 1(18). С. 77-80.
 21. История изучения и использования подземных вод и их источников на территории Чеченской Республики / *Даукаев А.А., Гацаева Л.С. и др.* // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2017. № 4 (37). С. 84-89.