



ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 553.41/556.3(470.66)

<https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-4-392-407>

Геоэкологические последствия излива геотермальной скважины 11-Т Гунюшки на территории Чеченской Республики

Лиана Саидовна Гацаева^а, Алексей Николаевич Гуня^б, Ибрагим Ахмедович Керимов^с^аКомплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН, г. Грозный, Россия^бИнститут географии РАН, г. Москва, Россия^сИнститут истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН, г. Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Гацаева Лиана Саидовна, gls69@yandex.ru

Резюме. Целью данного исследования являлась геоэкологическая оценка влияния изливающихся подземных вод из геотермальных скважин через энергетически насыщенный теплоноситель с его минеральной составляющей на природные и природно-хозяйственные компоненты и в целом структуру всего вмещающего ландшафта на примере скважины 11-Т Гунюшки Чеченской Республики (Россия). Воздействие изливающихся минерализованных вод из геотермальных скважин на природные и природно-хозяйственные компоненты и в целом на структуру всего вмещающего ландшафта является серьезной экологической проблемой всех нефтегазоносных регионов России. Последствия многолетнего излива термальной воды из рассматриваемой скважины проявились в виде трансформации ландшафтов и угнетения растительного покрова, а в месте сброса неочищенных вод от кустарных бальнеологических объектов (ванн, душей) привели к формированию устойчивого очага загрязнения вплоть до коренной перестройки растительных сообществ. В основу проведенной работы были положены полевые данные, полученные коллективом авторов по ландшафтному картографированию. Результаты дешифрирования космических снимков высокого разрешения иллюстрируют динамику изменений ландшафтов под воздействием термальных вод. Авторами были взяты пробы почв и вод, проведены опросы местных жителей, позволившие скорректировать масштабы и возможности использования этих вод. В результате исследования построены физико-географический профиль, ландшафтная карта ареала воздействия геотермальной скважины, карта-схема геоэкологического зонирования исследуемой территории, выделены основные типы ландшафтов, наиболее сильно испытавших трансформацию при наложении нескольких факторов антропогенного происхождения (условий увлажнения и воздействия на почвенно-растительный покров). Проведенное исследование показало, что в результате антропогенного воздействия из сельскохозяйственного оборота изъято более 120 га плодородных земель. Анализ карты-схемы геоэкологического зонирования свидетельствует о том, что 79 % территории находится в зоне косвенного слабого, 7,14 % – в зоне косвенного сильного, а 13,5 % – в зоне прямого сильного уровня экологической напряженности. В последней должны проводиться рекультивационные мероприятия по восстановлению ландшафтов, так как здесь идет процесс опустынивания. На основе проведенных химических анализов воды авторами даны рекомендации по дальнейшему использованию термальных вод в хозяйстве Грозненского района.

Ключевые слова: ландшафт, геотермальная скважина, воздействие, месторождение термальных вод, излив, исследования

Для цитирования: 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. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-4-392-407>.

GEOECOLOGY

Original article

Geoecological effects of the outflow of 11-T Gunyushki geothermal well in the territory of the Chechen Republic

Liana S. Gatsaeva^а, Aleksey N. Gunya^б, Ibragim A. Kerimov^с^аKh. Ibragimov Complex Research Institute RAS, Grozny, Russia^бInstitute of Geography RAS, Moscow, Russia^сS. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology RAS, Moscow, Russia

Corresponding author: Liana S. Gatsaeva, gls69@yandex.ru

© Гацаева Л. С., Гуня А. Н., Керимов И. А., 2022



Abstract. The purpose of the study is a geoeological assessment of the effect of groundwater flowing from geothermal wells through an energetically saturated coolant with its mineral component on natural and natural-economic components as well as on the structure of the entire enclosing landscape for the case of 11-T Gunyushki well of the Chechen Republic (Russia). The impact of the mineralized waters outflowing from geothermal wells on natural and natural-economic components and on the whole structure of the entire enclosing landscape is a challenging environmental problem for all oil and gas regions of Russia. Long-term outflow of thermal water from the well under consideration resulted in landscape transformation and suppression of the vegetation cover. Moreover, a stable source of pollution was formed in the place where untreated water from hand-crafted balneological facilities (baths, showers) was discharged that caused a radical restructuring of plant communities. The conducted research is based on the field data obtained by a team of authors on landscape mapping. Interpretation of high-resolution satellite images has shown the dynamics of landscape changes under the influence of thermal waters. The authors took water and soil samples and questioned local residents, which made it possible to adjust the scale and possibilities of using these waters. The research performed allowed to develop a physical-geographical profile, create a landscape map of the area affected by a geothermal well and an index map of the geoeological zoning of the area under investigation as well as identify the main types of the most transformed landscapes resulting from the combined impact of several anthropogenic factors (humidification and impact on the soil and vegetation cover). Conducted study has shown that more than 120 hectares of fertile lands were withdrawn from agriculture due to the anthropogenic impact. The analysis of the index map of geoeological zoning demonstrates that 79 % of the territory is located in the zone of a weak indirect environmental impact, 7.14 % – in the zone of a strong indirect environmental impact, 13.5 % – in the zone of a strong direct environmental impact. The latter, requires reclamation in order to restore landscapes, since it undergoes desertification. Having performed a number of chemical analyses of water, the authors gave recommendations for the further use of thermal waters in the economy of the Groznensky region.

Keywords: landscape, geothermal well, impact, thermal water deposit, outflow, research

For citation: Gatsaeva L. S., Gunya A. N., Kerimov I. A. Geoeological effects of the outflow of 11-T Gunyushki geothermal well in the territory of the Chechen Republic. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2022;45(4):392-407. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-4-392-407>.

Введение

Чеченская Республика является старейшим нефтегазоносным районом России. За всю историю нефтедобычи здесь пробурено большое количество скважин различного назначения. Из-за сложного геологического строения данной территории многие скважины как объекты, не выполнившие поставленные задачи, переводились из одной категории в другую, консервировались и т. д. Со временем при нарушении герметичности скважины начинали изливать флюиды (чаще воду, пароводяную смесь), которые являются большими загрязнителями окружающей среды из-за содержания в своем составе различных газов (углекислого газа, сероводорода, метана, примесей азота и аммиака и др.) и представляют для окружающей среды реальную угрозу. Например, в районе излива термальной воды из скважины 6-Т Курдюковская (ст. Курдюковская) в радиусе 0,5–1 км погибли все древесные и травянистые насаждения, а земля по происшествии 5–7 лет после консервации скважины в местах стока выглядит как выжженная после сильного пожара.

Значение геотермальных скважин в природно-хозяйственном комплексе является большой областью исследований специали-

стов различных областей науки (геологов, географов, химиков, экономистов и т. д.) [1–4]. Изучением геотермальных скважин и проблемами геотермии в целом по Северному Кавказу занимались Г. М. Сухарев, С. А. Шагоянц, И. Ю. Коцарев, М. К. Курбанов, А. Б. Алхасов и другие исследователи. В результате проведенных работ ими изучены вопросы происхождения термальных вод, распределения температур, формирования химического состава, закономерности распределения подземных вод в пределах артезианских бассейнов по вертикальному разрезу и площадям. Было также установлено влияние разработки нефтяных залежей с водонапорным режимом на режим термальных источников, которое проявилось в постепенном истощении, снижении дебита и даже в их полном исчезновении в зависимости от гипсометрического уровня истечения [5–7]. Исследование различных аспектов, связанных с функционированием и влиянием изливающихся геотермальных скважин на географическую среду, хозяйство и расселение, представлено крайне неравномерно (хотя в последние годы и наблюдается повышение интереса к этому направлению) [8–13]. Еще меньше внимания уделено вопросам влияния подземных вод из изливающихся



геотермальных скважин на вмещающие ландшафты. Не разработаны в целом комплексные методы, способные оценить количественные и качественные показатели влияния воздействия изливающихся вод на природные и хозяйственные геосистемы, слабо разработаны методы, ориентированные на площадную оценку влияния точечных объектов, которыми являются скважины во вмещающем ландшафте. Исследования в этой области могли бы сделать существенный вклад в теоретико-методологический инструментарий, описывающий влияние высокоэнергетических компонентов геологической среды на динамику и пространственно-временную организованность географических ландшафтов.

Территория Грозненского района Чеченской Республики, на которой проводились исследования, в течение длительного времени находилась под интенсивным воздействием

нефтедобычи. Влияние различных элементов нефтяного комплекса привело к трансформации целых ландшафтов, которые в наши дни стали основным ареалом сельского расселения и в значительной части используются как пастбища. В ходе полевых исследований на изучаемой территории было обнаружено несколько безымянных скважин: одна из них имеет следы свежей герметизации, но из ее отвода наблюдаются выделения нефти с водой, из второй скважины через резиновый патрубков вытекает горячая вода с температурой 63 °С (рис. 1).

Воздействие изливающихся подземных вод при условии длительности данного процесса во времени может усложнить современное геоэкологическое состояние исследуемой территории, причем факты свидетельствуют о том, что на ландшафты значительно большее воздействие оказывает излив минерализо-



Рис. 1. Безымянные скважины на территории Грозненского района Чеченской Республики
Fig. 1. Unnamed wells in the Grozny district of the Chechen Republic



ванных флюидов, нежели нефтяное загрязнение. Современное состояние геотермальных скважин на территории Чеченской Республики рассматривается в работах [14, 15]. По 14 месторождениям термальных вод специально пробурено 83 скважины, из них действующий фонд составляет 45 единиц (почти все они находятся в критическом состоянии и изливают термальные воды). Изучение вопросов воздействия изливающихся геотермальных скважин на окружающую среду представляется актуальной проблемой, так как прогнозирование нежелательного ухудшения характеристик компонентов окружающей среды будет способствовать созданию механизмов предотвращения этих отклонений на более раннем этапе развития процесса. Целью данной работы является комплексная геоэкологическая оценка влияния изливающихся термальных вод из геотермальных скважин на природные и природно-хозяйственные компоненты и в целом структуру всего вмещающего ландшафта. В качестве объекта исследования выступают ландшафты и их компоненты в районе изливающейся скважины 11-Т Гунюшки Грозненского района Чеченской Республики, репрезентативность которой обусловлена длительностью воздействия термальных вод и приуроченностью к различным ландшафтными условиям. Задачами настоящей работы являются описание скважины с точки зрения ее взаимоотношения с окружающими ландшафтами, оценка прямого и косвенного влияния изливающихся термальных вод на вмещающий ландшафт, а также выработка рекомендаций для оптимизации нарушенного ландшафта и использования термальных вод.

Материалы и методы исследования

В основу работы положены фондовые материалы по месторождениям термальных вод Чеченской Республики, полевые исследования и картографирование ареала влияния геотермальной скважины 11-Т Гунюшки (в том числе с использованием спутниковых данных и квадрокоптера). Проведено ландшафтное картографирование, выделены различные стадии дигрессии. Были заложены профили, по которым проводились тахеометрическая

съемка рельефа, геоботанические исследования, выделялись основные фитоценозы и ландшафты. Для лабораторных исследований отбирались образцы почв, воды (из устья скважины и техногенных водоемов), растений (для определения класса). На месте производился замер температуры воды, а также анализ ее на цветность, запах [16].

Результаты исследования

История освоения и краткая характеристика объекта исследования. Месторождение термальных вод Гунюшки, в пределах которого пробурено две скважины – 1-Т Гунюшки и 11-Т Гунюшки, находится к западу от г. Грозный и характеризует западную окраину Терско-Сунженского геотермального района. Как известно, основные месторождения приурочены к стыку трех физико-географических областей, наследующих крупные геолого-тектонические единицы: Западного и Среднего Предкавказья, Терско-Кумской низменности и Большого Кавказа. 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 термальных вод, используемых для различных хозяйственных нужд.

История открытия и освоения месторождения термальных вод Гунюшки началась в 20-х гг. XX в., когда в результате буровых работ у с. Гунюшки вода из VI–VII пластов караганского горизонта была выведена на дневную поверхность. Тогда же было предложено ее использование для теплофикации и в бальнеологии. Начиная с 1926 г. скважина 1-Т Гунюшки переливала термальную воду с температурой 72 °С. Первоначальный дебит скважины составлял 1500 м³/сут., затем он снизился до 500–600 м³/сут. В 1991 г. скважина 1-Т Гунюшки была ликвидирована, но в эксплуатации находилась скважина 11-Т Гунюшки (рис. 2), в которой зафиксирован статистический уровень вод I–III пластов карагана по номенклатуре Старогрозненского района на глубине 5 м от устья. Вода скважины отно-



Рис. 2. Скважина 11-Т Гунюшки
Fig. 2. Well 11-T Gunyushki

сится к сульфатно-гидрокарбонатно-натриевому типу, уровень ее минерализации – 1,47 г/л. после принудительного возбуждения скважина переливает за счет термолифта. Максимальный дебит на самоизливе составляет 713 м³/сут. Балансовые запасы по категории А+В+С₁ составляют 1500 м³/сут. Запасы утверждены в 1991 г. Месторождение находится в резерве (нераспределенный фонд) [14–16].

Во время существования Союза Советских Социалистических республик воды месторождения термальных вод Гунюшки использовались для нужд народного хозяйства – горячего водоснабжения объектов инфраструктуры и частного сектора близлежащих населенных пунктов. Часть водоемов образовалась на месте песчаных карьеров, откуда изымалось сырье для Побединского кирпичного завода. В самом производственном процессе основные потребности в воде предприятие закрывало за счет термальных вод. В 60-е гг. XX в. на северном отроге Сунженского хребта функционировал крупный свиноводческий комплекс, для нужд которого также использовалась термальная вода (для отопления, в качестве питьевой воды для скота, для санитарно-бытовых нужд и пр.). В конце 90-х гг. XX в. сточные воды данного комплекса попали в техногенный водоем и дальше по рельефу в Алханчуртский канал. По словам местных жителей, пострадала вся фауна водоемов. 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, на месте которых была баня, функционировавшая здесь до 1990-х гг.

На рис. 3 представлены зональные типы ландшафтов рассматриваемой территории. Из схемы видно, что ареал воздействия скважины 11-Т Гунюшки затрагивает два основных типа: склоны отрогов передовых хребтов, переходящих в межгорные долины, сложенных неогеновыми отложениями из песчаников и глин, частично перекрытых четвертичными отложениями, подгорно- и предгорно-степной полынно-злаковой растительностью, местами деградированной до полупустынной на преимущественно каштановых почвах; террасы и присклоновые поверхности межгорных долин, сложенных преимущественно четвертичными аллювиально-пролювиальными отложениями из глин, супесей и суглинков под окультуренными степями, реже лугостепями на черноземах и каштановых почвах.

По материалам полевых исследований были составлены высотный профиль (рис. 4) и карта ландшафтов (рис. 5), которые демонстрируют физико-географическую дифференциацию территории на локальном уровне. Расположение района исследования на стыке двух типов ландшафтов (ландшафты 2 и 3, рис. 3) дало возможность для активного освоения территории в сочетании с развитием здесь земледелия и животноводства.



Рис. 3. Зональные типы ландшафтов:

1 – гребни, пригребневые поверхности и склоны передовых низкогорных хребтов; 2 – склоны отрогов передовых хребтов, переходящих в межгорные долины, сложенных неогеновыми отложениями из песчаников и глин; 3 – террасы и присклоновые поверхности межгорных долин; 4 – урбанизованные ареалы агломерации г. Грозного; 5 – скважина 11-Т месторождения термальных вод Гунюшки

Fig. 3. Landscape zonal types:

1 – ridges, near ridge surfaces and slopes of the front low-mountain ridges; 2 – slopes of front range offshoots going into intermountain valleys composed of Neogene deposits of sandstones and clays; 3 – terraces and near slope surfaces of intermountain valleys; 4 – urbanized areas of the Grozny agglomeration; 5 – 11-T Gunyushki geothermal well

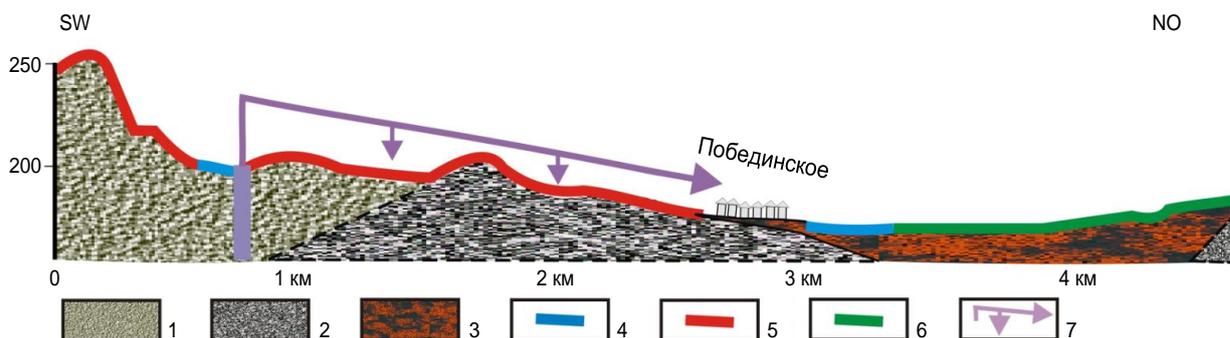


Рис. 4. Комплексный физико-географический профиль по линии Сунженский хребет – Алханчуртский канал через с. Побединское:

1 – плиоценовые акчагал-апшеронские отложения из песков, глин, конгломератов; 2 – миоценовые верхнесарматские отложения из тонкослоистых, реже песчанистых глин; 3 – четвертичные (нерасчлененные) отложения, аллювиально-пролювиальные глины, супеси, суглинки; 4 – водоемы; 5 – ландшафты пологих склонов отрогов Сунженского хребта, сложенных неогеновыми песчаниками и глинами; 6 – ландшафты террас и присклоновых поверхностей Алханчуртской долины; 7 – скважина 11-Т и продуктопровод

Fig. 4. Complex physical and geographical profile along the line of the Sunzha Range – Alkhanchurt Canal via the Pobedinskoe settlement:

1 – Pliocene Akchagyl-Apsheron deposits of sands, clays, conglomerates; 2 – Miocene Upper Sarmatian deposits of thin-layered, less often sandy clays; 3 – Quaternary (poorly defined) deposits, alluvial-proluvial clays, sandy loams, loam soils; 4 – reservoirs; 5 – landscapes of low gradient slopes of the Sunzha Range offshoot composed of Neogene sandstones and clays; 6 – landscapes of terraces and near slope surfaces of the Alkhanchurt valley; 7 – 11-T well and a product pipeline

Долговременное и интенсивное освоение территории привело к ее трансформации, при этом ландшафты межгорных долин испытали глубокую трансформацию рельефа в резуль-

тате нарезки полей, изменения водного режима вследствие прокладки каналов и обводнения, формирования пахотных горизонтов почв. Ландшафты склонов почти повсеместно

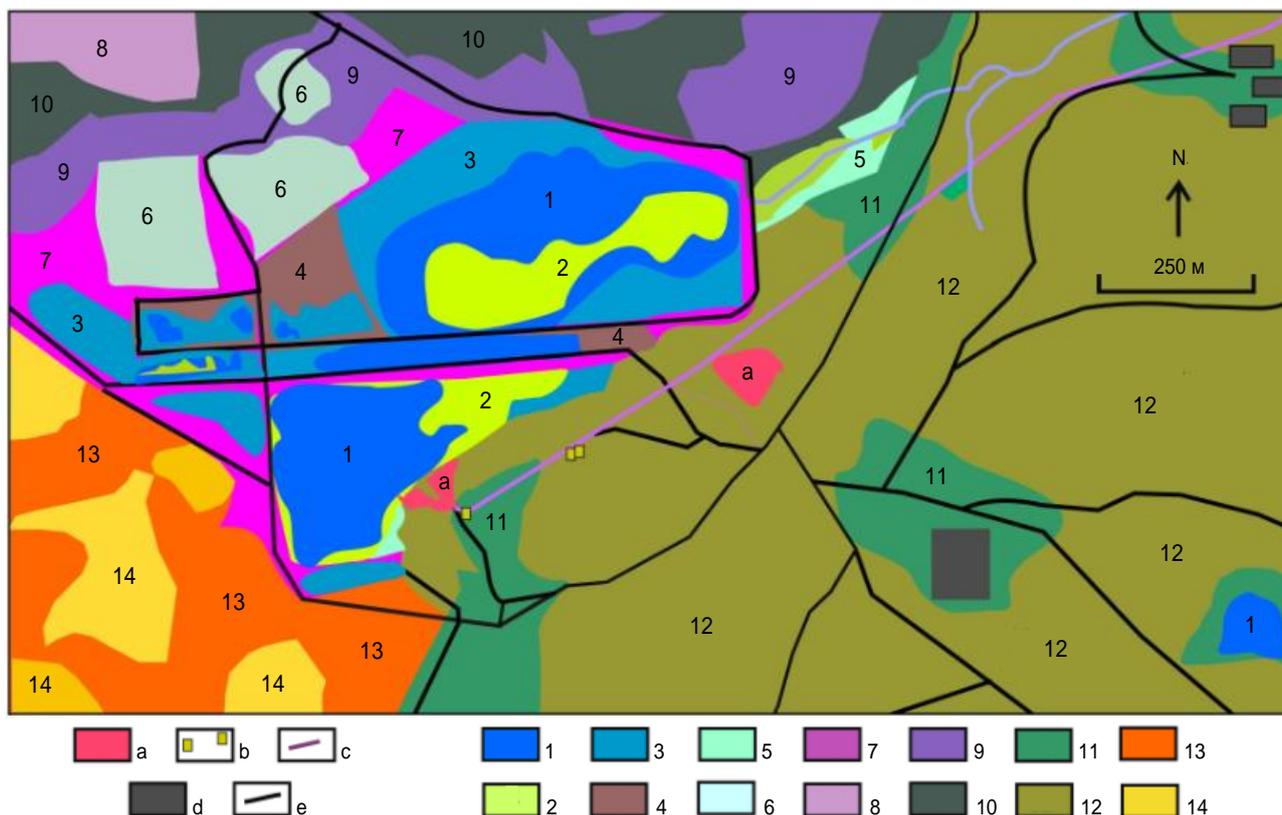


Рис. 5. Ландшафтная карта ареала скважины 11-Т Гунюшки:

Техногенные комплексы: а – скважина и ареал непосредственного теплового воздействия;

б – загоны для скота; с – кустарные ванночки бальнеологического назначения

(ныне заброшены); d – дороги; e – водопровод от скважины

1–6 – природно-антропогенные комплексы с коренными изменениями рельефа и водного режима: 1 – водоемы, 2 – заросли камыша, 3 – околородные поверхности с редкой пионерной растительностью, 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, 6 – заброшенные водоемы, ранее искусственно наполняемые, с полупустынно-степной полынной растительностью с примесью солянок на примитивных каштановых почвах; 7, 8 – природно-антропогенные комплексы переходного типа, характеризующиеся естественной динамикой: 7 – склоны и поверхности, сложенные глинистыми отложениями, 8 – выположенная поверхность с фрагментами огородов и садов; 9–14: природно-антропогенные и природные комплексы с естественной динамикой: 9 – склоны южной экспозиции, пологие, сложенные глинистыми породами и суглинками, 10 – склоны южной экспозиции, пологие, сложенные глинистыми породами и суглинками, средне деградированные; 11 – выположенные поверхности, сложенные глинами и суглинками, с очагами эрозии, сильно деградированные, 12 – выположенные поверхности и пологие склоны, средне деградированные, 13 – склоны северной и северо-восточной экспозиции, сложенные глинами и суглинками, сильно деградированные, 14 – склоны северной и северо-восточной экспозиции, сложенные глинами и суглинками, средне деградированные

Fig. 5. Landscape map of the 11-T Gunyushki well area:

Technogenic complexes: a – a well and a direct thermal impact area; b – cattle pens;

c – hand-crafted balneological baths (now abandoned); d – roads; e – water conduit from a well

1–6 – natural-anthropogenic complexes featuring radical changes in relief and water regime: 1 – reservoirs, 2 – thickets of reeds, 3 – near-water surfaces with sparse pioneer vegetation, 4 – abandoned reservoirs previously artificially filled today featuring a sparse vegetation cover of sedges and saltworts on saline soils, 5 – near-water terrace-like surfaces with a close occurrence of groundwater, 6 – abandoned reservoirs previously artificially filled featuring semi-desert-steppe wormwood vegetation with an admixture of saltworts on primitive chestnut soils; 7, 8 – natural-anthropogenic complexes of a transitional type characterized by natural dynamics: 7 – slopes and surfaces composed of clay deposits, 8 – flattened surface with the fragments of vegetable gardens and orchards; 9–14 – natural-anthropogenic and natural complexes with natural dynamics: 9 – southern exposure slopes gently sloping, composed of clayey rocks and loams, 10 – southern exposure slopes gentle, composed of clayey rocks and loams, moderately degraded, 11 – flattened surfaces composed of clays and loams, with erosion centers, strongly degraded, 12 – flattened surfaces and gentle slopes, moderately degraded, 13 – slopes of northern and northeastern exposure composed of clays and loams, strongly degraded, 14 – slopes of northern and northeastern exposure composed of clays and loams, moderately degraded



испытали глубокую пастбищную дигрессию, следствием которой стало исчезновение кустарниковых лесостепей, развитие эрозии, стравленность и преобладание в травянистом покрове плохо поедаемых видов.

Как видно из высотного профиля, воды скважины на расстоянии 1,5 км направляются 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 ландшафтной карте ареал воздействия изливающейся скважины 11-Т Гунюшки значительно увеличивается в направлении на север, где располагались каскады резервуаров воды, использованных в животноводстве.

На рис. 5 выделены следующие комплексы: техногенные; природно-антропогенные комплексы с коренными изменениями рельефа и водного режима; природно-антропогенные комплексы переходного типа, характеризующиеся естественной динамикой; природно-антропогенные и природные комплексы с естественной динамикой. Динамический ряд природных комплексов формируется под влиянием двух основных факторов: условий увлажнения и воздействий на почвенно-растительный покров, которые имеют антропогенное происхождение. Условия увлажнения меняются в зависимости от нахождения и перераспределения воды из скважины. Другой динамический ряд образуется под влия-

нием выпаса скота, чувствительность к которому изменяется в зависимости от крутизны и экспозиции склонов, удаленности от ското-прогонов и др.

Наиболее нарушены склоны южной экспозиции, примыкающие к ареалам, вовлеченным в интенсивное использование (свиноферма). Здесь склоны подверглись эрозии, на них сформировался относительно разреженный почвенно-растительный покров с полынно-злаковыми степями и полупустынно-степными комплексами на каштановых почвах. Наименее деградированы природные комплексы склонов северной и северо-восточной экспозиции, сложенных глинами и суглинками, под полынными степями, частично кустарниковыми по понижениям, на каштановых почвах. При снижении антропогенной нагрузки эти природные комплексы способны восстановиться до лесостепей.

Геоэкологическая оценка влияния скважины 11-Т Гунюшки на структуру и динамику ландшафтов. Скважина 11-Т Гунюшки находится в эксплуатации с 70-х гг. прошлого столетия. В результате аварии в стволе скважины на глубине 5 м (это основная масса воды в водоемах), а также разгерметизации устья скважины и пробоин на трубопроводе по естественному уклону рельефа вода стекает в углубления. По мере заполнения первого водоема вода через трубу, проложенную под дорогой, течет в другие и далее через село в Алханчуртский канал (рис. 6).



Рис. 6. Техногенный водоем
Fig. 6. Technogenic reservoir



Вода относится к слабоминерализованной, тем не менее при нарушении герметичности оборудование быстро выходит из строя. Издержки, связанные с содержанием и эксплуатацией скважинного оборудования и трубопровода, осуществляются за счет потребителей (объекты инфраструктуры с. Побединского и частный сектор). Вся прискважинная территория захламлена мусором и различными приспособлениями для кустарничковых ванн, саун и т. д., стоки которых являются одним из источников загрязнения водоемов.

Как отмечалось 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»¹. Прямому антропогенному воздействию подвержен участок с площадью более 17 га (ландшафты 1–3, рис. 5), косвенному – участок с площадью более 9 га (ландшафты 4–8, рис. 5). На природно-антропогенные и природные комплексы с естественной динамикой, состояние которых характеризуется как сильно- и среднедеградированное, приходится около 100 га (ландшафты 9–14, рис. 5). Таким образом, в результате наложения двух основных факторов (увлажнение и воздействие на почвенно-растительный покров) в общей сложности из

сельскохозяйственного оборота изъято более 120 га плодородных земель [16].

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. Например, распыление воды в результате разлива геотермальных скважин влияет на влажность воздуха и температуру и ведет к переувлажнению прилегающей территории вплоть до заболачивания (рис. 7).

С целью исследования флоры в зоне разлива термальных вод из скважины 11-Т Гунюшки в начале осени 2020 и 2021 гг. (конец периода вегетации) велись флористические наблюдения. Маршрут был проложен с учетом рельефа и уровня воздействия изливающейся термальной воды на ландшафты. Для сравнительного анализа были выбраны два профиля: первый – непосредственно в зоне воздействия изливающейся скважины, второй – контрольный (рис. 8).

На первый взгляд в зоне воздействия скважины 11-Т Гунюшки визуально уже прослеживается изменение видового состава растений: если чуть западнее скважины, где абсолютная отметка рельефа отличается всего лишь на 2 м, присутствуют ковыль, типчак, тонконог,



Рис. 7. Заболоченные участки
Fig. 7. Boggy areas

¹ Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.



Рис. 8. Карта-схема полевых исследований:
1 – скважина 11-Т Гунюшки; 2 – точки заложения трансект; 3 – профили исследований
Fig. 8. Index map of field research:
1 – 11-T Gunyushki well; 2 – transect laying points; 3 – research profiles

то непосредственно в зоне влияния скважины с увеличением гидроморфности почв появляются устойчивые к теплу и влаге рогаз, осока, багульник, вереск, стрелолист и др., то есть снижаются доли гликофитов и увеличиваются доли гидрофитов. 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. 1).

В целом вся флора Сунженского хребта представлена более чем 260 видами цветковых растений, относящимися к 157 родам и 43 семействам. На профиле I флора представлена 15 видами цветковых растений, относящимися к 14 родам и 11 семействам, на контрольном профиле II видового разнообразия чуть больше: здесь имеется более 25 видов

растений, относящихся к 20 родам и 18 семействам.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что по профилю I на трансектах ближе к водоему и скважине (№ 1-4, 6, рис. 8) снижаются показатели проективного покрытия, видового состава, флористического сходства с фоновыми сообществами, тогда как на контрольном профиле II угнетение растительности наблюдается на трансектах, которые подходят близко к продуктопроводу (с повышением температуры увеличивается испарение) и дорогам.

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

Таблица 1. Геоботаническое описание трансект
Table 1. Geobotanical description of transects

Профиль	Параметр	Номер трансекты							
		1	2	3	4	5	6	7	8
I	Проективное покрытие, %	5	10	30	40	55	30	70	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



сообщества с высокой плотностью проективного покрытия (до 70 %) 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.

Также с помощью ресурса Google Earth Engine² была выявлена временная динамика площадных нарушений. Дешифрирование космоснимков за период 2005–2021 гг. показало признаки значительного угнетения растительных сообществ и увеличение площади деградируемых земель, особенно начиная с 2010 г. Возможно, это связано с усилением сельскохозяйственного использования территории: стало возрождаться сельское хозяйство, появились молочнотоварные фермы, увеличилось поголовье скота. В зоне макси-

мального воздействия, непосредственно прилегающей к скважине и техногенным водоемам, наблюдается существенная трансформация естественных растительных сообществ вплоть до их полного исчезновения.

Лабораторно-аналитические исследования проб воды из скважины и техногенных водоемов свидетельствуют о том, что содержание всех исследуемых показателей – свинца, кадмия, цинка, хлорид-, нитрит-, сульфат-, нитрат-ионов, хрома, общего железа, хлоридов, перманганатной окисляемости, сухого остатка, биохимического потребления кислорода (на основе анализа, проводимого в течение 5 суток) – незначительно или вообще не превышает значения предельно допустимых концентраций (табл. 2), что свидетельствует о неплохом качестве воды и возможностях ее использования в хозяйстве. Согласно Нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения³, в анализах проб

Таблица 2. Результаты химических анализов проб воды из скважины и техногенных водоемов
Table 2. Results of chemical analyses of water samples from a well and technogenic reservoirs

Определяемые показатели, единицы измерения	Норматив качества (ПДК, ПДС, ПДВ)*	Результаты анализа ± Δ			
		Точка 1	Точка 2	Точка 3	Скважина 11-Т
Аммоний-ионы, мг/дм ³	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 ³	Отсутствует	–	–	–	–
Нитрит-ионы, мг/дм ³	3,3	0,18 ± 0,03	0,16 ± 0,02	0,2 ± 0,04	< 0,003
Нитрат-ионы, мг/дм ³	45	0,72 ± 0,012	1,2 ± 0,2	1 ± 0,2	< 0,1
Общее железо, мг/дм ³	0,3	0,17 ± 0,04	0,14 ± 0,03	0,24 ± 0,05	< 0,05
Общая щелочность, мг/дм ³	–	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 ³	350	451,9 ± 0,2	425,4 ± 38,2	540,6 ± 48,6	265,8 ± 23,9
Сульфат-ионы, мг/дм ³	500	693 ± 103,9	659 ± 98,9	453 ± 67,9	210,6 ± 25,3
Окисляемость перманганатная, мг/дм ³	Не более 5	2,5 ± 0,2	8,8 ± 0,8	8,4 ± 0,8	2,4 ± 0,2
Сухой остаток, мг/дм ³	1000	1350 ± 121,5	1495 ± 134,5	1643 ± 147,8	907,4 ± 81,6
БПК ₅ ** ³ , мг О ₂ /дм ³	Не более 4	3,9 ± 1	6 ± 1,5	4,2 ± 1,1	–
Свинец, мг/дм ³	0,03	< 0,001	< 0,001	< 0,001	–
Кадмий, мг/дм ³	0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	–
Цинк, мг/дм ³	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. ** БПК₅ – биохимическое потребление кислорода на основе анализа, проводимого в течение 5 суток.

² Google Earth Engine [Электронный ресурс]. URL: <https://earthengine.google.com/timelapse> (11.05.2022).

³ Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Министерство сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (11.05.2022).



воды из данных водоемов не зафиксировано превышения рыбохозяйственных предельно допустимых концентраций ни по одному показателю и она вполне пригодна для рыборазведения. Вода имеет зеленый цвет (хлоrello), что говорит о хорошей продуктивности живущих в ней организмов.

Химический анализ почв показал, что они характеризуются сильнощелочной реакцией, значения водородного показателя изменяются в пределах 8,9–9,7 (табл. 3). 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 в почвах незначительно и находится в диапазоне 0,8–2,9 % от массы. На основании этих данных можно сделать вывод, что в районе разлива термальных вод скважины 11-Т Гунюшки есть предпосылки для накопления в почвах тяжелых металлов [17, 18].

Перевыпас скота, нарушение почвенного покрова в результате систематического использования прогонных троп привели к появлению язв дефляции, в связи с чем на сегодняшний день первоочередной становится задача упорядочения режима выпаса скота вплоть до внедрения пастбищеоборота.

На основе ландшафтной карты и других данных (орографии рельефа, геологического строения, почвенного покрова, биоты и пр.) составлена карта-схема геоэкологического зонирования исследуемой территории, отра-

жающая экологическое состояние каждой из зон сквозь призму современных факторов антропогенного воздействия на природную среду (рис. 9). На ней выделено несколько зон воздействия, в частности прямое сильное воздействие, косвенное сильное и косвенное слабое. Анализ данной карты свидетельствует о том, что большая часть территории (79 %) находится в зоне косвенного слабого воздействия основных факторов формирования природных комплексов и не вызывает больших опасений на современном уровне развития традиционного природопользования в данном районе. Вместе с тем, на той части территории, где резко выделяются очаги прямого сильного (13,5 %) и косвенного сильного (7,14 %) уровня экологической напряженности, должны проводиться рекультивационные мероприятия по восстановлению ландшафтов.

Заключение

Таким образом, ареал воздействия разливающихся термальных вод из скважины 11-Т Гунюшки затрагивает два основных типа ландшафтов: склоны отрогов передовых хребтов, переходящих в межгорные долины, и террасы и присклоновые поверхности межгорных долин. Интенсивное освоение привело к их глубокой трансформации вплоть до исчезновения кустарниковых лесостепей. Типичная для степной зоны полынно-злаковая растительность местами деградирована до полупустынной, в травянистом покрове преобладают плохо поедаемые виды, развита эрозия.

Таблица 3. Результаты химических анализов проб верхнего слоя почв (0–20 см)
Table 3. Results of chemical analyses of soil upper layer samples (0–20 cm)

Определяемые показатели, единицы измерения	Норматив качества (ПДК, ПДС, ПДВ)*	Результаты анализа ± Δ		
		Точка 1	Точка 2	Точка 3
Водородный показатель, ед. рН	–	9,7 ± 0,1	8,9 ± 0,1	9,4 ± 0,1
Органическое вещество, %	–	2,9 ± 0,58	2,40 ± 0,48	0,80 ± 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 ± 0,127	< 0,1
Ртуть, мг/кг	2,1	0,194 ± 0,097	0,342 ± 0,171	0,275 ± 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 ± 50,4	< 50	< 50

Примечание: * Условные обозначения те же, что и в табл. 2.

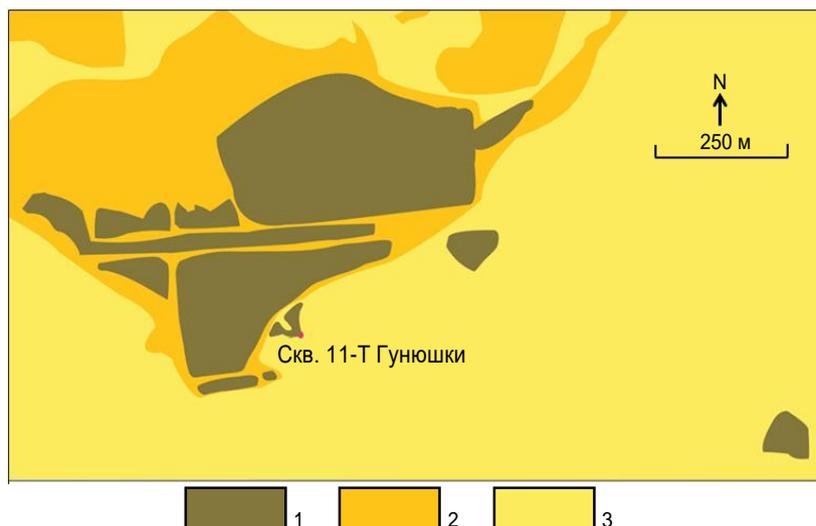


Рис. 9. Карта-схема геоэкологического зонирования ареала воздействия скважины 11-Т Гунюшки
Зоны воздействия: 1 – прямое сильное; 2 – косвенное сильное; 3 – косвенное слабое
Fig. 9. Index map of geoeological zoning of the impact area of 11-T Gunyushki well
Impact zones: 1 – strong direct impact; 2 – strong indirect impact; 3 – weak indirect impact

Большая часть исследуемой территории (79 %) находится в зоне косвенного слабого воздействия основных факторов формирования природных комплексов и не вызывает серьезных опасений на современном уровне развития традиционного природопользования в данном районе. Тем не менее в очагах прямого сильного (13,5 %) и косвенного сильного (7,14 %) уровня экологической напряженности следует проводить рекультивационные мероприятия по восстановлению ландшафтов.

На сегодняшний день вода из скважины 11-Т Гунюшки используется в качестве питьевой воды для скота, для кустарных ванн, а также для удовлетворения хозяйственно-бытовых нужд различных объектов инфраструктуры и частного сектора с. Побединского (в основном для технических целей). Химические анализы воды свидетельствуют о перспективных возможностях ее использования в хозяйстве, например, без особых затрат возможно реализовать рыборазведение, вода пригодна для горячего водоснабжения, теплоснабжения и т. д. Данный спектр может быть расширен при условии использования более совершенных технологий разработки термальных вод.

Нерегулируемая и интенсивная эксплуатация геотермальных скважин может привести к деградации месторождения, истощению дебита, снижению температуры воды. Разлив термальных вод 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.

Нарушение уже сложившегося режима функционирования геотермальных скважин приведет к невозможности разведения скота в этом районе в нынешних масштабах. С другой стороны, чрезмерный выпас скота, увеличение количества прогонных троп уже привели к деградации почвенно-растительного покрова. Решение этой проблемы видится в комплексной оптимизации освоения данного месторождения термальных вод: улучшении контроля за использованием вод, мониторинге утечек, моделировании и прогнозировании негативных процессов, создании участков и комплексов для искусственного пополнения запасов подземных вод, нормировании пастбищного скотоводства. В случае снижения антропогенной нагрузки образовавшиеся природные комплексы способны восстановиться до лесостепей (что доказывает ситуация с некоторыми вышерасположенными участками склонов северной экспозиции Сунженского хребта).

Перспективу энергетики Чеченской Республики в будущем связывают с нетрадиционными источниками энергии, прежде всего с геотермальными ресурсами [19]. Оценка воздействия существующих геотермальных объектов на окружающую среду на раннем этапе



освоения поможет понять масштабы и глубину последствий и разработать более эффективные рекомендации по совершенствованию освоения геотермальных ресурсов.

Длительное использование природных ресурсов в том виде, в каком оно осуществляется поныне на территории Чеченской Республики, сопровождается нара-

станием экологических проблем, угроз и рисков для ландшафтов и населения этого региона. Реальные достижения в области энергетической и экологической безопасности появятся только в результате понимания властью, собственниками бизнеса и гражданским обществом выгоды учета и управления природными рисками [20, 21].

Список источников

1. Дворов И. М. Геотермальная энергетика. М.: Наука, 1976. 192 с.
2. Белоусов В. И., Белоусова С. П. Природные катастрофы и экологические риски (на примере развития геотермальной энергетики). Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2002. 157 с.
3. Алхасов А. Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М.: Физматлит, 2008. 375 с.
4. Перминов Э. М. К вопросу о состоянии и перспективах развития мировой возобновляемой энергетике // Энергетик. 2018. № 11. С. 38–43.
5. Сухарев Г. М., Мирошников М. В. Подземные воды нефтяных и газовых месторождений Кавказа. М.: Гостехиздат, 1963. 328 с.
6. Курбанов М. К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М.: Наука – МАИК, 2001. 259 с.
7. Керимов И. А., Даукаев А. А., Абумуслимов А. А., Даукаев А. А. К истории изучения минеральных и целебных вод на территории Чеченской Республики // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2012. № 1. С. 59–64.
8. Hou N. Environmental impact of geothermal development in Henan province, China // Geothermal Training Programme. 2003. Report no. 11. P. 253–274.
9. Li J. Environmental impact of geothermal development in Tianjin, China // Geothermal Training Programme. 2004. Report no. 9. P. 159–182.
10. Svalova V. B. Geothermal resources of Russia and their complex utilization // Proceedings of Australian Geothermal Energy Conference 2011. Melbourne, 2011. P. 251–258.
11. 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. P. 446–463. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.039>.
12. Bošnjaković M., Stojkov M., Jurjević M. Environmental Impact of Geothermal Power Plants // Tehnički vjesnik. 2019. Vol. 26. Iss. 5. P. 1515–1522. <https://doi.org/10.17559/TV-20180829122640>.
13. Шулюпин А. Н., Варламова Н. Н. Современные тенденции в освоении геотермальных ресурсов // Георесурсы. 2020. Т. 22. № 4. С. 113–122. <https://doi.org/10.18599/grs.2020.4.113-122>.
14. Гацаева Л. С. Геоэкологические проблемы освоения геотермальных ресурсов Чеченской Республики // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2017. № 3. С. 17–21.
15. Дикаев Р. С., Батукаев А. А., Масаров И. Р. Геотермальные месторождения Чеченской Республики. Современное состояние // Передовые научные исследования: опыт и актуальные вопросы: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2019. С. 25–38.
16. 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. С. 18–31. <https://doi.org/10.25744/genb.2022.94.48.003>.
17. 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. <https://doi.org/10.31161/1995-0675-2021-15-2-63-74>.
18. Гацаева Л. С. Геохимический анализ качества термальной воды (на примере месторождения термальных вод Гунюшки) // Вестник Комплексного научно-исследовательского института им. Х. И. Ибрагимова Российской академии наук. 2021. № 4. С. 84–96. <https://doi.org/10.34824/VKNIIRAN.2021.8.4.008>.
19. Kerimov I. A., Mintsaev M. Sh., Debiev M. V., Pashaev M. Ya. Basic stages of energy development program implementation in the Chechen Republic // International Journal of Energy Economics and Policy. 2020. Vol. 10. Iss. 6. P. 502–509. <https://doi.org/10.32479/ijeep.10492>.
20. Гинзбург А. С., Кекелидзе Г. Н., Шнирко Н. В. Климатические ресурсы – основа устойчивого развития возобновляемой энергетике // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2018. Т. 3. № 2. С. 7–15. <https://doi.org/10.25744/genb.2018.10.2.001>.
21. Кочуров Б. И., Забураева Х. Ш., Керимов И. А., Эльдаров Э. М., Гайрабеков У. Т., Ивашкина И. В. [и др.]. Современные проблемы природопользования на Северном Кавказе и пути их решения // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2018. Т. 3. № 3. С. 29–35. <https://doi.org/10.25744/genb.2018.11.3.004>.

References

1. Dvorov I. M. *Geothermal energy*. Moscow: Nauka; 1976. 192 p. (In Russ.).
2. Belousov V. I., Belousova S. P. *Natural disasters and environmental risks (for the case of geothermal energy*



development). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka State Pedagogical University; 2002. 157 p. (In Russ.).

3. Alkhasov A. B. *Geothermal energy: problems, resources, technologies*. Moscow: Fizmatlit; 2008. 375 p. (In Russ.).

4. Perminov E. M. On the state and prospects of development world renewable energy. *Energetik*. 2018;11:38-43. (In Russ.).

5. Sukharev G. M., Miroshnikov M. V. *Underground waters of the Caucasus oil and gas fields*. Moscow: Gostoptekhizdat; 1963. 328 p. (In Russ.).

6. Kurbanov M. K. *Geothermal and hydromineral resources of the Eastern Caucasus and Ciscaucasia*. Moscow: Nauka – MAIK; 2001. 259 p. (In Russ.).

7. Kerimov I. A., Daukaev A. A., Abumuslimov A. A., Daukaev A. A. On the history of mineral and healing water studies on the territory of the Chechen Republic. *Vestnik Akademii nauk Chechenskoi Respubliki*. 2012;1:59-64. (In Russ.).

8. Hou H. Environmental impact of geothermal development in Henan province, China. *Geothermal Training Programme*. 2003;11:253-274.

9. Li J. Environmental impact of geothermal development in Tianjin, China. *Geothermal Training Programme*. 2004;9:159-182.

10. Svalova V. B. Geothermal resources of Russia and their complex utilization. *Proceedings of Australian Geothermal Energy Conference 2011*. Melbourne; 2011, p. 251–258.

11. Bayer P., Rybach L., Blum P., Brauchler R. Review on life cycle environmental effects of geothermal power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013;26:446-463. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.039>.

12. Bošnjaković M., Stojkov M., Jurjević M. Environmental Impact of Geothermal Power Plants. *Tehnički vjesnik = Technical gazette*. 2019;26(5):1515-1522. <https://doi.org/10.17559/TV-20180829122640>.

13. Shulyupin A. N., Varlamova N. N. Current trends in the development of geothermal resources. *Georesursy = Georesources*. 2020;22(4):113-122. <https://doi.org/10.18599/grs.2020.4.113-122>.

14. Gatsaeva L. S. Geocological problems of geothermal resources development in the Chechen Republic. *Groznenskii estestvennonauchnyi byulleten' = Grozny Natural Science Bulletin*. 2017;3:17-21. (In Russ.).

15. Dikaev R. S., Batukaev A. A., Masarov I. R. Geothermal deposits of the Chechen Republic. Current state. In: *Peredovye nauchnye issledovaniya: opyt i aktual'-nye voprosy: sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. = Advanced scientific studies: experience and challenging issues: collection of reports of the International scientific and practical conference*. Saint Petersburg; 2019, p. 25–38. (In Russ.).

16. Gatsaeva L. S., Gunya A. N., Kerimov I. A. Geocological impact assessment geothermal wells on landscape (by the example of the Gunyushki deposit of the Chechen Republic. *Groznenskii estestvennonauchnyi byulleten' = Grozny Natural Science Bulletin*. 2022;7(2): 18-31. <https://doi.org/10.25744/genb.2022.94.48.003>.

17. Gatsaeva L. S., Kerimov I. A., Makhmudova L. Sh. Geocological problems of Gunyushki thermal water deposit. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki = Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2021;15(2):63-74. (In Russ.). <https://doi.org/10.31161/1995-0675-2021-15-2-63-74>.

18. Gatsaeva L. S. Geochemical analysis of thermal water quality (on the example of the Gunyushka thermal water deposit). *Vestnik Kompleksnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta im. Kh. I. Ibragimova Rossiiskoi akademii nauk*. 2021;4:84-96. (In Russ.). <https://doi.org/10.34824/VKNIIRAN.2021.8.4.008>.

19. Kerimov I. A., Mintsaev M. Sh., Debiev M. V., Pashaev M. Ya. Basic stages of energy development program implementation in the Chechen Republic. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2020;10(6):502-509. <https://doi.org/10.32479/ijee.10492>.

20. Ginzburg A. S., Kekelidze G. N., Shnipko N. V. Climatic resources – the basis for sustainable development of renewable energetics. *Groznenskii estestvennonauchnyi byulleten' = Grozny Natural Science Bulletin*. 2018;3(2):7-15. (In Russ.). <https://doi.org/10.25744/genb.2018.10.2.001>.

21. Kochurov B. I., Zaburaeva Kh. Sh., Kerimov I. A., Eldarov E. M., Gayrabekov U. T., Ivashkina I. V., et al. Modern problems of environmental management in the North Caucasus and the way of their decision. *Groznenskii estestvennonauchnyi byulleten' = Grozny Natural Science Bulletin*. 2018;3(3):29-35. (In Russ.). <https://doi.org/10.25744/genb.2018.11.3.004>.

Информация об авторах / Information about the authors



Гацаева Лиана Саидовна,

научный сотрудник отдела проблем топливно-энергетического комплекса, Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН, г. Грозный, Россия, gls69@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5142-4255>.

Liana S. Gatsaeva,

Researcher of the Department of Problems of the Fuel and Energy Complex, Kh. Ibragimov Complex Research Institute RAS, Grozny, Russia, gls69@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5142-4255>.



Гуня Алексей Николаевич,
доктор географических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник отдела физической географии
и проблем природопользования,
Институт географии РАН,
г. Москва, Россия,
a.n.gunya@igras.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9255-1592>.
Aleksey N. Gunya,
Dr. Sci. (Geograph.), Professor,
Leading Researcher of the Department of Physical Geography
and Environmental Problems,
Institute of Geography RAS,
Moscow, Russia,
a.n.gunya@igras.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9255-1592>.



Керимов Ибрагим Ахмедович,
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник отдела истории наук о Земле,
Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН,
г. Москва, Россия,
ibragim_kerimov@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-2981-7255>.
Ibragim A. Kerimov,
Dr. Sci. (Phys. & Math.),
Chief Researcher of the Department of the History of Earth Sciences,
S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology RAS,
Moscow, Russia,
ibragim_kerimov@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-2981-7255>.

Вклад авторов / Contribution of the authors

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.
The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье / Information about the article

Статья поступила в редакцию 20.05.2022; одобрена после рецензирования 07.10.2022; принята к публикации 14.11.2022.

The article was submitted 20.05.2022; approved after reviewing 07.10.2022; accepted for publication 14.11.2022.