

УДК 551.49

Т.В.САЛТАНОВА

ТИПИЗАЦИЯ ЛЕЧЕБНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД СЕВЕРОДВИНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

Настоящая статья, обобщающая результаты исследований, проведенных в последние годы кафедрой гидрогеологии Ленинградского горного института, и поисково-разведочных работ на лечебно-минеральные воды, проведенных ПГО "Архангельскгеология", является первым опытом гидрогеохимической типизации лечебных минеральных вод Северодвинского артезианского бассейна.

В основу предлагаемой типизации лечебных минеральных вод Северодвинского артезианского бассейна положено разделение этих вод по величине минерализации, соотношению в них главных компонентов и наличию специфических кальнеологических компонентов.

Границы типов лечебных минеральных вод по величине минерализации выбирались на основе принятых в классификации В.В.Иванова и Г.А.Чевраева [3] градаций (ориентированных на наиболее часто встречающуюся в природе минерализацию вод данного гидрогеохимического типа) с учетом местных гидрогеохимических особенностей: 2 г/л - принятый в кальнеологии критерий минимальной минерализации для вод, не содержащих специфических компонентов; 5 г/л - граница слабоминерализованных, преимущественно хлоридно-сульфатных вод; 15 г/л - минерализация предельно допустимая для внутреннего лечебного потребления воды; при такой минерализации и выше в седиментогенных водах содержится более 25 мг/л брома и они могут быть отнесены к бромным; 25 г/л - максимальная минерализация встречаемых на рассматриваемой территории хлоридных магниево-натриевых вод; 35 г/л - предельная минерализация соленых вод; 200 г/л - минимальная минерализация хлоридных кальциево-натриевых рассолов центральной части бассейна на площади распространения мощных гипсовых толщ нижней перми.

При дальнейшем изучении территории и появлении новых данных по гидрогеохимии подземных вод Беломорского очага разгрузки некоторые из этих границ будут, видимо, уточняться.

Первый тип лечебных минеральных вод - крепкие бромные рассолы с минерализацией выше 200 г/л - распространен в наиболее погруженных частях Северодвинского артезианского бассейна, в водоносных горизонтах, залегающих ниже регионального водоупора - гипсово-ангидритовой толщи нижней перми. Преобладают рассолы седиментационного генезиса с характерным соотношением катионов: $rNa^+ > rCa^{2+} > rMg^{2+}$, причем доля кальция с глубиной возрастает до 30-40 экз.%. Воды первого типа всегда содержат высокие кон-

центрации брома (выше 300 мг/л). Хлорбромный коэффициент рассеялся в водоносных комплексах, залегающих непосредственно под гипсово-ангидритовой толщей, составляет 260-280, а в грабенобразных впадинах постепенно снижается с глубиной до 100-120 вблизи кристаллического фундамента; соответственно содержание брома достигает 1 г/л. В отдельных точках вскрыты рассолы с признаками выщелачивания каменной соли (r_{Na}/r_{Cl} приближается к единице; $Cl/Br > 600-700$). В настоящее время рассолы первого типа не используются.

К минеральным водам второго типа относят рассолы с минерализацией 35-200 г/л. Это также преимущественно седиментационные воды хлоридного натриевого и кальциево-натриевого состава, иногда с примесью вод выщелачивания каменной соли и гипса. Рассолы второго типа развиты повсеместно: на площади распространения гипсово-ангидритовой толщи они обычно приурочены к пестроцветам уфимского яруса верхней перми; в области выклинивания гипсово-ангидритового водоупора распространены в нижних водоносных комплексах осадочного чехла; в северо-западной (краевой) части артезианского бассейна встречаются в талицких слоях вендского комплекса и поднимаются по крупным тектоническим нарушениям в верхние водоносные горизонты вплоть до поверхности в районе поселка Нёнокса.

Третий тип - соленые бромные воды хлоридного натриевого и кальциево-натриевого состава с минерализацией 15-35 г/л и содержанием брома 25-65 мг/л - один из самых распространенных для рассматриваемой территории типов минеральных вод. Эти воды близки по своему генезису к первым двум типам, но исходной водой для них могли являться как пермские рассолы, так и воды палеозойских и кайнозойских морей нормальной солености. В Северодвинском артезианском бассейне воды третьего типа распространены на разных глубинах почти повсеместно. В центральной части Северодвинской впадины они встречены по всему разрезу водоносных отложений рязанской и лобинской свит венда до глубин 300-350 м (кровля регионального водоупора); на участках разгрузки эти воды развиты в аллювиально-морских отложениях долины Северной Двины. На возвышенных прибортовых участках впадины верхняя граница распространения минеральных вод третьего типа опускается до глубин 200-250 м. На Онежском полуострове воды этого типа вскрыты на различных глубинах по бортам грабена; в нижнем течении реки Онеги они выходят на поверхность в виде источников.

По соотношению главных компонентов эти воды наиболее близки к основной массе седиментогенных вод Русской платформы, в том числе Старорусским минеральным водам, на базе которых действует один из крупнейших в стране курортов. Воды третьего типа с минерализацией 18-22 г/л в настоящее время используются для приготовления лечебных ванн на курортах Сольвычегодска и Соломхи, в пансионате "Беломорье", а также в профилактических санаториях Северодвинска, Архангельска, Котласа, Коряжмы. В Северодвинской впадине, являющейся крупным очагом разгрузки артезианских вод, воды третьего типа почти повсеместно дают самоизлив. На остальной территории самоизлив наблюдается на отдельных пониженных участках, при пересечении

речных долин с крупными тектоническими нарушениями (район Сольвычегодска, Вельска, поселка Солонихи и др.) образуются небольшие локальные очаги разгрузки. Широкое распространение вод данного типа открывает большие возможности их эксплуатации в районе Архангельска и в населенных пунктах, расположенных по берегам рек Северной Двины, Онеги и их притоков.

Четвертый тип - соленые воды сульфатно-хлоридного кальциево-натриевого состава с минерализацией от 2 до 15 г/л - также седиментогенные воды, но степень их разбавления значительно выше. Кроме того, в формировании этих вод существенная роль принадлежит процессам выщелачивания ионно-солевого комплекса терригенных пород различного возраста (от четвертичных до протерозойских), в составе которого преобладают сульфатные соли. В зависимости от пропорции смешения седиментогенных вод и вод выщелачивания меняется доля сульфатов, которая может достигать 35-40 экв.%, и минерализация. Содержание брома в водах этого типа обычно ниже 25 мг/л, причем зависимость концентрации брома от величины минерализации имеет сложный характер, значение хлорбромного коэффициента часто превышает 300-320. Соотношение катионов в этом типе вод пестрое, но натрий всегда преобладает. Воды четвертого типа распространены в пределах всей рассматриваемой территории. В центральной части Северодвинской впадины, для которой характерна инверсионная гидрогеохимическая зональность, эти минеральные воды залегают обычно на глубинах от 150 до 250 м под более минерализованными водами второго типа. На остальной территории они, как правило, залегают на глубинах от 50-80 до 300 м. В четвертом типе преобладают воды с минерализацией 8-15 г/л, воды с меньшей минерализацией имеют локальное развитие, но именно они представляют наибольший бальнеологический интерес, так как могут использоваться как лечебно-столовые. Воды с большей минерализацией относятся к лечебно-питьевым, хотя применение их ограничено.

Воды четвертого типа используются в пансионате "Беломорье" (и частично на курортах Сольвычегодска и Солонихи). Здесь, в водоносном комплексе отложений венда в интервале 80-120 м вскрыты сульфатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией 6-8 г/л, которые широко применяют в качестве питьевых лечебно-столовых при лечении хронических гастритов, колитов, заболеваний печени и желчевыводящих путей. В интервале 200-300 м вскрыта вода того же состава, но более высокой минерализации (12-14 г/л), используемая для приготовления лечебных ванн.

Обратим внимание на трудность, которая возникает при поисках и разведке вод с минерализацией меньше 6-8 г/л, представляющих наибольшую бальнеологическую ценность: эти воды распространены локально, поэтому их разведка и подсчет эксплуатационных запасов требуют внимательного анализа всех имеющихся гидрогеологических материалов, а иногда - дополнительных объемов буровых и опытно-фильтрационных работ.

Пятый тип - солоноватые и соленые воды сульфатного и хлоридно-сульфатного состава с минерализацией от 2 до 15 г/л, в формировании которых основную роль играют процессы выщелачивания ионно-солевого комплекса пород. В этом типе можно выделить два подтипа.

Подтип 5а - воды выщелачивания гипсоносных пород. При выщелачивании пластов гипса образуются сульфатные и хлоридные воды с минерализацией 2 г/л, соответствующей растворимости сульфата кальция в пресной воде. Такие воды широко распространены на междуречье Пикет и Северной Двины. В гипсованных терригенных породах выщелачивание сопровождается катионным обменом, что способствует появлению сульфатных вод с жестким катионным составом (чаще с преобладанием натрия) и минерализацией, достигающей 4-5 г/л. Месторождение таких вод ("Лесное") разведано в районе 27-го километра дороги Архангельск - Вологда. Здесь, в интервале 80-120 м терригенных отложений венда, содержащих прослойки гипса, вскрыты напорные воды сульфатного кальциево-натриевого состава с минерализацией 3,2-3,9 г/л; удельный дебит скважины составил 0,13 л/с. В целом воды данного типа не имеют сплошного распространения, участки их развития контролируются степенью гипсованности терригенных пород. Использование таких вод в качестве лечебно-столовых известно, например, в Подмоскowie. Постановка специальных поисковых работ на этот тип вод вряд ли целесообразна, но при поступлении их выявлении в процессе геолого-гидрогеологических съемок следует анализировать возможность их более детального изучения и бальнеологического использования.

Воды подтипа 5б (сульфатного и хлоридно-сульфатного натриевого состава с минерализацией 5-15 г/л) формируются при взаимодействии сильно разбавленных седиментационных вод с гипсованными терригенно-карбонатными породами при активном протекании процессов катионного обмена. На территории Северодвинского артезианского бассейна воды подтипа 5б встречаются только на отдельных локальных участках, сложенных породами с низкой фильтрационной способностью (участок Иксинского месторождения бокситов, район деревни Верхний Смоленец в среднем течении Мезени и др.).

Шестой тип - соленые воды хлоридного натриевого состава с минерализацией 5-25 г/л и повышенным относительно кальция содержанием магния ($\frac{rCa^{2+}}{rMg^{2+}} < 0,5$). При минерализации выше 15 г/л эти воды становятся бромными. Распространены они в аллювиально-морских отложениях дельтовой части долины Северной Двины [2]. Этот довольно редкий для Северодвинского артезианского бассейна тип вод близок по катионному составу к морской воде и отличается от нее крайне низким содержанием сульфатов (обычно не более нескольких десятков миллиграммов на литр) и повышенными концентрациями гидрокарбонатов (до 1-1,5 г/л). Генезис вод этого типа связан с четвертичными т. н. ингрессиями, включая современную; их максимальная минерализация не превышает солености воды Белого моря (28 г/л). Сложные гидрогеологические условия формирования этих вод и неустойчивая физико-химическая обстановка, связанная с активными биохимическими процессами в аллювиально-морских отложениях долины Северной Двины и толще мезудинских глин, предопределяют большую неопределенность их химического состава в сравнении с минеральными водами другого типа. В настоящее время воды шестого типа в бальнеологическом отношении слабо изучены, но, по-видимому, также представляют собой ценный тип лечебных минеральных вод с высоким содержанием магния. По условиям

залегания это обычно грунтовые воды (их уровенная поверхность расположена не глубже 2-3 м), реже - напорные воды вендского водоносного комплекса, дающие самоизлия. Дебиты скважин могут меняться от нескольких десятых до нескольких литров в секунду. Близкое залегание к поверхности и отсутствие перекрывающего водоупора усиливают вероятность загрязнения этих вод, что следует иметь в виду при создании зон санитарной охраны. Поисковые и разведочные работы на данный тип вод следует проводить в пределах "языка" внедряющихся по тальвегу Северной Лавны морских вод.

К седьмому типу относят воды, генетически связанные с трубками взрыва; они распространены в южной части Берховской впадины (северо-восточный борт Онежского грабена). Это соленоватые слабощелочные воды пестрого состава с минерализацией 1,5-6 г/л, $pH = 7,6-8,6$ и высоким содержанием гидрокарбонатов (до 2 г/л). В катионном составе вод данного типа преобладает натрий, доля которого составляет 85-95 экв.%. Еще одной отличительной особенностью этих вод является повышенное для таких минерализаций содержание бора (10-20 мг/л HBO_2).

Химический состав этих вод формируется при взаимодействии сильно разбавленных седиментационных вод, поднимающихся по зонам тектонических нарушений, с щелочными базальтоидами, слагающими трубки взрыва [1]. Минерализация вод данного типа зависит от проницаемости эруптивных ореолов: в менее проницаемых зонах (вблизи стенки трубки) минерализация самая высокая (4-6 г/л), в более проницаемых зонах (в центре трубки) минерализация уменьшается до 1,5-2 г/л. В районе трубки взрыва "Куртасво" воды седьмого типа выходят на поверхность в виде многочисленных источников, образующих ручей Тален. В 1983-1985 гг. В.М.Рыловниковым проводилась разведка Куртасовского месторождения минеральных лечебно-столовых вод. В четвертичных отложениях были вскрыты два горизонта напорных вод с минерализацией 2,2-2,5 г/л в интервале 6,8-8 м и 3,5-4 г/л в интервале 14,5-17,6 м. Скважины на оба горизонта дали самоизлия, дебиты излия около 1 л/с. Разведанные запасы составили соответственно 70 и 30 м³/сутки.

На основе рассмотренных выше второго, третьего, четвертого и шестого главных генетических типов лечебных минеральных вод на локальных участках формируются еще два типа вод, содержащих специфические компоненты, повышающие их бальнеологическую ценность: йодные и железистые.

Йодные воды - воды с повышенным (более 5 мг/л) содержанием йода - встречаются в отдельных точках глубоких частей разреза осадочного чехла на всей территории бассейна и связаны с обогащенными органическим веществом терригенными толщами. На территории Северодвинской впадины йодные воды развиты в пределах площади распространения глини микულიнской борсальной трансгрессии. Основные скопления йодных вод сосредоточены в верхней 100-метровой части водоносного комплекса терригенных отложений венда (третий, четвертый и шестой генетические типы). Содержание йода в подземных водах вендского комплекса последовательно снижается к бортам впадины. Максимальные концентрации йода (до 25-31 мг/л) приурочены к центральной, наиболее погруженной части впадины, где мощность

микулинских глин и перекрывающих их осадков достигает 80-90 м. Распределение йода по разрезу имеет здесь инверсионный характер: его содержание закономерно уменьшается с глубиной от 25-30 мг/л в кровле терригенной толщи венда до нескольких миллиграммов на литр, иногда до следов на глубинах более 120-150 м. При этом отмечена прямая зависимость между концентрацией йода и величиной минерализации. На остальной территории характер распределения йода по глубине детально не изучен, можно предполагать существование инверсии по содержанию йода на всей площади Северодвинской впадины.

В четвертичном водоносном комплексе воды с содержанием йода более 5 мг/л также имеют широкое распространение. Они встречаются в современных аллювиально-морских, позднеледниковых морских, миккулинских межледниковых и московских ледниковых осадках. В современных аллювиально-морских отложениях воды с повышенным содержанием йода (до 6-8 мг/л), пестрые по составу и минерализации локализованы в дельтовой части Северной Двины. Значительно выше (до 16 мг/л) содержание йода в сильносоленоватых водах морских отложений ваддайского века. В целом наиболее высокие концентрации йода (от 15 до 30 мг/л) наблюдаются в подземных водах, приуроченных к прослоям и линзам песка в глинах миккулинского межледниковья. С этими отложениями связано большинство соленых йодных источников (в том числе родник у деревни Лапоминка). Поровые воды, отжатые из образцов миккулинских глин, также содержат от 15 до 40 мг/л йода. Подземные воды ледниковых отложений московского горизонта обычно содержат 2-6 мг/л йода. На территории бывшего Лапоминского йодного завода в этих отложениях были вскрыты воды с минерализацией 21 г/л и содержанием йода до 36,5-42 мг/л. Контуры распространения вод с концентрацией йода более 5 мг/л в водоносных комплексах четвертичных и протерозойских отложений не совпадают: максимальные концентрации йода в подземных водах четвертичных горизонтов тяготеют к северо-восточному борту Северодвинской впадины, а в ваддакском комплексе - к ее центру. Насовпадение контуров распространения йодных вод в разных водоносных комплексах связано с различием условий их дренирования на современном этапе. Несмотря на достаточно хорошую изученность йодных вод, до сих пор они остаются неосвоенными, хотя могут представить большой интерес для эндокринологов.

Железистые воды (концентрация суммарного железа более 20 мг/л) распространены в дельте Северной Двины, в водоносном горизонте аллювиальных и аллювиально-морских отложений, а также на отдельных участках в верхней части разреза водоносного комплекса венда. Минерализация железистых вод меняется в широких пределах: от десятых долей до 22,9 г/л. Макрокомпонентный состав характеризуется пониженным относительно фоновых содержанием сульфатов и высокими (до 1-1,5 г/л, концентрациями гидрокарбонатного и карбонатного ионов. Железистые воды морского происхождения (второй, третий и шестой типы) обычно содержат повышенное количество йода (до 8,4 мг/л) и брома (до 46,7 мг/л). Содержание железа в среднем составляет 20-70 мг/л (в отдельных точках достигает 140-180 мг/л) при

значениях $pH = 6,1 \pm 0,2$ (в среднем 7,2-7,9) и $Eh = + (10 \pm 100)$ мВ. Железистые воды Северодвинской впадины, как и йодные, генетически связаны с обогащенными растительными остатками миктулинскими глинами и донными осадками Северной Двины. Разрушение органического вещества в условиях анаэробной среды (низкие градиенты грунтового потока в дельте Северной Двины обуславливает близкий к застойному режим) сопровождается биохимическим восстановлением оксидов и гидроксидов железа и выделением биогенной углекислоты, консервирующей железо в растворимой форме. Исполнительное количество железа удерживается в подземной воде в форме органоминеральных комплексов с гуминовыми и фульвокислотами, также образующимися при разложении растительных остатков. Растворенное органическое вещество, являясь сильным буфером, обуславливает устойчивость pH и Eh воды в течение 1-3 суток, что очень важно для сохранения ее бальнеологических свойств.

Железистые воды Северодвинской впадины, безусловно, представляют большой бальнеологический интерес. От других месторождений железистых вод Русской платформы их отличает большой диапазон минерализации: от пресных (0,5-1,0 г/л) до соленых (20-25 г/л) вод; характерна также пестрая гамма соотношений главных компонентов химического состава (второй, третий и четвертый типы предложенной классификации). Однако вопрос о возможности их эксплуатации требует дальнейшего исследования, причем основные сложности связаны с технологией извлечения минеральной воды при отсутствии самоизлива. Специального рассмотрения требуют также вопросы охраны расположенного в черте Архангельска месторождения железистых вод от загрязнения.

В заключение отметим, что на территории Северодвинского артезианского бассейна почти неизученными остаются сероводородные воды. Гидрогеологические предпосылки для формирования таких вод существуют на площадях развития гипсов и загипсованных пород; имеются данные об источниках, воды которых имеют сильный запах сероводорода, но надежных гидрогеологических исследований с определением на месте концентрации сероводорода в воде не проводилось. Единственным курортом, использующим сероводородные воды, формирующиеся в донных отложениях шара Соленого, является Сольвычегодск, причем и на нем каптаж этих вод требует серьезной реконструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коротков А.И. Гидрогеохимический анализ при региональных геологических и гидрогеологических исследованиях. Л.: Недра, 1983. 231 с.
2. Коротков А.И., Малов А.И. Формирование подземных вод в дельтах северных рек Европейской части СССР // Советская геология. 1981. № 5. С. 108-118.
3. Толстухин Н.И., Посохов Е.В. Минеральные воды: Учеб. пособие / Ленинградский горный ин-т. Л., 1976. 175 с.