

Раздел 1

ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Section 1 GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

УДК 504.062

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА
РАДОНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ
КУРОРТНОГО РЕГИОНА БЕЛОКУРИХА**

В.Ф. Резников, И.Д. Рыбкина, Н.В. Стоящева, Е.Ю. Седова, М.С. Губарев,
А.В. Головин, Е.С. Орлова

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

*E-mail: rvyf@iwep.ru, irina.rybkina@mail.ru, stoyash@mail.ru, zhenya_sedova@mail.ru, maik1980@bk.ru,
golovin.anton.vl@gmail.com, morana-11@mail.ru*

Необходимость создания туристской территории «Белокуриха Горная» связана с возросшей ролью организации внутреннего туризма, что соответствует миссии Алтайского края. Целью работы является оценка экологического состояния территории планируемого строительства радонопровода для обоснования выбора маршрута трассы водовода, определение возможности доставки радоносодержащей воды соответствующего качества от месторождения до потребителя. В результате принято решение по выбору трассы радонопровода с учетом экологических факторов и экономической целесообразности, рассчитаны потери радона при транспортировке воды от месторождения до потребителя, сформулированы предложения по рациональному использованию ресурсов радоновых месторождений.

Ключевые слова: месторождения радоновых вод; рациональное использование ресурсов; курортный регион Белокуриха; строительство радонопровода.

DOI: 10.24412/2410-1192-2023-17201

Дата поступления: 15.01.2024. Принята к печати: 16.02.2024

Курортный регион Белокуриха – внутреннего туризма и способствует уникальная климато-рекреационная зона выполнению миссии Алтайского края. на юге Алтая, которая по многообразию Для создания благоприятных условий климатобальнеологических ресурсов, реализации инвестиционного проекта созданной и развиваемой лечебной базы по строительству санаторно-курортного относится к числу наиболее крупных и объекта и обеспечения стабильного спроса значимых для Российской Федерации. на услуги создаваемого курорта, а также

Именно здесь возникла необходимость для рационального использования и создания туристской территории развития курортно-рекреационного по- «Белокуриха Горная», которая связана тенциала необходимо создание обес- с возросшей ролью организации печивающей инфраструктуры.

Строительство водовода для транспортирования радоносодержащей воды от месторождения до объектов курорта является одной из приоритетных задач в развитии нового туристического кластера.

Цель работы – оценка экологического состояния территории планируемого строительства радонопровода для обоснования выбора маршрута трассы, определение возможности доставки радоносодержащей воды соответствующего качества от месторождения до потребителя.

Материалы и методы

Основные решения по выбору трассы радонопровода приняты на основании анализа природных условий и натурного обследования территории намечаемой хозяйственной деятельности с учетом действующих нормативных документов. В ходе обследования участков строительства определены антропогенные воздействия на компоненты окружающей среды.

Для определения возможности доставки радоносодержащей воды соответствующего качества проанализирован имеющийся опыт доставки вод для бальнеологических курортов, существующие проектные решения, обеспечивающие сохранение лечебной концентрации радоновой воды на этапе доставки к потребителю.

На основании предыдущего опыта [Гусаров, 2000; Бюлер, Дементьева, 2011; Романова, Игнатьев, 2011], в процессе транспортировки радоновой воды по трубопроводу выделены несколько этапов: 1) извлечение воды из месторождения по скважине в трубопровод; 2) перемещение

воды по трубопроводу в накопительную емкость (хаб); 3) хранение радоновой воды в распределительном хабе; 4) нагрев и распределение воды по потребителям (доставка воды до ванны). Для каждого из этапов характерно изменение качества воды и потери радона, обусловленные естественными и техническими факторами [Свергузов и др., 2000]. Количественная оценка потерь радона представлена в таблице.

В целях расчета конечной концентрации радона в транспортируемой воде следует учесть вышеуказанные потери в процентном отношении к начальной концентрации радона.

На основании анализа условий доставки воды предложены основные технологические решения, обеспечивающие сохранение лечебной концентрации ^{222}Rn в воде [Свергузов и др., 2000; Бюлер, Дементьева, 2011].

Полученные материалы планируется использовать при разработке проектной документации на строительство водовода по транспортированию радоновой воды от месторождения до потребителя в необходимой концентрации.

Результаты и их обсуждение

Рассматриваемый участок строительства радонопровода расположен на территории Сычевского сельского поселения Смоленского района, к юго-западу от города-курорта Белокуриха.

Обследуемая территория приурочена к зоне сопряжения северных отрогов Чергинского хребта Алтайских гор и Бийско-Барнаульской впадины (Пред-

алтайской равнины) Западно-Сибирской равнины. Эти геоморфологические области разграничены новейшим Белокурихинским разломом, в рельефе представляющим собой крутой уступ – Фас Алтая. Перепад высот по трассе составляет 550 м [Оценка..., 1995].

Условия климатообразования обусловлены местонахождением рассматриваемой территории в южной части Алтайского края, на стыке гор и равнин. Наличие фаса Алтая, играющего барьерную роль, оказывает огромное влияние на особенности циркуляции атмосферного воздуха и обуславливает специфические черты климата района. Климат участка характеризуется как умеренно-континентальный [Сляднев, 1958].

На исследуемой территории могут проявляться неблагоприятные и опасные гидрометеорологические явления, которые способны повлиять на строительство, эксплуатацию и обслуживание радонопровода: экстремально низкие и высокие

температуры воздуха, очень сильные, сильные дожди и снегопады, сели, лавины, землетрясения, лесные пожары и др. [Об утверждении методических..., 2021; Разработка..., 2022].

Гидрографическая сеть района предполагаемых работ принадлежит системе р. Песчаная (левого притока р. Обь) и представлена ее правыми притоками: рр. Сычевка (Бол. Сычевка), Березовка, Белокуриха [Атлас..., 1978]. Важно отметить, что район расположен на границе двух крупнейших гидрогеологических структур: Западно-Сибирского артезианского бассейна и Саяно-Алтайской водонапорной системы, где расположено три месторождения радоновых вод. Воды месторождений относятся к термальным (25–37°C), слабоминерализованным (0.18–0.3 г/л), щелочным (рН 8.5–9.2), сульфатно-гидрокарбонатными натриевым. Характеризуются повышенным содержанием кремниевых кислот, фтора и бора [Елисеев и др., 2000].

Таблица

Потенциальные потери концентрации радона в воде при доставке потребителю

Table

Potential losses of radon concentrations in water upon its delivery to consumers

<i>Потери радона из воды</i>	<i>Этап транспортировки воды</i>	<i>Процесс</i>
4%	От момента выкачивания воды из месторождения до наполнения ванны	Радиоактивный распад ^{222}Rn в воде
6–36%	При выкачивании воды из скважины	Потери радона в результате перепада давления и изменения общего термодинамического баланса жидкой фазы, всасывания пузырьками CO_2 всех растворимых газов, включая радон
33–43%	Перемещение по трубопроводу	Длительная прокачка радоновой воды по трубопроводу
0–8%	Хранение в накопительной емкости	Потери радона в открытой емкости при отстаивании воды
40–60%	Наполнение ванны	Разбавление радоновой воды горячей не радоновой водой, либо нагревание воды в ванне
46%	Наполнение ванны	Потери радона при наборе воды в ванну через высоко расположенные краны

Белокурихинское месторождение расположено в долине р. Бол. Белокуриха на высоте 250 м. Эксплуатационные запасы Белокурихинского месторождения по оценкам Геолого-гидрометеорологической режимно-эксплуатационной службы АОЗТ «Курорт Белокуриха» с прогнозом эксплуатации на 30 лет по категории А+В составляют 900 м³/сут. [Оценка..., 1995]. Подземные воды относятся к очень слаборадоновым, их концентрация составляет 148–333 Бк/л [Об утверждении классификации..., 2021].

Искровское месторождение расположено в 12 км к западу от Белокурихинского месторождения в долине р. Бол. Сычевка на высоте 280 м. Подземные воды вскрыты пятью скважинами на глубине 400–650 м. Запасы вод месторождения, утвержденные ГКЗ СССР (протокол от 26.06.1991 г. № 11081) в 1991 г., составляют 840 м³/сут. по категории В

[Оценка..., 1995]. Подземные воды очень слабо- и радоновые средней концентрации (содержание радона 555–5069 Бк/л) [Об утверждении классификации..., 2021]. Для обеспечения объектов курорта «Белокуриха Горная» радоновой водой первоначально предлагается строительство радонопро-вода от Искровского месторождения (скважины № 30, 37) (рис. 1).

В долине р. Черновая, в 3 км к западу от Искровского месторождения, на высоте 270 м располагается Черновское месторождение, его запасы, по предварительной оценке, составляют порядка 1000 м³/сут. Подземные воды характеризуются как радоновые средней концентрации (примерно 3 145 Бк/л) [Елисеев и др., 2000; Об утверждении классификации..., 2021].

На выбранном участке для строительства рассмотрено 4 варианта прохождения трассы (рис. 2).

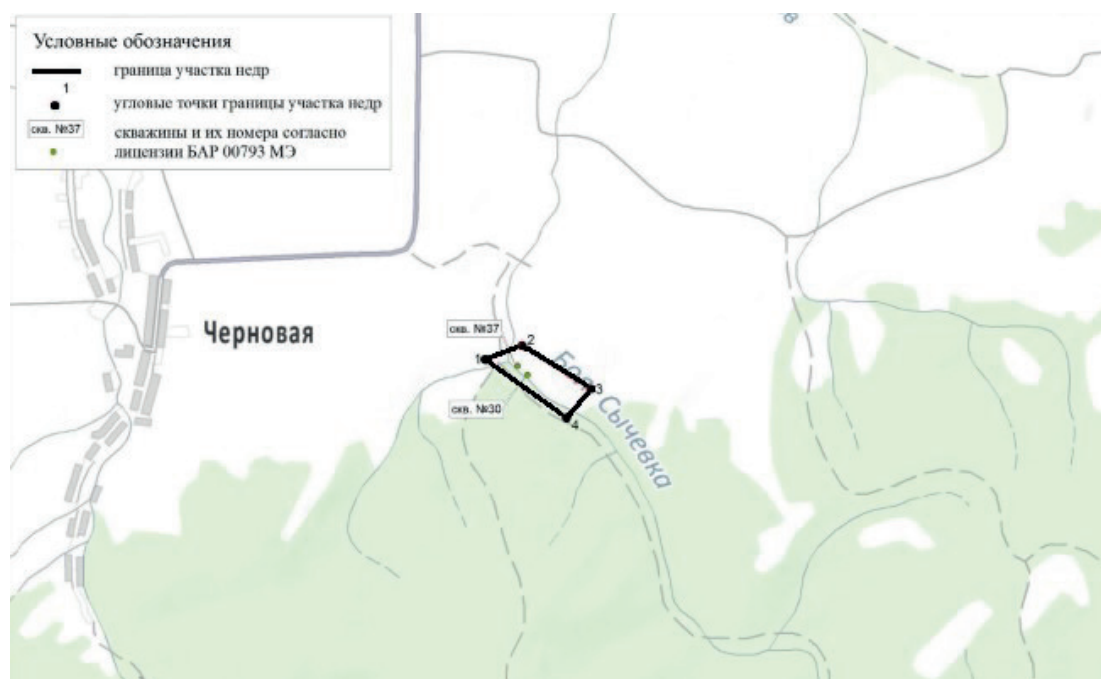


Рис. 1. Схема расположения Искровского месторождения
Fig. 1. Location of the Iskrovskoye deposit



Рис. 2. Варианты прохождения трассы радонопровода
Fig. 2. Probable routes of radon pipeline

В результате полевых обследований установлено, что участки трасс по всем вариантам начинаются в долине р. Сычевка с лугово-кустарниковой растительностью. Территория используется в качестве сенокосов, здесь проходит полевая дорога.

По склонам гор, обрамляющих Предалтайскую равнину, преимущественно южной, юго-западной, юго-восточной экспозиций на высотах 400–700 м произрастает лесостепная растительность: суходольные луга в сочетании с разреженными лесами и кустарниками. Данный участок практически никак не используется в хозяйственной деятельности, такие следы пребывания человека, как костровища, мусор и др., отсутствуют. По этой территории проходят участки трасс по второму и третьему вариантам.

На высотах 700 м и выше произрастают леса: сосновые, березовые,

березово-сосновые, осиново-березовые, встречаются незначительные фрагменты осиново-пихтовых лесов (не используются в хозяйственной деятельности). Здесь проходят участки трасс по первому, второму и третьему вариантам.

Участки планируемых трасс проложены вдоль автодороги и линии электропередач. Природные комплексы здесь претерпели существенное изменение – в результате прокладки ЛЭП видоизменен рельеф (склоны подрезаны), срезан почвенно-растительный покров, наблюдается деградация почвенно-растительного покрова.

Во время обследования территории «краснокнижных» видов растений и животных по всем вариантам трасс радоновода не обнаружено.

В настоящее время территория используется незначительно и включает

лесные земли, полевые и лесные автодороги, охранные зоны инженерных коммуникаций (ЛЭП, водовод и др.), местами – участки сельхозземель (пашни и кормовые угодья).

Изучив предполагаемые трассы радонопровода, можно сделать вывод, что первый вариант трассы по большей части проходит вдоль земель сельскохозяйственного назначения и лесных земель по существующей автодороге вдоль ЛЭП. Длина участка составляет 8.8 км.

По второму варианту трассы радоновода значительный отрезок пути пройдет по крутым склонам с лесостепной растительностью, не используемым в хозяйственной деятельности. Вторая часть пути пройдет вдоль лесной дороги, далее – вдоль существующей ЛЭП и автодороги без покрытия. Длина участка – 7.0 км

Третий вариант трассы берет начало по долине р. Сычевка, участки земель здесь практически не используются в хозяйстве, далее трасса поднимается вверх по склону и затем совпадает со вторым вариантом трассы. Длина участка составляет примерно 6.4 км.

Предлагаемый четвертый вариант полностью проходит по используемым в хозяйстве землям: вдоль полей, ЛЭП, водовода, «серпантина». Длина участка – 11.5 км.

Таким образом, наибольшее воздействие на природные комплексы участка проектирования будет нанесено при прокладке радоновода по крутым склонам и долинным комплексам, не используемым в хозяйственной дея-

тельности человека – это второй и третий варианты трассы.

Вторая часть второго и третьего вариантов трассы, а также практически полностью – первый и четвертый варианты – пройдут по уже антропогенно измененным землям, где воздействие на природные комплексы ожидается минимальным.

Первоначальным оптимальным вариантом прохождения трассы радонопровода является первый вариант. Здесь учитывались не только экологические факторы такие, как степень антропогенного воздействия на природные комплексы, но и экономическая целесообразность, учитывающая возможные затраты на строительство трубопровода.

Для обоснованного выбора трассы водовода необходимо оценить возможность доставки радоновой воды до потребителя. Основные факторы изменения качества радоносодержащих вод обусловлены физико-химическими свойствами радона.

Естественными факторами снижения концентрации радона в воде являются короткий период полураспада ^{222}Rn и его контакт с атмосферным воздухом.

Технические факторы, влияющие на снижение радона в воде обусловлены физическими воздействиями на радоновую воду, что приводит к возможному изменению её первоначальной природной структуры и включают: не учет адсорбционных свойств материалов водовода, перемещение, гидравлические удары при перемещении по водопроводу, переливы в ёмкости, вероятность конвекционного перемешивания за счет разницы температур, нарушение

технологии прогрева воды при непосредственном использовании и др. [Бюлер, Дементьева, 2011]. При выбранном способе транспортировки воды, длина водовода на потери радона влияет незначительно [Романова, Игнатъев, 2011].

Основные технологические решения реализуются за счет сведения к минимуму физического воздействия на радоновую воду. Перечень рекомендаций по минимизации потерь радона в себя включают:

- замедление процесса газообразования при выкачивании радоновой воды и ее терморегуляция, поддержание условий транспортировки, близким к естественным;
- заполнение радонопровода до полного вытеснения воздуха;
- заполнение хаба путем подачи струи воды под ее зеркало до полного вытеснения воздуха с последующим переливом верхнего слоя на 5–10% для минимизации потери радона из хаба;
- водонагрев в накопительной емкости путем отбора ее «из-под зеркала», деления на тонкие струи с равномерным прогревом. Это позволит быстро и равномерно прогреть весь объем подаваемой воды и исключить конвекционное перемешивание за счет разниц температур;
- подача воды в ванну производится объединенным потоком воды «под зеркало», формируемое в ванне. Для минимизации выделения радона из воды рекомендуется на зеркале разместить подвижное легкое непроницаемое покрытие.

Важно отметить, что наиболее пригодные материалы для изготовления радонопроводов, емкостей для хранения и другого технологического оборудования

для транспортировки радона является металл (например, алюминий, дюралюминий, сталь) [Свергузов и др., 2000; Бюлер, Дементьева, 2011].

Таким образом, на основании проведенного исследования становится возможным произвести расчет конечной концентрации радона в воде в результате транспортировки по предложенным вариантам трассам трубопровода. По результатам лабораторного исследования в Алтайской испытательной лаборатории (протокол испытаний №11834.23 от 27.09.2023 г., №11903.23 от 28.09.2023 г., № 11924.23 от 28.09.2023 г., №12037.23 от 28.09.2023 г.) средняя концентрация ^{222}Rn в воде Искровского месторождения составляет 1 287 Бк/л. Лечебная концентрация радона в воде составляет не менее 185 Бк/л [Гусаров, 2000].

При нарушении технологических условий потери радона при доставке конечному потребителю могут составить 1 194 Бк/л, что составляет 93% от начальной концентрации:

1 287 Бк/л (начальная концентрация радона) – 463 Бк/л (36%, всасывание радона пузырьками углекислого газа) – 354 Бк/л (43% выделение радона из воды в воздух) – 38 Бк/л (8% отстаивание в хабе) – 259 Бк/л (60% при нагреве воды до 38°C) – 80 Бк/л (46% при наборе воды в ванну из высоко расположенного крана) = 93 Бк/л. Полученная концентрация является недостаточной для лечебных целей.

При соблюдении всех технологий в хабе общие потери радона не превысят 55–60% и тогда составят:

1 287 Бк/л (начальная концентрация

радо́на) – 51 Бк/л (4% естественный распад радо́на) – 445 Бк/л (36%, всасывание радо́на на пузырьками углекислого газа) – 340 Бк/л (43% выделение радо́на из воды в воздух) = 451 Бк/л. Таким образом, сохранится лечебная концентрация радо́на в воде.

Пример технологичной транспортировки радо́новой воды представлен на рисунке 3. Согласно представленной схеме, вода из радо́нопровода (1) поступает с переливом под зеркало воды (2) в накопительную емкость – хаб (3). Отбор воды для процедуры осуществляется по трубопроводу (4) в скоростной бойлер (5), где происходит разделение объема воды на струи (6) с равномерным прогревом до 36–38°C. Далее, струи на выходе объединяются в единый поток воды и по трубопроводу (7) подается на дно ванны (8) под «зеркало воды».

Для рационального использования потенциала радо́новых месторождений Большой Белокурихи были сформированы

предложения по вариантам строительства радо́нопровода.

Результаты многолетних режимных наблюдений на Белокурихинском месторождении показывают значительную сработку естественных ресурсов термальных радо́новых вод даже в условиях, когда отбор воды значительно ниже объема, предусмотренного технологической схемой эксплуатации месторождения. Отбор воды в количестве 900 м³/сут. в среднем превышает возможности месторождения и приводит к его истощению [Детальная разведка..., 1991; Оценка..., 1995]. Возросшая популярность курорта «Белокуриха» выдвинула необходимость дальнейшего развития курорта и расширение его емкости. Однако решение этой задачи за счет увеличения запасов лечебных вод на интенсивно эксплуатируемом Белокурихинском месторождении невозможно.

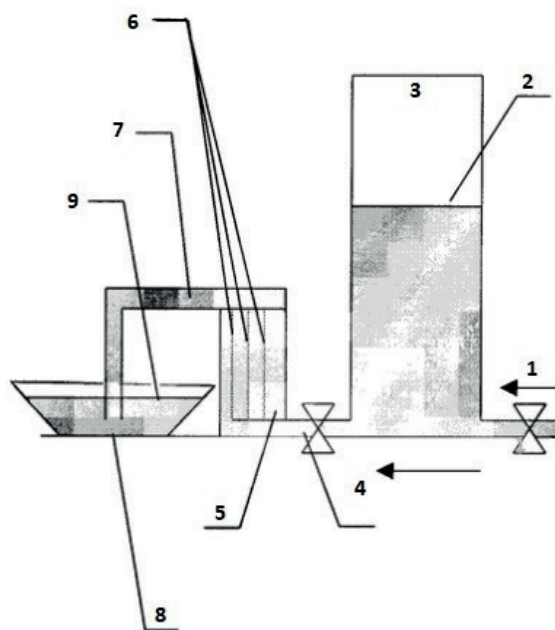


Рис. 3. Схема поступления радо́новой воды из радо́нопровода в ванну [Свергузов и др., 2000]

Fig. 3. Radon water supply from a radon pipeline into the bath [Sverguзов et al., 2000]

В связи с возникшей необходимостью расширения действующих и создания новых курортных зон, предлагается пересмотреть обеспечение радоновой водой курорта «Белокуриха» за счет вовлечения в эксплуатацию Искровского месторождения путем строительства водовода Искра – Белокуриха. В дальнейшем продлить водовод до территории «Белокуриха горная», а уже с её освоением – ввести в эксплуатацию Черновское месторождение. Предлагаемая схема организации транспорта радоновой воды с Искровского и Черновского месторождений до потребителей – курорт «Белокуриха» и туристская территория «Белокуриха Горная» представлена на рисунке 4. Совместная эксплуатация трех месторождений полностью обеспечит перспективную потребность курорта и курортного региона в радоносодержащих азотно-кремнистых термальных водах.

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что наибольшее антропогенное воздействие при строительстве радонопровода будет оказано на природные комплексы, ранее не используемые в хозяйственной деятельности человека. Для минимального воздействия на окружающую среду, радонопровод следует проектировать на участках с антропогенно измененными землями.

Максимальные потери радона в процессе доставки воды потребителю при несоблюдении технологических рекомендаций составляют 93%. Для сохранения лечебной концентрации радона в воде строительство радонопровода возможно только при соблюдении технологии транспортирования и хранения в хабе. При выполнении рекомендаций по транспортировке, потери радона составят 55–60%.



Рис. 4. Предлагаемая схема организации транспортирования воды с Искровского и Черновского месторождений

Fig. 4. A proposed scheme for water delivery from the Iskrovskoye and Chernovskoye radon deposits

Для рационального использования проектируемого объекта «Белокуриха» потенциала радоновых месторождений Горная» за счет введения в эксплуатацию необходимо учесть потребности су- щию Искровского и Черновского ществующего курорта «Белокуриха» и месторождения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declares that he has no conflict of interest.

Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы «Предварительное обследование объекта проектирования «Строительство радонопровода для обеспечения радоновой водой туристкой территории «Белокуриха горная».

Список литературы

Атлас Алтайского края. Т. 1. Барнаул: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1978. 222 с.

Бюлер А.В., Дементьева Л.В. Емкость для транспортировки и хранения радоновой воды при сохранении ее лечебной концентрации: Патент РФ № RU123326U1. 2011. Бюл. №36.

Гусаров И.И. Радонотерапия. М.: Медицина, 2000. 200 с.

Детальная разведка Искровского месторождения термальных радоновых вод в Горном Алтае: отчет Центральной экспедиции №56 о результатах разведочных работ по геологическому заданию 56-27 за 1989-1991 гг. (в 2-х книгах) (заключ.): 28-10. ПГО «Березовгеология», рук. П.С. Долгушин; исполн.: И.Н. Ильин [и др.]. Инв. № 458578. Новосибирск, 1991. 207 с.

Елисеев В.А., Акуленко Ю.Н., Пузанов А.В. Радоновые воды Алтая и их использование в санаторно-курортной практике // Известия АлтГУ. 2000. № 3 (17). С. 63-65.

Об утверждении классификации природных лечебных ресурсов, медицинских показаний и противопоказаний к их применению в лечебно-профилактических целях: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 31.05.2021 г. №557н // Министерство здравоохранения РФ. 2021.

Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата: Приказ Минэкономразвития РФ от 13.05.2021 №267 // Министерство экономического развития РФ. 2021.

Оценка эксплуатационных запасов термальных радоновых вод Белокурихинского месторождения на Алтае (по опыту эксплуатации) по состоянию на 1 января 1996 года. Отчет Геолого-гидрологической режимно-эксплуатационной службы АОЗТ «Курорт Белокуриха» за 1994–1995 гг. Белокуриха, 1995. 177 с.

Разработка отдельных разделов паспорта климатической безопасности Алтайского края: отчет о НИР (заключ.): 10-10 / ИВЭП СО РАН; рук. А. В. Пузанов; исполн.: В.Ф. Резников [и др.]. Барнаул., 2022. 269 с. Рег. № 122112800045-2.

Романова А.А., Игнатьев Г.В. Радон в системе централизованного водоснабжения // Вестник Читинского государственного университета. 2011. №9 (76). С. 119–122.

Свергузов А.М., Гусаров И.И., Речанский Н.Ф. Способ сохранения лечебной концентрации радоновой воды на этапе доставки к потребителю процедур. Патент РФ № RU2179455C1. 2000.

Сляднев А.П. Очерки климата Алтайского края. Барнаул, 1958. 139 с.

References

Atlas Altajskogo kraja [Atlas of the Altai Territory]. Т. 1. Barnaul: Glavnoe upravlenie geodezii i kartografii pri Sovete Ministrov SSSR, 1978. 222 p. (in Russian).

Byuler A.V., Dement'eva L.V. Emkost' dlya transportirovki i hraneniya radonovoj vody pri sohranении ee lechebnoj koncentracii [A container for transporting and storing radon water while maintaining its therapeutic concentration]: Patent RF № RU123326U1 [Russian patent No. RU123326U1]. 2011. Bulletin No. 36. (in Russian).

Gusarov I.I. Radonoterapiya [Radonotherapy]. М.: Medicina, 2000. 200 p. (in Russian).

Detal'naya razvedka Iskrovskogo mestorozhdeniya termal'nyh radonovyh vod v Gornom Altae: otchet Central'noj ekspedicii № 56 o rezul'tatah razvedochnyh rabot po geologicheskomu zadaniyu 56-27 za 1989-1991 gg. [Detailed exploration of the Iskrovsky thermal radon water deposit in the Altai Mountains: report of the Central Expedition No. 56 on the results of exploration work on geological assignment 56-27 for 1989-1991] (v 2-h knigah) (zaklyuch.): 28-10. PGO «Berezovgeologiya», ruk. P.S. Dolgushin; ispoln.: I.N. Il'in [i dr.]. Inv. № 458578. Novosibirsk, 1991. 207 p. (in Russian).

Eliseev V.A., Akulenko Yu.N., Puzanov A.V. Radonovye vody Altaya i ih ispol'zovanie v sanatorno-kurortnoj praktike [Radon waters of Altai and their use in sanatorium practice] // Izvestiya AltGU. 2000. No. 3 (17). P. 63–65. (in Russian).

Ob utverzhdenii klassifikacii prirodnyh lechebnyh resursov, medicinskih pokazanij i protivopokazanij k ih primeneniyu v lechebno-profilakticheskikh celyah [On approval of the classification of natural medicinal resources, medical indications and contraindications for their use for therapeutic and preventive purposes]: Prikaz Ministerstva zdravooohraneniya RF ot 31.05.2021 g. №557n // Ministerstvo zdravooohraneniya RF (in Russian).

Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendacij i pokazatelej po voprosam adaptacii k izmeneniyam klimata [On approval of methodological recommendations and indicators on adaptation to climate change]: Prikaz Minekonomrazvitiya RF ot 13.05.2021 №267 // Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiya RF. 2021. (in Russian).

Ocenka ekspluatacionnyh zapasov termal'nyh radonovyh vod Belokurikhinskogo mestorozhdeniya na Altae (po opytu ekspluatatsii) po sostoyaniyu na 1 yanvarya 1996 goda [Assessment of the operational reserves of thermal radon waters of the Belokurikhinsky deposit in Altai (based on operational experience) as of January 1, 1996]. Otchet Geologo-gidrologicheskoy rezhimno-ekspluatacionnoj sluzhby AOZT «Kurort Belokurikh» za 1994-1995 gg.

Belokuriha, 1995. 177 p. (in Russian).

Razrabotka otdel'nyh razdelov pasporta klimaticheskoy bezopasnosti Altajskogo kraja [Development of separate sections of the passport of climatic safety of the Altai Territory]: otchet o NIR (zaklyuch.): 10-10 / IVEP SO RAN; ruk. A. V. Puzanov; ispoln.: V. F. Reznikov [i dr.]. Barnaul., 2022. 269 p. Reg. № 122112800045-2. (in Russian).

Romanova A.A., Ignat'ev G.V. Radon v sisteme centralizovannogo vodosnabzheniya [Radon in the centralized water supply system] // Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta, 2011. No. 9 (76). P. 119–122. (in Russian).

Sverguzov A.M., Gusarov I.I., Rechanskij N.F. Sposob sohraneniya lechebnoj koncentracii radonovoj vody na etape dostavki k potrebitelyu procedur. Patent RF №RU2179455C1 [Russian patent No. RU2179455C1]. 2000. (in Russian).

Slyadnev A.P. Ocherki klimata Altajskogo kraja. Barnaul [Sketches of the climate of the Altai Territory]. 1958. 139 p. (in Russian).

A RATIONAL USE OF THE POTENTIAL OF RADON DEPOSITS FOR THE BELOKURIKHA RESORT REGION

V.F. Reznikov, I.D. Rybkina, N.V. Stoyascheva,
E.Yu. Sedova, M.S. Gubarev, A.V. Golovin, E.S. Orlova

Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Barnaul,

*E-mail: rvf@iwep.ru, irina.rybkina@mail.ru, stoyash@mail.ru, zhenya_sedova@mail.ru, maik1980@bk.ru,
golovin.anton.vl@gmail.com, morana-11@mail.ru*

The necessity of the “Belokurikha Gornaya” tourist territory creation stems from the fact of the increased role of domestic tourism organization that fully corresponds to the mission of Altai Krai. The work was aimed at assessing the environmental conditions of the territory for the planned construction of a radon pipeline in order to justify the choice of a probable water pipeline route and to determine the possibility of delivering radon-containing water of appropriate quality from the field to end users. As a result, the radon pipeline route was selected with regard for environmental factors and economic feasibility, the radon losses during transportation of water from the deposit to consumers were calculated, and the proposals for the rational use of radon resources were made.

Keywords: deposits of radon waters; rational use of resources; Belokurikha resort region; construction of a radon pipeline.

Received January 15, 2024. Accepted: February 16, 2024

Сведения об авторах

Резников Виктор Федорович – ведущий инженер Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0009-0003-3681-6802. E-mail: rvf@iwep.ru.

Рыбкина Ирина Дмитриевна – доктор географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0002-0081-9652, e-mail: irina.rybkina@mail.ru.

Стоящева Наталья Викторовна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0009-0001-9927-0574. E-mail: stoyash@mail.ru.

Седова Евгения Юрьевна – младший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0003-0566-9267. E-mail: zhenya_sedova@mail.ru.

Губарев Михаил Сергеевич – ведущий инженер Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0003-0693-6371. E-mail: maik1980@bk.ru.

Головин Антон Владимирович – младший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0003-0946-9393. E-mail: golovin.anton.vl@gmail.com.

Орлова Елена Сергеевна – младший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0009-0004-0650-4055. E-mail: morana-11@mail.ru.

Information about the authors

Reznikov Viktor Fedorovich – leading engineer of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0009-0003-3681-6802. E-mail: rvf@iwep.ru.

Rybkina Irina Dmitrievna – Dr Sc. In Geography, Associate Professor, Leading Researcher, Head of the Department Laboratory of Water Resources and Water Use of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-0081-9652. E-mail: irina.rybkina@mail.ru.

Stoyasheva Natalya Viktorovna – PhD in Geography, Senior Researcher at the Laboratory of Water Resources and Water Management of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0009-0001-9927-0574. E-mail: stoyash@mail.ru.

Sedova Evgeniya Yurievna – Junior Researcher at the Laboratory of Water Resources and Water Management of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-0566-9267. E-mail:

zhenya_sedova@mail.ru.

Gubarev Mikhail Sergeevich – Leading engineer of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-0693-6371. E-mail: maik1980@bk.ru.

Golovin Anton Vladimirovich – Junior Researcher at the Laboratory of Water Resources and Water Management of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-0946-9393. E-mail: golovin.anton.vl@gmail.com.

Orlova Elena Sergeevna – Junior Researcher at the Laboratory of Water Resources and Water Management of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0009-0004-0650-4055. E-mail: morana-11@mail.ru.