

УДК: 553.76+615.327+711.455
DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-4-518-527

Развитие туристского кластера «Большая Белокуриха» определяет потребность в оценке перспектив обнаружения радоновых вод на различных участках кластера. В статье проанализирован существующий уровень и виды использования радоновых вод на курорте Белокуриха, выявлены геологические и геохимические поисковые признаки радоновых вод. Установлено, что вся полоса Искровско-Белокурихинской уран-редкометалльно-редкоземельной зоны, приуроченной к переходу от Бийско-Барнаульской впадины к горно-складчатому сооружению Алтая, имеет перспективы на радоновые воды. Определены потенциальные участки для проведения детальных поисковых работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

месторождения радоновых вод, курорт, бальнеология, радон, Искровско-Белокурихинская уран-редкометалльно-редкоземельная зона, Белокуриха, Алтайский край.

Статья поступила в редакцию 10.01.2021.

РАДОНОВЫЕ ВОДЫ БОЛЬШОЙ БЕЛОКУРИХИ: СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УЧАСТКИ РАЗВИТИЯ КУРОРТА

Гусев А.И.¹,
Дунец А.Н.²,
Табакаева Е.М.²✉,
Акимов О.С.²

¹Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В.М. Шукшина, Бийск, Россия, anzerger@mail.ru

²Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, tabakaevaem@mail.ru✉

Введение

Радоновые воды – один из ключевых факторов развития города-курорта федерального значения Белокурихи и сопредельных территорий. По данным Управления Алтайского края по развитию туризма и курортной деятельности, в 2019 г. курорт посетили 246 тыс. туристов. В настоящее время вокруг курорта формируется туристский кластер «Большая Белокуриха», охватывающий Смоленский, Алтайский и Солонешенский районы. В связи с развитием туристской инфраструктуры за пределами города Белокурихи и высокой нагрузкой на эксплуатируемое Белокурихинское месторождение радоновых вод возрастает потребность в новых источниках лечебных вод.

Цель исследования – оценить современный уровень использования радоновых вод курортом Белокуриха, выявить поисковые признаки радоновых вод и оценить перспективы их обнаружения в пределах туристского кластера «Большая Белокуриха».

Как известно, изучение радона в окружающей среде началось с момента открытия этого изотопа в 1900 г. [1]. Высокая радоновая активность в местах локализации разломов была отмечена в работах середины XX века [2]. Главными причинами подобных флуктуаций являются увеличение площади эманирования [3] и увеличение пропускного сечения пустот (Вгасе, 1977) в результате роста трещин. В настоящее время среди факторов формирования радоновых вод выделяют внутренние (геологические, гидрогеологические, геодинамические) и внешние (космогенные, метеорологические) [4]. Главными из них являются содержание урана в горных породах (вещественный фактор) [5], их нарушенность разломами (структурный фактор) [6–8], степень современной активности недр (геодинамический фактор) [9–11], атмосферная динамика (планетарный фактор), а также типы и свойства подземных вод (гидрогеологический фактор) [12]. Для определения иерархии влияния факторов необходимы исследования в каждом конкретном регионе.

Теплые радоновые источники Белокурихи были известны местным жителям еще в XVII в., однако их применение с лечебными целями началось только после 1866 г. [13]. В 1907 г. в азотных термах Белокурихи был установлен радон. В 1920 г. начались первые гидрогеологические исследования под руководством профессора М.М. Василевского. Впервые был сделан полный количественный анализ воды и обнаружено присутствие благородных газов – гелия и аргона. Начиная с 1931 г. на Белокурихинском месторождении термальных радоновых вод проводились многоэтапные разведочные работы с эксплуатационным бурением, а также впоследствии ревизионные работы, основной целью которых была оценка эксплуатационных запасов, итоги которой отражены в отчетах (Тюнниковой, 1954; Асташкиной, 1956; Елмановой, 1963; Кашиной, Романовой, 1970; Елмановой, 1977; Арутюнянц и др., 1982). В резуль-

тате этих работ были вскрыты напорные термальные воды с дебитом (до 1500 м³/сутки), обеспечивающим дальнейший рост курорта. В 1940 г. на курорте организована постоянно действующая радиометрическая лаборатория, в 1952 г. ее преобразовали в контрольно-наблюдательную станцию, а в 1962 г. она получила статус гидрослужбы, которая действует и сейчас.

Одновременно с этим проводились исследования по поиску новых месторождений радоновых вод на близлежащих территориях (Ильин, 1989). В рамках Центральной экспедиции № 56 в 1989–1991 гг. выполнена детальная разведка Искровского месторождения термальных радоновых вод (Ильин, Спирин, Ляпунов, 1991).

На основе результатов изучения режима минеральных вод в процессе эксплуатации Белокурихинского месторождения за период с 1949 по 1998 гг. установлено, что прирост запасов азотно-кремнистых терм для санаторно-курортного лечения возможен только за счет вовлечения в эксплуатацию других месторождений региона. Скорректирована технологическая схема разработки Белокурихинского месторождения [14].

В 1990-х годах разрабатывалась концепция Белокурихинской лечебно-оздоровительной местности, которая включала Алтайский, Смоленский, Солонешенский районы и город-курорт Белокуриху, с целью создания оптимальных социально-экономических условий ее функционирования как объекта рекреации, санаторно-курортной сферы, экологизированного сельского хозяйства и пищевой промышленности. В связи с этим были проведены работы по обобщению данных о существующих источниках радоновых вод (Белокурихинское, Искровское и Черновское месторождения), описано выявленное проявление радоновых вод в районе с. Россоши [15].

Материалы и методы исследований

Ресурсно-географический подход специализируется на изучении туристских ресурсов регионов. Оценка туристского потенциала территории, основанная на этом подходе, имеет большое значение для определения перспектив развития туристско-рекреационной деятельности в регионе. Такая оценка является начальным этапом любых туристских исследований и позволяет увидеть ключевые особенности территории. Методологические основы оценки туристско-рекреационного потенциала были заложены в работах В.С. Преображенского [16], Ю.А. Веденина [17], Л.И. Мухиной [18].

Необходимым этапом, предшествующим оценке туристско-рекреационного потенциала территории, являются специализированные исследования отдельных компонентов природных и социально-экономических систем для определения их существующего состояния и возможностей использования. В нашем случае к таким исследованиям относится геологическое изучение территории туристского кластера «Большая Белокуриха» для выявления геологических и геохимических

поисковых признаков формирования радоновых вод и выделения новых перспективных участков.

Проведены полевые исследования геолого-структурного положения перспективных для развития кластера «Большая Белокуриха» участков и отбор проб горных пород в пределах Искровско-Белокурихинской уран-редкометалльно-редкоземельной зоны. Анализ изотопов урана и тория в гранитоидах Белокурихинского плутона выполнен в Центре изотопных исследований Всероссийского научно-исследовательского геологического института имени А.П. Карпинского (г. Санкт-Петербург). Полученные данные интерпретированы с учетом парадигмы геотектоники, увязывающей в единое целое процессы, протекающие в разных геосферах: коре, верхней мантии (тектоника плит), нижней мантии (плюмтектоника) и внешнем ядре (тектоника роста). На основе данных Гидрослужбы курорта Белокуриха проведена оценка существующего уровня и видов использования радоновых вод на курорте.

Результаты исследования

Анализ современного использования радоновых вод на курорте Белокуриха. В настоящее время основной ресурсной базой курорта является Белокурихинское месторождение радоновых вод. По данным Гидрослужбы курорта Белокуриха, потребление минеральной воды составляет 370–390 м³ в сутки. При этом в течение года это значение существенно изменяется: повышенное потребление воды отмечено с июня по ноябрь с наибольшим значением в августе (435,1 м³/сутки), наименьшее — в декабре (282,1 м³/сутки) (рис. 1).

В год лечения с применением радоновых вод получают около 50 тысяч туристов. Радоновую воду используют следующие санатории: Белокуриха, Сибирь, Катунь, Россия, Детский санаторий Белокурихи, Алтай, Алтайский замок, Родник Алтая, Центросоюз, Транс-сиб. АО «Курорт Белокуриха», включающий санатории Белокуриха, Сибирь и Катунь, потребляет около половины радоновых вод (рис. 2). В течение года использование лечебных вод санаториями меняется разнообразно (рис. 3). Сильный рост потребления в мае происходит только в санатории Сибирь (2660 м³), при этом в санатории Белокуриха в этом же месяце, напротив, наблюдается спад потребления (3115 м³). Стоит отметить, что санаторий Белокуриха – самый крупный потребитель радоновых вод курорта с ежемесячным объемом практически на протяжении всего года более 3000 м³. Динамика потребления вод остальными санаториями имеет схожие тренды с объемами среднесуточного потребления в течение года.

Многолетними экспериментальными и клиническими исследованиями [19] установлен эффект гормезиса минеральных вод курорта Белокуриха – реагирование клеточных и тканевых структур на сверхмалые дозы радоновых аппликаций, что определяет уникальность данных вод. Основу лечения на курорте

Белокуриха составляют процедуры с использованием природных лечебных факторов курорта, их получает подавляющее число туристов. Охват отдыхающих курорта водными лечебными процедурами в 2017–2019 гг. показан на диаграмме (рис. 4).

В 2019 г. в санаториях АО «Курорт Белокуриха» минеральные ванны получали 72,4% туристов, минеральный бассейн – 7,1%, подводное вытяжение – 5,0%, другие процедуры на минеральной воде – 43,4%.

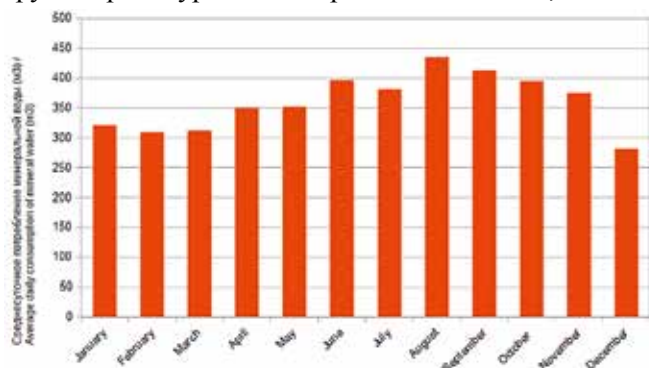


Рис. 1. Среднесуточное потребление минеральной воды на курорте Белокуриха в течение 2019 г. (м³)

Fig. 1. Average daily consumption of mineral water in the resort of Belokurikha during 2019 (m³)

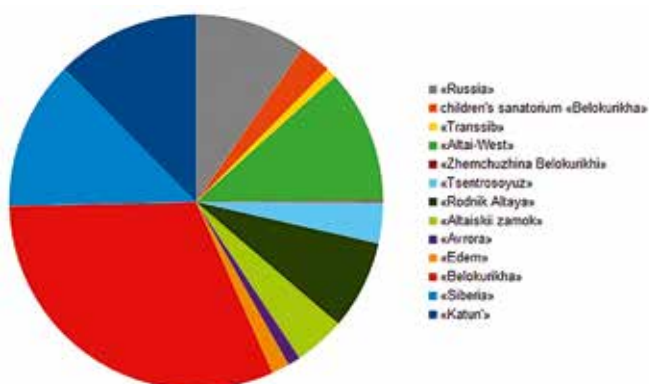


Рис. 2. Доля санаториев в потреблении минеральной воды в 2019 г. (%)

Fig. 2. The share of sanatoriums in the consumption of mineral water in 2019 (%)

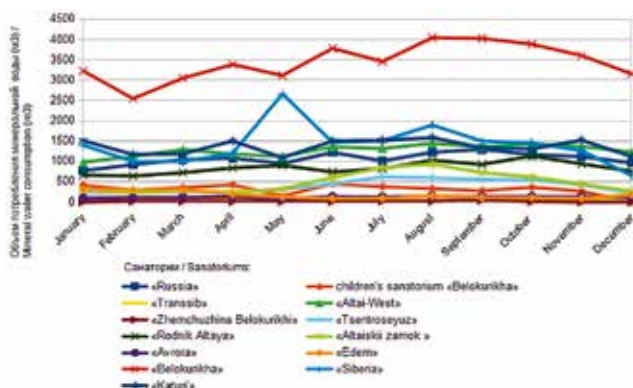


Рис. 3. Потребление минеральной воды санаториями курорта Белокуриха в 2019 году (м³)

Fig. 3. Mineral water consumption by the Belokurikha resort sanatoriums during 2019 (m³)

Многолетними экспериментальными и клиническими исследованиями [19] установлен эффект гормезиса минеральных вод курорта Белокуриха – реагирование клеточных и тканевых структур на сверхмалые дозы радоновых аппликаций, что определяет уникальность данных вод. Основу лечения на курорте Белокуриха составляют процедуры с использованием природных лечебных факторов курорта, их получает подавляющее число туристов. Охват отдыхающих курорта водными лечебными процедурами в 2017–2019 гг. показан на диаграмме (рис. 4).

В 2019 г. в санаториях АО «Курорт Белокуриха» минеральные ванны получали 72,4 % туристов, минеральный бассейн – 7,1 %, подводное вытяжение – 5,0 %, другие процедуры на минеральной воде – 43,4 %.

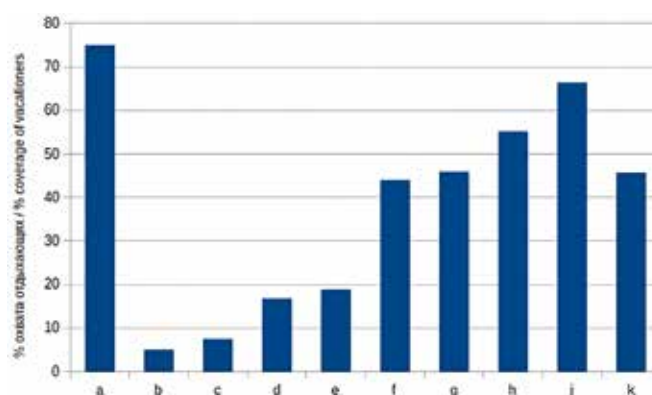


Рис. 4. Процент охвата отдыхающих водными лечебными процедурами на курорте Белокуриха. Приведены средние значения по санаториям АО «Курорт Белокуриха» за 2017–2019 гг. Водные лечебные процедуры: а – ванны минеральные, б – подводное вытяжение, с – бассейн с минеральной водой и ЛФК, d – душ головы, e – орошение глаз, f – грязелечение, g – гидромассаж, h – гидропатия, j – физиолечение, k – галотерапия

Fig. 4. The percentage of vacationers receiving water treatment procedures in the resort of Belokurikha. The average values for the sanatoriums of JSC "Resort Belokurikha" from 2017–2019 are given.

Water treatment procedures: a – mineral baths, b – underwater traction, c – pool with mineral water and exercise therapy, d – showering of the head, e – irrigation of the eyes, f – mud therapy, g – hydromassage, h – hydrotherapy, j – physiotherapy, k – halotherapy

Поисковые признаки радоновых вод и перспективные участки их распространения. Геологическая позиция и состав радоновых вод Белокурихинского, Искровского и Черновского месторождений подробно описаны в работах [14; 20; 21]. Все эти месторождения приурочены к полосе Искровско-Белокурихинской уран-редкоземельной зоны Горного Алтая (рис. 5), расположенной в висячем боку субширотного неотектонического Белокурихинского разлома [22]. Как известно, молодые тектонические разломы в

сочетании со сложной сетью тектонической трещиноватости, пронизывающей массивы кристаллических пород, являются важнейшим фактором, который определяет накопление на глубине и выход на поверхность термальных вод [23]. Для изучаемой территории та-

ким массивом является Белокурихинский плутон площадью свыше 320 км² и более мелкие Курановский, Осокинский и другие штоки, входящие в состав белокурихинского гранодиорит-гранит-лейкогранитового комплекса (P_2-T_1).

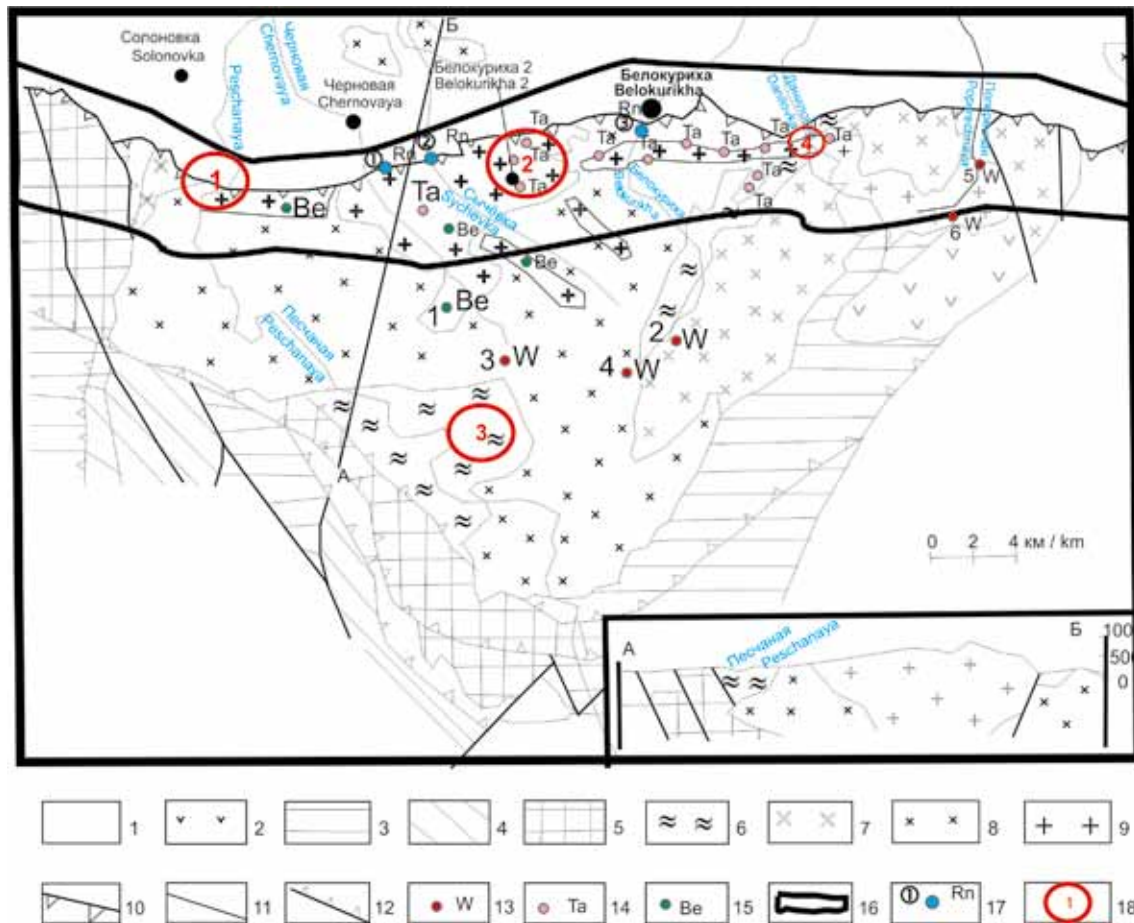


Рис. 5. Схематическая геологическая карта района Белокурихинского плутона:

- 1 – четвертичные образования;
 - 2 – лавы и туфы андезитов, андезибазальтов, базальтов, дацитов, риолитов, алевролитов, песчаников, конгломератов куяганской свиты (D_2);
 - 3 – песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, органогенные известняки, гравелиты и конгломераты барагашской свиты (D_1);
 - 4 – глинистые сланцы, алевролиты, песчаники, известняки чинетинской свиты (S_1);
 - 5 – пестроцветные песчаники, алевролиты, филлиты, туфопесчаники, лавы и туфы основного и промежуточного составов, конгломераты, известняки, гравелиты песчанской свиты (C_2-O);
 - 6 – гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма белокурихинского полиметаморфического комплекса (PR);
 - 7 – гранодиориты усть-беловского габбро-диорит-гранодиоритового комплекса (D_3);
 - 8, 9 – белокурихинский гранодиорит-гранит-лейкогранитовый комплекс (P_2-T_1): 8 – гранодиориты, адамеллиты, граниты; 9 – граниты, лейкограниты Курановского, Осокинского, Березовско-Устаурихинского и других штоков;
 - 10 – граница Бийско-Барнаульской впадины;
 - 11 – сбросы;
 - 12 – надвиги; месторождения и проявления полезных ископаемых;
 - 13 – кварцево-жильные и кварцево-грейзеновые вольфрам-молибденовые;
 - 14 – пегматитовые тантал-ниобиевые; 15 – пегматитовые бериллиевые.
 - 16 – уран-редкометалльная Искровско-Белокурихинская зона с месторождениями и проявлениями радоновых вод.
- Цифрами на карте обозначены месторождения вольфрама: 1 – Курановское, 2 – Дмитриевское, 3 – Осиновское, 4 – Верхнебелокурихинское, 5 – Батунковское, 6 – Осокинское.
- 17 – Месторождения радоновых вод и их номера: 1 – Черновское, 2 – Искровское, 3 – Белокурихинское.
- 18 – Перспективные участки развития туристского кластера «Большая Белокуриха»: 1 – Белокуриха-3 (Щеки), 2 – Белокуриха-2, 3 – Белокуриха-3 (Осиновка), 4 – Даниловка

Fig. 5. Schematic geological map of the Belokurikhinsky pluton area. The map contains the following symbols:

- 1 – quaternary formations;
- 2 – lavas and tuffs of andesites, basaltic andesites, basalts, dacites, rhyolites, siltstones, sandstones, and conglomerates of the Kuyagan suite (D2);
- 3 – sandstones, siltstones, shales, organogenic limestones, gravelstones and conglomerates of the Baragash suite (D1);
- 4 – shales, siltstones, sandstones, and limestones of the Chineta suite (S1);
- 5 – variegated sandstones, siltstones, phyllites, tuff sandstones, lavas and tuffs of basic and intermediate compositions, conglomerates, limestones, and gravelstones of the Peschanskaya suite (C2-O1);
- 6 – gneisses, crystalline schists, and amphibolites of the epidote-amphibolite facies of the metamorphism of the Belokurikha polymetamorphic complex (PR);
- 7 – granodiorites of the Ust-Belovsky gabbro-diorite-granodiorite complex (D3);
- 8, 9 – Belokurikhinsky granodiorite-granite-leucogranite complex (P2-T1): 8 – granodiorites, adamellites, and granites;
- 9 – granites and leucogranites of the Kuranovsky, Osokinsky, Berezovsky-Ustaurikhinsky and other stocks;
- 10 – the boundary of the Biysk-Barnaul depression;
- 11 – discharges;
- 12 – thrusts; deposits and manifestations of minerals: 13 – quartz-vein and quartz-greisen tungsten-molybdenum;
- 14 – pegmatite tantalum-niobium;
- 15 – pegmatite beryllium.
- 16 – Uranium-rare metal Iskrovsko-Belokurikhinskaya zone with deposits and manifestations of radon waters. The numbers on the map indicate the tungsten deposits: 1 – Kuranovskoe, 2 – Dmitrievskoe, 3 – Osinovskoe, 4 – Verkhnebelokurikhinskoe, 5 – Bantunkovskoe, 6 – Osokinskoe.
- 17 – Deposits of radon waters and their numbers: 1 – Chernovskoe, 2 – Iskrovskoe, 3 – Belokurikhinskoe.
- 18 – Promising areas for the development of the tourist cluster "Bolshaya Belokurikha": 1 – Belokurikha-3 (Sheki), 2 – Belokurikha-2, 3 – Belokurikha-3 (Osinovka), 4 – Danilovka.

Искровско-Белокурихинская уран-редкоземельная зона характеризуется повышенной радиоактивностью и относится к радоноопасным территориям. В этой полосе, проходящей по северной части Белокурихинского плутона, локализуются эндогенные месторождения урана. Известно, что радон входит в состав радиоактивных рядов ^{238}U , ^{235}U и ^{232}Th . Ядра радона постоянно возникают в природе при радиоактивном распаде материнских ядер. Ввиду химической инертности радон относительно легко покидает кристаллическую решетку «родительского» минерала и попадает в подземные воды и воздух. Таким образом, в гранитоидах носители урановой и ториевой минерализации (урановые минералы, торит, циркон и другие) являются основными источниками образования радона. Поэтому наиболее часто радоновые воды формируются именно в районах развития гранитоидов изначально с повышенными содержаниями уран- и торий-содержащих минералов и повышенных концентраций урана и тория в гранитах и пегматитах [24; 25; 26].

Анализ содержаний изотопов ^{238}U и ^{232}Th в гранитоидах Белокурихинского плутона показал, что наибольшие концентрации этих изотопов характерны для аплитов и пегматитов (таблица).

В этой связи следует проводить поисковые работы в областях развития пегматитовых роев, распространенных как в гранитоидах, так и во вмещающих породах рамы Белокурихинского плутона, а также в областях проявлений коренных месторождений урана и тория. Все эти поисковые признаки наиболее проявлены в области влияния Белокурихинского надвига (рис. 5).

Помимо косвенных поисковых признаков проводился анализ прямых признаков (наличие радона в водах). Хорошие перспективы имеет участок Белокуриха-2, где в правых притоках реки Березовки отмечены концентрации радона от 12 до 15 нКи/дм³, а также в скважине (Rn = 30–4 нКи/дм³). Этот участок вместе с районом села Ульяновка имеет очень большие перспективы, так как здесь располагается коренное месторождение урана и тория. Последнее может служить основным поставщиком урана и радона в водоносные горизонты. Район Ульяновки требует разведки на радоновые воды на глубинах 200–300 м с подсчетом запасов промышленных категорий.

Весьма перспективным объектом радоновых вод является Даниловский участок, где повышенные концентрации радона зафиксированы в скважине частного хозяйства (глубина 40 м, содержание радона 12 нКи/дм³).

Концентрации изотопов урана и тория в гранитоидах Белокурихинского плутона Concentrations of uranium and thorium isotopes in granitoids of the Belokurikhinsky pluton

Породы / Rocks	^{238}U	^{232}Th
Гранодиориты / Granodiorites	1.5–2.1	2.1–4.2
Граниты / Granites	2.2–3.2	4.1–6.3
Лейкограниты / Leucogranites	7.8–12.5	22.1–47.2
Аплиты / Aplites	22.6–45.1	38.0–51.1
Пегматиты / Pegmatites	41.1–1200	75.7–1460

Примечание. Анализы выполнены в Центре изотопных исследований Всероссийского научно-исследовательского геологического института имени А.П. Карпинского (г. Санкт-Петербург).

Note. Analyses were performed at the Center for Isotope Research of the Russian Geological Research Institute (St. Petersburg).

и в двух правых притоках реки Даниловки, в которых содержания радона составляют от 10 до 15 нКи/дм³.

Имеются перспективы также на участках в промежутке между Сычевкой и Березовкой. Так, в левом истоке ручья Пономарева и в истоке ручья Семенова определены концентрации радона от 5 до 11 нКи/дм³.

Обсуждение результатов исследования

Ограничением при использовании радоновых вод Белокурихинского месторождения является установленный Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых России объем эксплуатационных запасов на уровне 600 м³/сутки (ГКЗ РФ, 1996). По мнению специалистов ФГУП «Гидроспещгеология», в случае превышения этой величины возможно понижения пьезометрического уровня термальных радоновых вод ниже уровня грунтовых вод, что приведет к попаданию радона в грунтовые воды [27].

В связи с этим и в целом для разгрузки существующего курорта Белокуриха в настоящее время начато развитие сопредельных территорий с формированием курортного кластера «Большая Белокуриха». Современная концепция его развития основывается на бассейновом подходе [28] и предполагает расширение курортной инфраструктуры с введением в эксплуатацию новых месторождений радоновых вод. Одной из основных точек развития сегодня является строящийся курорт «Белокуриха-2» с планируемой единовременной вместимостью 3000 мест и ежегодной пропускной способностью средств размещения более 200 тыс. туристов [29]. На территории будущего курорта планируется использовать лечебные минеральные воды Искровского месторождения при их транспортировке до курорта с помощью радонопровода. Проведение поисковых работ в районе с. Ульяновка может снять потребность в строительстве радонопровода. Стоит отметить, что воды Искровского месторождения имеют значительно более высокое содержание радона (38–52 нКи/дм³) по сравнению с Белокурихинским месторождением (5–8 нКи/дм³), что не требует их искусственного обогащения радоном [21]. Запасы минеральных вод Искровского месторождения утверждены в количестве 840 м³/сут. (ГКЗ СССР, 1991).

Второй точкой развития в кластере является планируемый комплекс «Белокуриха-3» в 20 км к западу от города-курорта Белокурихи в пределах Смоленского района Алтайского края. Территория располагается в 6 км к югу от с. Солоновка и 1,5 км южнее поселка Красный Городок в долине реки Песчаная. В 2017 г. научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии (г. Томск) выдал заключение о признании лечебно-оздоровительной местностью участков «Урочище Щеки» и «Урочище Осиновка» в долине р. Песчаная (рис. 5). Для комплекса Белокуриха-3

также планируется использование минеральной воды Искровского месторождения [30]. В настоящее время здесь начинается строительство первых туристских объектов. Помимо этого перспективным участком развития кластера с точки зрения обеспечения радоновыми водами является Даниловский участок, расположенный восточнее г. Белокуриха.

Существенной проблемой Большой Белокурихи и вообще отдыха на Алтае является отсутствие достаточных возможностей для развития комфортного отдыха, связанного с водой. Использование ограниченного объема минеральных радоновых вод в качестве лечебных процедур не удовлетворяет потребности туристов и не способствует развитию СПА-центров. Даже несмотря на горно-предгорную специализацию нельзя пренебрегать активным использованием воды для организации лечебных и оздоровительных процедур. Необходимо рассмотреть возможность строительства комплекса открытых и закрытых бассейнов в Белокурихе-2 или у Искровского месторождения минеральных вод.

Заключение

Таким образом, вся полоса переходной зоны от Бийско-Барнаульской впадины к горно-складчатому сооружению Алтая имеет перспективы на радоновые воды, обусловленные комплексом признаков и факторов формирования вод с участием вадозной составляющей и глубинных вод, выщелачивающих минералы с повышенной радиоактивностью из лейкогранитов и пегматитов. Вся эта полоса требует постановки поискового бурения для оценки запасов радоновых вод промышленных категорий. Геологическими поисковыми признаками могут служить приуроченность перспективных на обнаружение радоновых вод участков к глубинному субширотному Белокурихинскому разлому, проходящему вдоль фаса Алтая, и особенно к зонам пересечения разломов разных направлений – субширотного и субмеридионального. К геохимическим поисковым признакам относится наличие горных пород с повышенным содержанием урана – аплитов и пегматитов.

Город-курорт федерального значения Белокуриха является центром притяжения для туристов и создает спрос в различных секторах экономики, связанных с обслуживанием отдыхающих. При этом вокруг курорта формируются новые туристские центры, что создает потребность введения в эксплуатацию дополнительных источников радоновых вод, в том числе для обеспечения минеральными водами комплекса бассейнов в новых лечебно-оздоровительных местностях Большой Белокурихи. Такая концепция пространственного развития курортной зоны Большой Белокурихи также позволит не превышать допустимые нормы использования Белокурихинского месторождения радоновых вод.

БЛАГОДАРНОСТЬ / Acknowledgment

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта 19-45-220009, конкурс p_a.

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in within the framework of the scientific project 19-45-220009, competition p_a.

ЛИТЕРАТУРА

1. Marshall J.L., Marshall V.R. Ernest Rutherford, the “true discoverer” of radon // *Bulletin for the History of Chemistry*. 2003. Vol. 28. N2. P. 76–83.
2. Чердынцев В.В. Содержание радона в водах Татарской АССР // *ДАН СССР*. 1942. Т. 36. N7. С. 223–224.
3. Honda M., Kurita K., Hamano Y., Ozima M. Experimental studies of He and Ar degassing during rock fracturing // *Earth and Planetary Science Letters*. 1982. Vol. 59. N2. P. 429–436. DOI: 10.1016/0012-821X(82)90144-3
4. Семинский К.Ж., Семинский А.К. Радон в обводненных разломных зонах Байкальского региона: уровни содержания и их вариации в пространстве и времени // Триггерные эффекты в геосистемах: тезисы докладов IV Всероссийской конференции с международным участием (Москва, 6–9 июня, 2017 г.). Москва: ГЕОС, 2017. С. 88.
5. Старик И.Е. Основы радиохимии. Москва–Ленинград: АН СССР, 1960. 459 с.
6. Steinitz G., Vulkan U., Lang B., Gilat A., Zafrir H. Radon emanation along border faults of the rift in the Dead Sea area // *Israel Journal of Earth Sciences*. 1992. Vol. 41. N1. P. 9–20.
7. Guerra M., Etiope G. Effects of gas-water partitioning, stripping and channelling processes on radon and helium gas distribution in fault areas // *Geochemical Journal*. 1999. Vol. 33. N3. P. 141–151. DOI: 10.2343/geochemj.33.141
8. Mojzeš A., Marko F., Porubčanová B., Bartošová A. Radon measurements in an area of tectonic zone: A case study in Central Slovakia // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2017. Vol. 166. Part 2. P. 278–288. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2016.08.012
9. Monnin M.M., Seidel J.L. Radon in soil-air and in groundwater related to major geophysical events: A survey // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*. 1992. Vol. 314. N2. P. 316–330. DOI: 10.1016/0168-9002(92)90975-A
10. Семинский К.Ж., Бобров А.А. Радоновая активность разнотипных разломов земной коры (на примере Западного Прибайкалья и Южного Приангарья) // *Геология и геофизика*. 2009. Т. 50. N8. С. 881–896.
11. Семинский К.Ж., Бурзунова Ю.П., Семинский А.К., Бобров А.А. Роль структурного фактора в распределении подземных вод с повышенным содержанием радона на юго-западном фланге Южно-Байкальской рифтовой впадины // *Геодинамика и тектонофизика*. 2017. Т. 8. N4. С. 949–969. DOI: 10.5800/GT-2017-8-4-0326
12. Choubey V.M., Bartarya S.K., Saini N.K., Ramola R.C. Impact of geohydrology and neotectonic activity on radon concentration in groundwater of intermontane Doon Valley, Outer Himalaya, India // *Environmental Geology*. 2001. Vol. 40. N3. P. 257–266. DOI: 10.1007/s002540000177
13. Бенгардт А.А., Остапов А.Д. Курорт Белокуриха. Барнаул: Алтайский полиграфический комбинат, 2000. 190 с.
14. Логинов А.А. Новые данные о величине эксплуатационных запасов радоновых терм Белокурихинского месторождения на Алтае // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 1998. N6. С. 50–51.
15. Швецов А.Я. Термальные радоновые воды // Поморов С.Б., Ревякин В.С., Вдовин Н.Ф. Белокурихинская лечебно-оздоровительная местность: Научная монография. Барнаул: НИИ горного природопользования АлтГТУ, 1997. 154 с.
16. Преображенский В.С., Квартальнов В.А. Основные концепции и модели рекреологии // *Теоретические проблемы рекреационной географии*. Москва: ИГАН, 1989. С. 6–24.
17. Веденин Ю.А. Опыт анализа процесса развития некоторых рекреационных функций территории // *Рекреационная география*. Москва, 1976. С. 69–83.
18. Мухина Л.И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов. Москва: Наука, 1973. 95 с.
19. Казначеев В.П., Эфендиев Б.А., Эфендиева Т.С. К истории научных исследований радоновых процедур на курорте Белокуриха и перспективы их исследований // *Перспективы развития восстановительной медицины в Сибирском регионе*. Белокуриха, 2009. С. 98–99.
20. Елисеев В.А., Акуленко Ю.Н., Пузанов А.В. Радоновые воды Алтая и их использование в санаторно-курортной практике // *Известия АлтГУ*. 2000. N3. С. 63–65.
21. Гусев А.И. Геоэкологические проблемы и перспективы развития рекреационной зоны «Большой Белокурихи» на Алтае // *Успехи современного естествознания*. 2013. N11. С. 98–102.
22. Гусев А.И., Гусев Н.И., Табакаева Е.М. Петрология и рудоносность белокурихинского комплекса Алтая. Бийск: БПГУ, 2008. 193 с.
23. Адилов В.Б., Львова Н.В., Морозова Е.Ю., Ряженев В.В. Азотные слабоминерализованные термальные минеральные воды России // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2019. Т. 96, N5, С. 66–71. DOI: 10.17116/kurort20199605166
24. Cho B.W., Choo C.O. Geochemical Behavior of Uranium and Radon in Groundwater of Jurassic Granite Area, Icheon, Middle Korea // *Water*. 2019. Vol. 11. N6. 1278. DOI: 10.3390/w11061278
25. Cho S.Y., Koo M.-H., Cho B.W., Jung Y.-Y., Oh Y.H. Factors Controlling the Spatial and Temporal Variability in Groundwater ²²²Rn and U Levels // *Water*. 2019. Vol. 11, N 9, 1796. DOI: 10.3390/w11091796
26. Przylibski T.A., Domin E., Gorecka J., Kowalska A. ²²²Rn Concentration in Groundwaters Circulating in Granitoid Massifs of Poland // *Water*. 2020. Vol. 12. N 3. 748. DOI: 10.3390/w12030748
27. Радченко Г.И. Геолого-экологические исследования ФГУПП «Гидроспецгеология» на Алтае // *Разведка и охрана недр*. 2008. N10. С. 73–76.
28. Ревякин В.С., Дунец А.Н., Козырева Ю.В. Бассейновые кластеры окраины Алтая // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2019. Т. 11. N3. С. 284–294. DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-4-284-294
29. Dunets A.N., Zhogova I.G., Akimov O.S. Spatial Planning for Health Tourism Development in Belokurikha Resort (Russia) // *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2019. Vol. 10. N6. P. 1331–1337. DOI: 10.14505/jemt.v10.6(38).15
30. Джабарова Н.К., Яковенко Э.С., Сидорина Н.Г., Коханенко А.А., Воробьев В.А., Зайцев А.А., Коваленко Т.С., Жилияков И.В. Перспективы развития Белокурихинской курортной зоны Алтайского края // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2016. Т. 93. N2. С. 43–47. DOI: 10.17116/kurort2016243-47

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / Information about authors



ГУСЕВ Анатолий Иванович – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры естественно-научных дисциплин, Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В.М. Шукшина, 659333, Бийск, Россия, +7(3854)328-861, anzerg@mail.ru

Anatoly I. GUSEV – DSC in Geological and Mineralogical Sciences, Professor of Department of Natural Sciences, Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Bitysk, 659333, Russia, +7(3854)328-861, anzerg@mail.ru



АКИМОВ Олег Сергеевич – аспирант кафедры экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет, 656049, Барнаул, Россия, +7 (905)0802367, akimovo@mail.ru
ORCID: 0000-0002-6760-9051

*Oleg S. AKIMOV – Postgraduate Student of the Department of Economic Geography and Cartography. Altai State University, Barnaul, 656049, Russia, +7(905)0802367, akimovo@mail.ru
ORCID: 0000-0002-6760-9051*



ДУНЕЦ Александр Николаевич – доктор географических наук, директор Института географии. Алтайский государственный университет. 656049, Барнаул, Россия, +7(3852)291-275, dunets@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3804-6800

*Alexander N. DUNETS – DSC in Geographical Sciences, Director of Institute of Geography. Altai State University, Barnaul, 656049, Russia, +7(3852)291-275, dunets@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3804-6800*



ТАБАКАЕВА Евгения Михайловна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры экономической географии и картографии. Алтайский государственный университет. 656049, Барнаул, Россия, +7(3852)291-280, tabakaevaem@mail.ru
ORCID: 0000-0002-0454-5812

*Evgeniya M. TABAKAEVA – PhD in Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Economic Geography and Cartography. Altai State University, Barnaul, 656049, Russia, +7(3852)291-280, tabakaevaem@mail.ru
ORCID: 0000-0002-0454-5812*

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / Contribution

Гусев А.И. провел полевые исследования и отбор проб горных пород, составил схематическую геологическую карту района Белокурихинского плутона и Искровско-Белокурихинской уран-редкометалльно-редкоземельной зоны, выявил и описал новые перспективные участки на радоновые воды; **Дунец А.Н.** обобщил данные о современном использовании радоновых вод в пределах кластера «Большая Белокуриха», определил приоритетные направления развития кластера в области использования радоновых вод; **Табакеева Е.М.** подготовила раздел рукописи о состоянии изученности радоновых вод курорта и исследованиях в России и мире по данной теме, подготовила графический материал, оформила текст рукописи; **Акимов О.С.** собрал данные о современном использовании радоновых вод на курорте Белокуриха.

Gusev A. I. conducted the field studies and sampling of rocks, made a schematic geological map of the Belokurikhinsky pluton and Iskovsko-Belokurikhinsky uranium-rare metal-rare earth zone, and identified and described new promising areas for radon waters; Dunets A. N. summarized the data on the modern use of radon waters within the cluster "Bolshaya Belokurikha", and identified the prioritized directions for the development of the cluster in the use of radon waters; Tabakaeva E. M. prepared a section of the manuscript on the state of knowledge of the radon waters of the resort and research on this topic in Russia and around the world, prepared graphic material, and designed the text of the manuscript; Akimov O. S. collected data on the modern use of radon waters in the resort of Belokurikha.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / Conflict of interest

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

RADON WATERS OF THE BOLSHAYA BELOKURIKHA (BIG BELOKURIKHA): MODERN USE AND PROSPECTIVE AREAS OF RESORT DEVELOPMENT

Anatoly I. Gusev¹,
Alexander N. Dunets²,
Evgeniya M. Tabakaeva^{2*},
Oleg S. Akimov²

¹Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk, Russia, anzer@mail.ru

²Altai State University, Barnaul, Russia, tabakaevaem@mail.ru

DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-4-518-527

Abstract

At present, a tourist and recreational cluster is being formed around the federal resort of Belokurikha, which includes the adjacent territories of the Smolensk, Altai and Soloneshensky municipal districts of the Altai Territory. To determine the directions of spatial development in the cluster, information is needed on the prospects for discovering new sources of radon waters. The purpose of the study is to assess the current level of use of radon waters by the resort of Belokurikha, to identify geological and geochemical prospecting indicators of radon waters and to assess the prospects for their detection within the tourist cluster "Bolshaya Belokurikha". A field study of the territory and sampling of granitoids from the Belokurikhinsky pluton were carried out. The analysis of isotopes of uranium and thorium from granitoids was carried out according to the classical method at the Center for Isotope Research of the Russian Geological Research Institute (St. Petersburg). The analysis of the current water use was carried out based on the data of the Hydroservice of the resort of Belokurikha on water consumption for 2019. The volume of radon water consumption by the sanatoriums of the Belokurikha resort in 2019 varied throughout the year from 435.1 m³ / day in August to 282.1 m³ / day in December. This does not exceed the operational reserves of the Belokurikhinskoye deposit, which are 600 m³ / day. Potential areas for the detection of radon waters are confined to the deep sub-latitudinal Belokurikha fault, which runs along the border of the Pre-Altai plain and the Altai Mountains, and especially to the zones of intersection of faults of different directions. This is the main geological prospecting indicator. The geochemical prospecting indicator is the increased content of uranium in rocks. The highest concentrations of ²³⁸U and ²³²Th isotopes in the granitoids of the Belokurikhinsky pluton were found for aplites and pegmatites. Thus, the entire strip of the transition zone from the Biysk-Barnaul depression to the mountain-folded structure of Altai has prospects for radon waters, due to a complex of features for prospecting and factors of water formation with the participation of the vadose component and of deep waters leaching minerals with increased radioactivity from aplites and pegmatites. Prospective sites for carrying out detailed prospecting for radon waters are located in Belokurikha-2 in the area of the village Ulyanovka and near the village of Danilovka. Here, in addition to indirect prospecting indicators, there are also direct ones (radon content in waters).

Keywords: deposits of radon waters, resort, balneology, radon, Iskra-Belokurikha uranium-rare metal-rare earth zone, Belokurikha, Altai Krai.

References

1. Marshall J. L., Marshall V. R. "Ernest Rutherford, the "true discoverer" of radon", *Bulletin for the History of Chemistry*, 2003, vol. 28, no. 2, pp. 76–83.
2. Cherdyn'tsev V.V. "Radon content in the waters of the Tatar Autonomous Soviet Socialist Republic", *Reports of the USSR Academy of Sciences*, 1942, vol. 36, no. 7, pp. 223–224. (in Russian)
3. Honda M., Kurita K., Hamano Y., Ozima M. "Experimental studies of He and Ar degassing during rock fracturing", *Earth and Planetary Science Letters*, 1982, vol. 59, no. 2, pp. 429–436. DOI: 10.1016/0012-821X(82)90144-3
4. Seminskii K.Zh., Seminskii A.K. "Radon in the flooded fault zones of the Baikal region: concentration levels and their variations in space and time", *Abstracts of the IV All-Russian Conference with International Participation "Trigger effects in geosystems"*, Moscow, 6–9 June 2017, Moscow, 2017, p. 88. (in Russian)
5. Starik I.E. *Fundamentals of Radiochemistry*, Moscow – Leningrad, Akademiya nauk SSSR Publ., 1960, 459 p. (in Russian)
6. Steinitz G., Vulkan U., Lang B., Gilat A., Zafrir H. "Radon emanation along border faults of the rift in the Dead Sea area", *Israel Journal of Earth Sciences*, 1992, vol. 41, no. 1, pp. 9–20.
7. Guerra M., Etiope G. "Effects of gas-water partitioning, stripping and channelling processes on radon and helium gas distribution in fault areas", *Geochemical Journal*. 1999, vol. 33, no. 3, pp. 141–151. DOI: 10.2343/geochemj.33.141
8. Mojzeš A., Marko F., Porubčanová B., Bartošová A. "Radon measurements in an area of tectonic zone: A case study in Central Slovakia", *Journal of Environmental Radioactivity*, 2017, vol. 166, part 2, pp. 278–288. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2016.08.012
9. Monnin M.M., Seidel J.L. "Radon in soil-air and in groundwater related to major geophysical events: A survey", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 1992, vol. 314, no. 2, pp. 316–330. DOI: 10.1016/0168-9002(92)90975-A
10. Seminskii K.Zh., Bobrov A.A. "Radon activity of faults (western Baikal and southern Angara areas)", *Geologiya I Geofizika*, 2009, vol. 50, no. 8, pp. 881–896. (in Russian)
11. Seminskii K.Zh., Burzunova Yu.P., Seminskii A.K., Bobrov A.A. "Role of the structural factor in the distribution of high-radon groundwater in the southwestern flank of the South Baikal rift basin", *Geodinamika I Tektonofizika*, 2017,

vol. 8, no. 4, pp. 949–969. DOI: 10.5800/GT-2017-8-4-0326 (in Russian)

12. Choubey V.M., Bartarya S.K., Saini N.K., Ramola R.C. “Impact of geohydrology and neotectonic activity on radon concentration in groundwater of intermontane Doon Valley, Outer Himalaya, India”, *Environmental Geology*, 2001, vol. 40, no. 3, pp. 257–266. DOI: 10.1007/s002540000177

13. Bengardt A.A., Ostapov A.D. *Belokurikha Resort*, Barnaul, Altaiskii poligraficheskii kombinat Publ., 2000, 190 p. (in Russian)

14. Loginov A.A. “New data on the value of the operational reserves of radon springs of the Belokurikhinskoe deposit in Altai”, *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy*, 1998, no. 6, pp. 50–51. (in Russian)

15. Shvetsov A.Ya. “Thermal radon waters”, In: Pomorov S.B., Revyakin V.S., Vdovin N.F., *Belokurikhinskaya health-improving area*, Barnaul, NII gornogo prirodopol'zovaniya AltGTU Publ., 1997, 154 p. (in Russian)

16. Preobrazhenskii V.S., Kvartal'nov V.A. “Basic concepts and models of recreation”, In: *Theoretical problems of recreational geography*, Moscow, Institut geografii akademii nauk Publ., 1989, pp. 6–24. (in Russian)

17. Vedenin Yu.A. “The experience of analyzing the development process of some recreational functions of the territory”, In: *Recreational geography*, Moscow, 1976, pp. 69–83. (in Russian)

18. Mukhina L.I. *Principles and methods of technological assessment of natural complexes*, Moscow, Nauka Publ., 1973, 95 p. (in Russian)

19. Kaznacheev V.P., Efendiev B.A., Efendieva T.S. “On the history of scientific research of radon procedures at the resort of Belokurikha and the prospects for their research”, in: *Prospects for the development of restorative medicine in the Siberian region*, Belokurikha, 2009, pp. 98–99. (in Russian)

20. Eliseev V.A., Akulenko Yu.N., Puzanov A.V. Altai radon waters and their use in sanatorium-resort practice”, *Izvestiya of Altai State University*, 2000, no. 3, pp. 63–65. (in Russian)

21. Gusev A.I. “Geoecological problems and prospects for the development of the recreational zone “Bolshaya Belokurikha” in Altai”, *Advances in Current Natural Sciences*, 2013, no. 11, pp. 98–102. (in Russian)

22. Gusev A.I., Gusev N.I., Tabakaeva E.M. *Petrology and*

ore mineralization of the Belokurikhinsky complex in Altai, Biysk, BPGU Publ., 2008, 193 p. (in Russian)

23. Adilov V.B., Lvova N.V., Morozova E.Yu., Ryazhenov V.V. “Weakly mineralized nitrogen thermal waters of Russia”, *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy*, 2019, vol. 96, no. 5, pp. 66–71. DOI: 10.17116/kurort20199605166 (in Russian)

24. Cho B.W., Choo C.O. “Geochemical Behavior of Uranium and Radon in Groundwater of Jurassic Granite Area, Icheon, Middle Korea”, *Water*, 2019, vol. 11, no. 6, 1278. DOI: 10.3390/w11061278

25. Cho S.Y., Koo M.-H., Cho B.W., Jung Y.-Y., Oh Y.H. Factors Controlling the Spatial and Temporal Variability in Groundwater ²²²Rn and U Levels. *Water*. 2019, vol. 11, no. 9, 1796. DOI: 10.3390/w11091796

26. Przylibski T.A., Domin E., Gorecka J., Kowalska A. “²²²Rn Concentration in Groundwaters Circulating in Granitoid Massifs of Poland”, *Water*, 2020, vol. 12, no. 3, 748. DOI: 10.3390/w12030748

27. Radchenko G.I. “Geological and ecological studies of the Federal State Unitary Enterprise “Gidrospektogeologiya” in Altai”, *Prospect and Protection of Mineral Resources*, 2008, no. 10, pp. 73–76. (in Russian)

28. Revyakin V.S., Dunets A.N., Kozyreva Yu.V. “Bassin tourist clusters of the Altaya outskirts”, *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 284–294. DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-4-284-294 (in Russian)

29. Dunets A.N., Zhogova I.G., Akimov O.S. “Spatial Planning for Health Tourism Development in Belokurikha Resort (Russia)”, *Journal of Environmental Management and Tourism*, 2019, vol. 10, no. 6, pp. 1331–1337. DOI: 10.14505/jemt.v10.6(38).15

30. Dzhabarova N.K., Yakovenko E.S., Sidorina N.G., Kokhanenko A.A., Vorob'ev V.A., Zaitsev A.A., Kovalenko T.S., Zhilyakov I.V. “The prospects for the further development of the Belokurikha spa and health resort territory in the Altai Krai (region)”, *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy*, 2016, vol. 93, no. 2, pp. 43–47. DOI: 10.17116/kurort2016243-47 (in Russian)

Article received 10.01.2021.