

## ТИПИЗАЦИЯ РАДОНОВЫХ ВОД РОССИИ

Гусев А.И.

*Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В.М. Шукшина, Алтайский край,  
г. Бийск, Российская Федерация, E-mail: anzerg@mail.ru*

Статья представляет собой оригинальное исследование по типизации радоновых вод, распространенных в различных регионах России. Типизация радоновых вод проведена с использованием современных гидрохимических представлений о составе минерализованных вод, учитывающих главные и второстепенные компоненты. По всем 5 гидрохимическим типам приведены данные о содержании радона, общей минерализации, температуре, дебите источников. Оценены проблемы, связанные с радоновыми водами, на наиболее известных курортах страны. Акцентируется внимание на радоновых проявлениях Крымского полуострова, как региона с относительно новым направлением в радонотерапии. Радоновые воды последнего связаны с активизацией глубинных разломов и проявлением плюмтектоники в районе Южного Берега Крыма. Мантийные составляющие в радоновых водах подтверждены соотношением изотопов  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в водах источника Аджи-Су. По некоторым показателям радонопроявления Крыма сопоставимы с геодинамическим полигоном формирования радоновых вод Белокурихи на Алтае.

**Ключевые слова:** Россия, Крым, радоновые воды, типизация радоновых вод, химический состав, дебит, минерализация, радон, изотопы гелия.

### ВВЕДЕНИЕ

Радонотерапия получила огромное распространение в России и за рубежом и актуальность обобщающих работ по проблеме распространения природных источников радоновых вод не вызывает сомнений [1-8]. В каждом регионе их распространения главные проблемы: 1- поиски минерализованных вод с большими концентрациями радона и 2- расширение ресурсной базы с перспективой на возможность эксплуатации на длительный период. Цель настоящей статьи обобщить и типизировать громадный ресурсный потенциал радоновых вод страны. Это особенно важно для сравнительно новых регионов, в которых только начинается эксплуатация радоновых вод. К числу таких регионов относится Крымский полуостров, где сочетание радоно- и моретерапии может иметь особую специфику этой территории, привлекая значительную часть турпотока с целью бальнеологического оздоровления.

### 1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Содержания радона в воде определялось гамма-спектрометрическим методом удельной активности радионуклида радон-222 в Лаборатории СО РАН (г. Новосибирск). Анализ проб на изотопный состав гелия производился в Лаборатории геохронологии и геохимии изотопов СО РАН (г. Новосибирск) на масс-спектрометре МИ-1201.

### 2. ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАДОНОВЫХ ВОД

В современных классификациях выделяют две основные группы радоновых вод: группа А — воды простого состава, в которых радон является единственным лечебным компонентом; группа Б — радоновые воды сложного состава, в которых радон тесно ассоциирует с другими компонентами. В этой группе выделяют 5 гидрохимических типов.

I тип (гидрохимический) — кислородно-азотные слабоминерализованные холодные воды разного ионного состава (месторождения Восточного Урала, Карелии, Казахстана, Украины и др.). Радоновые воды простого состава во многих областях стран СНГ широко распространены. Генетически они связаны с верхней трещиноватой зоной кислых кристаллических пород с повышенным содержанием радия, по существу являясь грунтовыми водами. Они обладают в большинстве случаев слабой радиоактивностью, высокорadioактивные воды встречаются среди них редко (например, Увильдинские источники). Перечень известных месторождений России и их сопоставительные характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика основных месторождений радоновых вод Российской Федерации

| Месторождения            | Современное использование | Дебит, л/с | Температура, °С. | Минерализация, г/л | Основные компоненты    | Содержания радона в воде |                |
|--------------------------|---------------------------|------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|----------------|
|                          |                           |            |                  |                    |                        | кБк/л                    | нКи/л          |
| Ставропольский край      |                           |            |                  |                    |                        |                          |                |
| Пятигорск                |                           |            |                  |                    |                        |                          |                |
| Теплосерный              | Курорт                    | 1.4        | 21               | 2.4                | CO <sub>2</sub> - 1    | 0.63                     | 16.9           |
| Радиошольня              | Курорт                    | 1.1        | 21               | 3.4                | CO <sub>2</sub> - 1    | 1.35-10.71               | 36.4-290       |
| Академическая галерея    | Курорт                    | 1.2        | 21               | 3.8-4.6            | -                      | 0.81                     | 22             |
| Бештаугорский            | Курорт                    | 3.0        | 10               | 0.66               | -                      | 6.75                     | 182            |
| Челябинская область      |                           |            |                  |                    |                        |                          |                |
| Увильды                  | Курорт                    | 2.0        | 6.0              | 0.4-0.9            | -                      | 9.4-10.7                 | 255-290        |
| Кисегач                  | Не используется           | 2.2        | 5.5              | 0.5                | -                      | 0.24-0.37<br>До 2.7      | 0.6-9.1 до 7.3 |
| Екатеринбургская область |                           |            |                  |                    |                        |                          |                |
| Липовка                  | Бальнеолечебница          | 1.16       | 7.5              | 0.25               | -                      | 0.67-0.81                | 18-22          |
| Иркутская область        |                           |            |                  |                    |                        |                          |                |
| Усть-Кут                 | Курорт                    | 0.2        | 7.0              | 140                | N, H <sub>2</sub> S    | 0.96                     | 26             |
| Читинская область        |                           |            |                  |                    |                        |                          |                |
| Молоковка                | Курорт                    |            |                  |                    |                        |                          |                |
| №1                       | Бальнеолечебница          | 3.5        | 1.7              | 0.8                | CO <sub>2</sub> – 1.6  | 3.37                     | 91             |
| №2                       | Питьевое использование    | 0.3        | 1.5              | 0.8                | CO <sub>2</sub> – 2.2  | 0.41                     | 11             |
| Ямкун-озеро              | Бальнеолечебница          | 1.6        | 24               | 1.8                | CO <sub>2</sub> – 1.5  | 0.52                     | 14             |
| Дарасун- Нерчинский      | Не используется           | 1.0        | 2.0              | 0.2                | CO <sub>2</sub> – 2.30 | 0.96                     | 26             |
| Былыре                   | Бальнеолечебница          | 4.0        | 45               | 0.4                | N                      | 0.26                     | 7.0            |
| Ургучан                  | Курорт                    | 0.16-1.0   | 1.0              | 0.8                | CO <sub>2</sub> – 1.2  | 0.22-0.33                | 6-9            |
| Бурятия                  |                           |            |                  |                    |                        |                          |                |
| Нилова Пустынь           | Бальнеолечебница          | 1.5        | 40               | 1.1                | -                      | 0.19                     | 5              |
| Красноярский край        |                           |            |                  |                    |                        |                          |                |
| Дикоозёрское             | Курорт                    | 3.1        | 4-7              | 0.5-0.6            | Орг. В-ва 15-17 мг/л   | 2.63-4.1                 | 70-110         |
| Тува                     | Не используется           | -          | Холодн.          | Маломинерализ.     | 1.5                    | 1.5                      | 40             |
| Чинг-Шуй                 | Не используется           | -          | То же            | То же              | 1.5                    | 1.5                      | 40             |
| Байтальское              | Не используется           | -          | 6                | То же              | -                      | 1.1-1.37                 | 29-36.4        |

|                    |                                  |           |       |          |                                       |           |          |
|--------------------|----------------------------------|-----------|-------|----------|---------------------------------------|-----------|----------|
|                    | Алтайский край                   |           |       |          |                                       |           |          |
| Белокуриха         | Курорт                           | 1-8.8     | 37.1  | 0.3      | N                                     | До 0.4    | До 10.8  |
| Искровское         | Не используется                  | 0.097-1.1 | 22    | 0.3      | N                                     | 1.4-2.1   | 38-54    |
| Черновское         | Не используется                  | 0.28-1.2  | 25    | 0.4      | N                                     | 2.63-3.26 | 70-83    |
|                    | Новосибирская область            |           |       |          |                                       |           |          |
| Колывань           | Не используется                  | 4.0       | 6.0   | 0.35-0.5 | -                                     | 1.37-12.8 | 36.4-535 |
|                    | Карелия                          |           |       |          |                                       |           |          |
| Ханунвара          | Не используется                  | 0.1       | 4.0   | 0.2      | -                                     | 1.82-6.75 | 49-182   |
|                    | Воронежская область              |           |       |          |                                       |           |          |
| Георгиу-Деж        | Бальнеолечебница                 | 2.75      | 12    | 1.8      | -                                     | 1.48      | 40       |
|                    | Башкортостан                     |           |       |          |                                       |           |          |
| Янгантау           | Санаторий                        | 1.0       | 10    | 0.5      | -                                     | 0.23      | 6.2      |
|                    | Еврейская автономная область     |           |       |          |                                       |           |          |
| Кульдур            | Санатории Горняк, Жемчужина      | 2.1-2.3   | 22    | 0.6      | N                                     | 0.6-1.2   | 18-34    |
|                    | Камчатский край                  |           |       |          |                                       |           |          |
| Паратунка          | Бальнеологическая курортная зона | 10-20     | 25-80 | 1.6-2.3  | N, SO <sub>4</sub>                    | 1.3-10.7  | 35-280   |
| Зеленовские озерки | Бальнеологическая курортная зона | 15-20     | 5-8   | 1.4-1.5  | H <sub>2</sub> S                      | 1.2-10    | 32-275   |
|                    | Республика Крым                  |           |       |          |                                       |           |          |
| Аджи-Су            | Больница Черные воды             | 5-10      | 15-18 | 1.1-1.5  | N, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S | 0.2-0.4   | 0.5-9.5  |
| Новая Жизнь        | Купель на окраине села           | 10-15     | 45    | 1.3-1.6  | N, Br, I                              | 0.22-0.5  | 0.8-10.2 |

Примечание. Прочерки – нет данных.

Радоновые воды сложного состава образуют редкие, локальные, а зональные месторождения, генетически связанные обычно либо с рудной урано-радиевой минерализацией, либо со вторичными адсорбционного характера скоплениями радия. Эти воды формируются в различных геоструктурных условиях и геодинамических обстановках (в разных провинциях минеральных вод) и представлены четырьмя гидрохимическими типами (II, III, IV и V), в каждом из которых радиобиологическое действие радона сочетается с биологическим действием других компонентов и свойств минеральной воды (азот, углекислота, повышенная минерализация, термальность и др.). II тип — азотные кремнистые слабоминерализованные щелочные термы (Былыра в Забайкалье (Читинская область), Белокуриха на Алтае, Паратунка на Камчатке, Ак-Су на Тянь-Шане, Аджи-Су и Новая Жизнь в Крыму). Особо-важную роль играют высокотемпературные термы Паратунки на Камчатке, где температура может достигать 80°C, что связано с активной вулканической деятельностью этого региона. Паратунка требует создания обширного курорта современного типа, так как термы обладают высокой активностью. III тип — азотно-хлоридные кальциево-натриевые средне-минерализованные термальные (Джеты-Огуз в Киргизии). IV тип — углекислые, иногда кремнистые разного ионного состава,

разной минерализации и температуры (Пятигорск на Кавказе, Молоковка в Читинской области). V тип — азотно-хлоридно-натриевые холодные воды и рассолы (Усть-Кут в Иркутской области).

За рубежом имеется около 300 радоновых курортов. Наибольшей известностью пользуются курорты Германии (Бад-Брамбах), Болгарии (Момин Проход, Наречен), Чехии и Словакии (Яхимов), на которых получают лечение сотни тысяч больных.

В заключение следует сказать, что количество радона в воде ванн на большинстве курортов не превышает 0,75—1,13 кБк/л, а на некоторых хорошо известных, таких как Цхалтубо, Белокуриха, Белая Церковь, содержание его в воде ванн ниже минимального действующего порога, в связи с чем возникает необходимость в искусственном донасыщении природных радоновых вод на этих курортах до уровня принятых лечебных концентраций. В связи с этим, целесообразно законсервированные месторождения района Большой Белокурихи – Искровское и Черновское, имеющие значительно более высокие концентрации радона в воде и значительные запасы радоновых вод, использовать в бальнеолечении, так как такие воды не требуют искусственного насыщения их радоном.

### **3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ, ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

Типизация радоновых вод России с использованием современных принципов классификации позволяет сделать заключение, что разнообразные минеральные источники с радоном могут обеспечить запросы бальнеологии в стране. Значительная часть из них не используется, а многие эксплуатируются в малых масштабах, другие требуют срочного поиска новых радонопроявлений для обеспечения запасов в нужных объёмах. Установлено, что наиболее значительные запасы радоновых вод связаны с проявлениями кислого магматизма, генерированного в условиях современного рифтогенеза (Забайкалье), недавних проявлений плюм-тектоники (Северный Кавказ, Алтай). В этом отношении Крымская горно-складчатая система с её структурно-вещественными комплексами и проявлениями радоновых вод близка к областям, пережившим плюм-тектонический этап развития и активизацию глубинных разломов [9], по которым может осуществляться подток радона и других компонентов, определяющих спектр полезных свойств минерализованных вод Крыма.

Весьма чутким показателем проявления глубинных мантийных процессов и компонентов в становлении химического состава глубинных вод являются соотношения изотопов гелия. Повышенные значения соотношений изотопов гелия в радоновых источниках  $R = {}^3\text{He}/{}^4\text{He} = 195\text{--}210 \cdot 10^{-8}$  для Пятигорского (Ставропольский край),  $R = {}^3\text{He}/{}^4\text{He} = 285\text{--}290 \cdot 10^{-8}$  для Белокурихинского (Алтайский край),  $R = {}^3\text{He}/{}^4\text{He} = 165\text{--}170 \cdot 10^{-8}$  для Аджи-Су (Республика Крым) свидетельствуют о глубинном (мантийном) источнике их газовых составляющих. В этой связи весьма актуальным для Крыма является переопробование и анализ на содержание радона в водах известных ранее источников, а также скважин, бурившихся в целях поиска вод для питьевого водоснабжения полуострова. Известные в настоящее время радоновые источники Крыма относятся ко второму типу - азотных кремнистых слабоминерализованных щелочных терм. Для полуострова актуальным является строительство современного курортного объекта с использованием естественных природных радоновых вод.

### **Список литературы**

1. 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.
2. Гусев А.И. Геоэкологические проблемы и перспективы развития рекреационной зоны «Большой Белокурихи» на Алтае // Успехи современного естествознания. 2013. N 11. С. 98-102.
3. 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. N 4. С. 949-969.

4. Steinitz G., Vulkan U., Lang B., Gilat A., Zafir H. Radon emanation along border faults of the rift in the Dead Sea area. *Israel Journal of Earth Sciences*. 1992. V. 41 (1). P. 9-20.
5. Guerra M., Etiope G. 1999. Effects of gas-water partitioning, stripping and channelling processes on radon and helium gas distribution in fault areas. *Geochemical Journal*. 1999. V. 33 (3). P. 141-151.
6. Marshall J.L., Marshall V.R. Ernest Rutherford, the "true discoverer" of radon. // *Bull. Hist. Chem*. 2003. V. 28. Number 2. P. 76-83.
7. Mojzes, A., Marko, F., Porubcanova, B., Bartosova, A. Radon measurements in an area of tectonic zone: A case study in Central Slovakia // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2017. V. 166. P. 278-288.
8. Monnin, M.M., Seidel, J.L. Radon in soil and in groundwater related to major geophysical events: a survey // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. 1992. V. A 314. P. 316-330.
9. Гусев А.И., Одинцова Е.А. О проявлении плюмового магматизма в Аюдагском ареале Южного Берега Крыма. / Национальная научно-практическая конференция «НАУКА И ОБЩЕСТВО: Актуальные проблемы и решения». Керчь. 2021. С. 516-522.

## TYPIZATION OF THE RADON WATERS OF RUSSIA

**Gusev A.I.**

*Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy, Biysk, Altay krai, 659333, Russia E-mail: anzerg@mail.ru*

Paper is present an original research on the typization of radon waters, widespread in different regions of Russia. Information presented on 15 regions of Russia: Stavropol country, Chelyabinsk region, Ekaterinburg region, Irkutsk region, Chita region, Buryatiya, Krasnodar country, Altay country, Novosibirsk region, Kareliya, Voronezh region, Bashkokostan, Jewish autonomic region, Kamchatka country, Republik Crimea. Deposits of radon waters characterized on discharge, temperature, mineralization, basic chemical components, concentrations of radon. Typization of radon waters conducted with using modern hydrochemical performances about composition mineralization waters, take into accounting basic and minor components. The all 5 hydrochemical types lead data about concentration of radon, whole mineralization, temperature, yield of springs.

The first type is complex, where radiobiologic activity of radon combined with biologic activity of other components and properties of mineral water ( nitrogen, carbonate, high mineralization, thermal of water and other). There are oxygen-nitrogen weakness mineralization cold waters of different ionic composition (deposits of Eastern Ural, Karelia, Kazakhstan, Ukraine and other regions). These so radon waters simple composition in some countries of SNG are widespread. They are related genetic with upper jointing zone of acid crystalline rocks with high content of radium presenting watershed waters.

II type — nitrogen- siliceous weakness mineralization alkali thermal waters (Bylyra Transbaykal (Chita region), Belokurikha on Altay, Ak-Su on Tjan-Shan', Adzhi-Su and New Life in Crimea). The famous resort Belokurikha link with it type. An active thermal waters of Paratunka on Kamchatka related with volcanic activity of it region (temperature of waters reach 80°C).

III type — nitrogen-chlor calcium-sodic middle-mineralization thermal waters (Dzhety-Oguz in Kirgizia).

IV type — carbonated, sometimes siliceous carbonated of different ionic composition, various mineralization and temperature (Pyatigorsk on Caucasus, Molokovka in Chita region).

V type — nitrogen-chlor – sodic cold waters and brines (Ust-Kut in Irkutsk region).

Problems, related with radon waters on the more known resorts of country estimated. More considerable assay value of radon waters in regions of Russia related with manifestations of acid magmatism, generated in conditions contemporary riftogenezis, (Transbaykal), recent manifestation of plum-tectonic (Northern Caucasus, Altay). The high meaning of ratio isotopes of helium in radon waters  $R = {}^3\text{He}/{}^4\text{He} = 195\text{-}210 \cdot 10^{-8}$  for Pyatigorsk (Stavropol country)  $R = {}^3\text{He}/{}^4\text{He} = 285\text{-}290 \cdot 10^{-8}$  for Belokurikha (Altay country),  $R = {}^3\text{He}/{}^4\text{He} = 165\text{-}170 \cdot 10^{-8}$  for Adzhi-Su (Republic Crimea) testify about deep (mantle) source of it gas components. Accepted of attention on the radon waters of peninsula Crimea (Adzhi-Su and New Life), how region with relative new direction in radon-therapy. The radon waters of last related with activation deep faults and

manifestation of plum tectonic in area South Coast Crimea. The mantle completing in radon waters confirmed by ratio isotopes  $^3\text{He}/^4\text{He}$  in the waters spring of Adzhi-Su. The radon manifestation of Crimea on some exponents compared with geodynamic target of forming radon waters of Belokurikha on Altai. Quantity of radon in water of baths on majorities famous resorts don't exceed 0,75— 1,13 cBc/l but on some well famous resorts so as Belokurikha, Zhaltubo, White Church content of radon in water is below on minimum customary rapids. On it reason arise necessity in artificial saturation nature radon waters to customary of concentrations. Recommendations gave on more perspective manifestations of radon waters for different region of Russian Federation.

**Key words:** Russia, Crimea, Radon waters, typization of radon waters, chemical composition, yield of springs, mineralization, radon, isotopes of helium.

### References

1. Kaznacheev V.P., Efendiv B.A., Efendieva T.S. K istorii nauchnykh issledovaniy radonovykh protsedur na kurorte Belokurikha I perspektivy ikh issledovaniy / Perspektivy razvitiya vosstsnovitel'noy meditsiny v Sibirskom regione. Belokurikha. 2009. S. 98-99. (in Russian).
2. Gusev A.I. Geokologicheskie problemy I perspektivy razvitiya rekreatsionnoy zony "Bol'shaya Belokurikha" na Altae // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2013. N 11. S. 98-102. (in Russian).
3. Seminskiy K.Zh., Burzunova Yu.P., Seminskiy A.K., Bobrov A.A. Rol' strukturnogo faktora v raspredelenii podzemnykh vod spovashennym sodержaniem radona na yugo-zapadnom flange Yuzhno-Baykal'skoy riftovoy vpadiny // Geodinamika I tektonofizika. 2017. T. 8. N 4. S. 949-969. (in Russian).
4. Steinitz G., Vulkan U., Lang B., Gilat A., Zafirir H. Radon emanation along border faults of the rift in the Dead Sea area. Israel Journal of Earth Sciences. 1992, v. 41 (1). pp. 9-20.
5. Guerra M., Etiope G. 1999. Effects of gas-water partitioning, stripping and channelling processes on radon and helium gas distribution in fault areas. Geochemical Journal. 1999, v. 33 (3). pp. 141-151.
6. Marshall J.L., Marshall V.R. Ernest Rutherford, the "true discoverer" of radon. Bull. Hist. Chem. 2003. V. 28, N. 2. pp. 76-83.
7. Mojzes, A., Marko, F., Porubcanova, B., Bartosova, A. Radon measurements in an area of tectonic zone: A case study in Central Slovakia. Journal of Environmental Radioactivity. 2017, v. 166. pp. 278-288.
8. Monnin, M.M., Seidel, J.L. Radon in soil and in groundwater related to major geophysical events: a survey. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1992, v. A 314. pp. 316-330.
9. Gusev A.I., Odintsova E.A. O proyavlenii plumovogo magmatizma v Ayudagskom areale Yuzhnogo Berega Kryma / Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Nauka i obshchestvo: Aktual'nye problem I resheniya». Kerch'. 2021. S. 516-522. (in Russian).