





Красноусольские месторождения минеральных вод приурочены к сводовой части Усольской антиклинали, сложенной известняками среднего и верхнего карбона, перекрытыми нижнепермскими молассовыми отложениями.

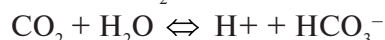
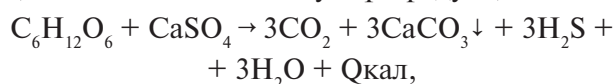
Непосредственно на территории курорта и в его окрестностях известны три месторождения минеральных вод, отличающиеся по своим геохимическим показателям и лечебным свойствам: Красноусольское 1, Красноусольское 2 и Красноусольское 3. Наиболее крупное из них – Красноусольское 1 – представлено сероводородными водами.

В результате исследований [2–3] в районе Красноусольского курорта выявлено 32 группы восходящих сульфидных источников, расположенных двумя линиями по правому и левому берегам р. Усолки. Длина правобережной линии около 0,5 км; она объединяет 29 групп источников естественного происхождения (см. рис.). На левом берегу Усолки, вблизи курорта, находятся два сероводородных источника, которые возникли на месте скважин, вскрывших самоизливающиеся воды (0,9 и 5,0 л/с) в карбонотугольных известняках. Дебит отдельных источников от 0,1 до 8–10 л/с, а суммарный дебит (без учета субаквальных выходов в русле Усолки) в летнюю межень оценивается в 80 л/с.

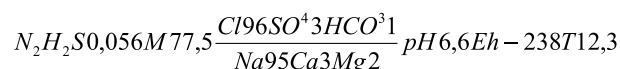
Воды всех источников относятся к хлоридным натриевым с минерализацией 2,2–47,7 г/дм<sup>3</sup>, концентрацией H<sub>2</sub>S до 70–80 мг/дм<sup>3</sup>, температурой 9–13 °С, величиной рН 6,9–7,4, Eh +160 ... –340 мВ. Содержание микроэлементов (мг/дм<sup>3</sup>): Вг до 40,5; I до 0,9; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> до 30,9; F до 1,6. Солевой состав на 80–95 % представлен NaCl, остальными солями являются (%): 1–4 % Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2–6 % MgSO<sub>4</sub>, 0,2–7 % CaSO<sub>4</sub> и 1–8 % Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Происхождение вод инфильтрацион-

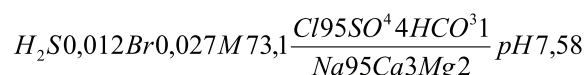
ное; химический состав формируется за счет выщелачивания солевого комплекса карбонотугольных пород; природа сероводорода биогенная. Именно в карбонатных карбонотугольных сульфатизированных и битуминозных породах создались благоприятные литолого-гидрогеохимические и термобарические (РТ) условия для генерации H<sub>2</sub>S за счет процесса биохимической сульфатредукции:



Формула химического состава воды скважины № 5/87 (см. рис.), используемой в бальнеологических целях, имеет вид:



Скважина 5/87 (дублер 1/79) имеет глубину 301 м. Сероводородные воды вскрыты в интервале глубин 150–301 м в трещиноватых, закарстованных карбонатных отложениях среднего карбона. Состав воды скважин № 4/81 и 3К, ранее используемых в лечебных целях, характеризуется следующей формулой:



Содержание сероводорода (12,2 мг/дм<sup>3</sup>) несколько ниже установленного для данного типа вод (30–40 мг/дм<sup>3</sup>).

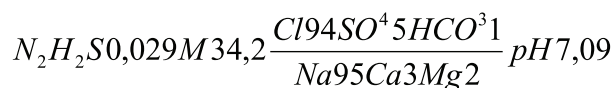
Анализ поведения главных ионов в водах с различной минерализацией свидетельствует о том, что ее рост практически всецело обеспечивается за счет натрия и хлора, увеличивающихся соответственно от 0,78 до 25,5 г/дм<sup>3</sup> (83,5–95,7 %) и от 1,15 до 39,2 г/дм<sup>3</sup> (80,9–95,1 %). С увеличением минерализации возрастают также концентрации (г/дм<sup>3</sup>): сульфатного (от 0,16 до 3,0), кальциевого (от 0,1 до 0,68) и магниевого (от 0,02 до 0,3 ионов). В то же время относительное их содержание неуклонно снижается (%): SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – от 8,0 до

<sup>1</sup> Здесь и далее глубина формирования термальных струй, питающих источники в зонах разломов, определялась по формуле:  $H = (T_{\text{ист}} - T_{\text{н.с.}}) / \Gamma + H_{\text{н.с.}}$ , где  $T_{\text{ист}}$  – температура воды источника, °С;  $H_{\text{н.с.}}$  и  $T_{\text{н.с.}}$  – глубина залегания и температура нейтрального слоя;  $\Gamma$  – величина геотермического градиента, °С/100 м. В расчетах по этой формуле не учитывалось снижение температуры, разгружающейся с глубины вод по мере их продвижения к поверхности, поэтому действительная глубина всегда будет несколько выше расчетной.

5,4–4,5; Ca<sup>2+</sup> – от 12,3 до 3,3–2,6; Mg<sup>2+</sup> – от 4,2 до 2,1–1,8. Исключение составляет гидрокарбонат-ион, индифферентный к росту минерализации. Концентрация его остается примерно на одном уровне (0,2–0,32 г/дм<sup>3</sup>), а относительное содержание уменьшается от 12,1 до 0,3%.

Подобное распределение макрокомпонентов указывает на то, что формирование геохимической гаммы сероводородных вод месторождения Красноусольское 1 осуществляется при участии процесса смешения рассольных и пресных вод. Процесс формирования сероводородных вод происходит в слабoproмытых засоленных каменноугольных породах лагунно-морского происхождения в гидрогеодинамической зоне затрудненного водообмена на глубине > 400–600 м<sup>1</sup>. Термобарические параметры этой зоны и литолого-геохимическая обстановка в ней (наличие сульфатов и ОВ, восстановительная среда) благоприятны для образования сульфидов за счет процесса сульфатредукции.

В наружных лечебных целях в санатории используются сульфидные хлоридные натриевые воды. Они добываются скважиной № 4-К на левом берегу Усолки (см. рис.). Скважина имеет глубину 23,3 м, рядом сооружена резервная скважина (скв. 4-Кр). В воде присутствуют (мг/дм<sup>3</sup>): бром – 22,9; йод – 1,7. Химический состав воды описывается формулой:

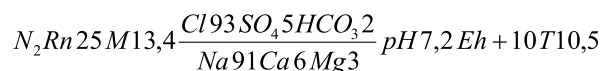


Согласно Методическим указаниям Министерства здравоохранения РФ №2000/34 «Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей из сертификации», минеральные воды скважин 5/87 и 4-К относятся к подгруппе 2.5.4. Красноусольского типа.

Глубинный генезис минеральных вод месторождения подтверждается наличием в них высоких концентраций гелия (до 9,3×10<sup>-3</sup> мл/л), обнаруживающего четкие корреляционные связи с хлором, сероводородом, йодом,

бромом и температурой.

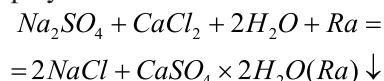
Месторождение Красноусольское 2 радоновых вод находится на территории курорта. Здесь, в основании левого склона долины Усолки из-под четвертичных осадков выбивает грифон соленой воды с дебитом 0,1–0,2 л/с и температурой 10,0–10,5°С (на курорте известен как источник 11). Это бессульфидная хлоридная натриевая вода с повышенным содержанием кальция (10,3–14,4%), относящаяся к достаточно хорошо выраженному хлоркальциевому типу, являющемуся основным геохимическим типом глубокозалегающих подземных вод. Солевой состав воды следующий (%): 81,4–85,9 NaCl; 3,8–4,2 MgCl<sub>2</sub>; 1,6–6,7 CaCl<sub>2</sub>; 4,4–4,9 CaSO<sub>4</sub>; 1,6–3,9 Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Минерализация воды в летнюю межень разных лет составляла 7,6–13,5 г/дм<sup>3</sup>, а величина отношения гNa/гCl – 0,88–0,94. Специфический компонент газового состава воды – радон (38–68 ед. махе, или 13,8–24,7 нСи/л). Формула ее химического состава:



Формирование месторождения радоновых вод в долине р. Усолки связано с наличием в верхней части геологического разреза вторичных эманулирующих коллекторов, образованных радием. Это подтверждается высокими концентрациями радона (до 200 ед. махе и более) в водах карбонатных пород вблизи контакта их с рыхлыми песчано-глинистыми отложениями Усолки. Причем, с глубиной содержание радона резко падает до нескольких единиц махе.

Известными примерами обогащения радоном минеральных вод в толще аллювия при выходе их на поверхность являются воды Цхалтубо (Грузия), Усть-Кута (Иркутская область РФ) и Джеты-Огуза (Кыргызская Республика). Само же образование вторичных эманулирующих коллекторов Красноусольского месторождения, по нашему мнению, связано с сосаждением радия с кальциевыми солями при смешении поднимающихся с глуби-

ны субтермальных рассолов хлоркальциевого типа с холодными пресными водами сульфатно-натриевого типа, циркулирующими в верхней части разреза Усольской антиклинали. Этот процесс может быть выражен следующей формулой:



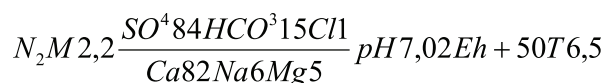
Отсюда становится понятным, что именно вблизи выхода единственного в своем роде источника 11 с водой хлоркальциевого типа и были обнаружены воды с наиболее высоким содержанием радона (175–210 ед. махе). Не исключено, что определенную роль в накоплении радона в минеральных водах также играют эманулирующие коллекторы, образованные радием, сорбированным самими глинистыми породами из хлоридных рассолов.

Очевидно, струи хлоридных рассолов, формирующих месторождения Красноусольское 1 и Красноусольское 2, поднимаются по тектоническим трещинам с разных глубин (более 500–600 м), не смешиваясь друг с другом. Этим объясняется специфический ионно-солевой и газовый состав воды источника 11 и отсутствие прямой корреляции между минерализацией и содержанием отдельных компонентов, присущей источникам месторождения Красноусольское 1. Наличие глубинной составляющей в воде радонового источника подчеркивается присутствием в ней гелия ( $3,1 \times 10^{-4}$  мл/л), что на порядок выше фоновой концентрации.

Среднеминерализованные (сильно солоноватые) радоновые воды, содержащие среди солей  $CaCl_2$ , в природе встречаются очень редко (Джеты-Огуз; Бад-Кройцнах и Таале в Германии). Лечебные свойства их оцениваются высоко.

Месторождение минеральных вод Красноусольское 3 (см. рис.) в геохимическом отношении занимает особое положение. Оно расположено в 1,5 км западнее курорта и представлено источником Горький Ключ (источник 12). Дебит его 40 л/с, температура воды

– 6,1–6,5° С. Генетически он не относится непосредственно к Красноусольской группе минеральных вод и приурочен к закарстованным гипсам кунгура, слагающим правый склон долины р. Усолки. Вода источника по составу сульфатная кальциевая с минерализацией 2,2 г/дм<sup>3</sup>:



Водорастворенные соли представлены (%): 77  $CaSO_4$ , 15  $Ca(HCO_3)_2$ , 7  $Na_2SO_4$ . От вод Красноусольских источников примерно того же уровня минерализации она отличается несколько пониженным содержанием йода (0,001 мг/дм<sup>3</sup>) и брома (0,8 мг/дм<sup>3</sup>). Воды данного источника в соответствии с ГОСТ 13273-88 «Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые» относятся к Краинскому типу XI группы сульфатных кальциевых минеральных вод. Розлив минеральной воды источника 12 под наименованием «Красноусольская» осуществляется в соответствии с ТУ 10 РСФСР 363 – 88 «Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые источников РСФСР».

В Башкортостане Красноусольские сероводородные воды («серносоляные источники») известны с XVI в. Описаны они в середине XVIII в. в трудах первых участников экспедиций Российской академии наук (П.И. Рычкова, П.С. Палласа, И.И. Лепехина). В дальнейшем их обследовали А.В. Нечаев, различные партии Центрального НИИ курортологии и физиотерапии и др. Бальнеологическую ценность вод исследовали сотрудники Башкирского государственного медицинского университета. Первая сводка о минеральных водах и лечебных грязях Республики Башкортостан, в т.ч. Красноусольских сероводородных вод, была выполнена Г.В. Вахрушевым в 1929 г. [4].

Он одним из первых установил, что Красноусольские минеральные воды разгружаются по тектоническим разломам с глубин

400–500 м под действием гидравлического напора. Трещины разобщены между собой, об этом свидетельствуют различия минерализации и большие колебания содержания радона даже в близко расположенных источниках. Глубинные воды разных струй при подъеме неодинаково разбавляются пресными водами верхних водоносных горизонтов, что объясняется большими колебаниями минерализации минеральных вод.

Г.В. Вахрушеву принадлежит описание карста, пещер Башкортостана, гидрогеологических и инженерно-геологических ис-

следований термических явлений на г. Янгантау, состава минеральных вод курорта «Красноусольск». Монография Г.В. Вахрушева «Минеральные воды и грязи Башкирии» [5] послужила основой для изучения минеральных вод и грязей на всей территории республики.

В настоящее время санаторий Красноусольских минеральных вод является одной из крупных многопрофильных здравниц Российской Федерации, с 2006 служит базой послеполетной реабилитации космонавтов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Р.Ф., Мазитов Ф.Х., Загидуллин Ш.З. О генезисе природных лечебных факторов курорта «Красноусольск» // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2007. № 2. С. 33–36.

2. Абдрахманов Р.Ф. Пресные подземные и минеральные лечебные воды Башкортостана. Уфа: Гилем, 2014. 416 с.

3. Абдрахманов Р. Ф., Попов В.Г. Минеральные лечебные воды Башкортостана. Уфа: Гилем, 1999. 298 с.

4. Вахрушев Г.В. Минеральные воды и грязи Башреспублики // Хозяйство Башкирии, 1929. № 2–3. С. 155–176.

5. Вахрушев Г.В. Минеральные воды и грязи Башкирии. Уфа: Башкнигоиздат, 1961. 156 с.

#### REFERENCES

1. Abdrakhmanov R.F. Mazitov F.H., Zagidullin Sh.Z. O genezise prirodnykh lechebnykh faktorov kurorta Krasnousolsk [On the genesis of natural therapeutic factors of the Krasnousolsk Resort]. Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kultury – Problems of Kurortology, Physiotherapy and Curative Physical Culture, 2007, no. 2, pp. 33–36 (In Russian).

2. Abdrakhmanov R.F. Presnye podzemnye i mineralnye lechebnye vody Bashkortostana [Fresh ground and mineral curative waters of Bashkortostan].

Ufa, Gilem, 2014. 416 p. (In Russian).

3. Abdrakhmanov R.F., Popov V.G. Mineralnye lechebnye vody Bashkortostana [Mineral curative waters of Bashkortostan]. Ufa, Gilem, 1999. 298 p. (In Russian).

4. Vakhrushev G.V. Mineralnye vody i gryazi Bashrespubliki [Mineral waters and muds of the Bashkir Republic]. Khozyaystvo Bashkirii – Economy of Bashkiria, 1929, no. 2–3, pp. 155–176 (In Russian).

5. Vakhrushev G.V. Mineralnye vody i gryazi Bashkirii [Mineral waters and muds of Bashkiria]. Ufa, Bashkniгоizdat, 1961. 156 p. (In Russian).